

**„Entwicklung eines marktorientierten Vergleichsmodells zur  
technischen Anbindungsmöglichkeit von Elektromobilitätsdiensten  
mit Ladeinfrastruktur“**

**Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Engineering (M.Eng.)**

im Studiengang Master Wirtschaftsingenieurwesen (konsekutiv)

an der Hochschule für angewandte Wissenschaften München,

Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen

von

**Theresa Gündling**

Matrikelnummer: 07051516

Prüfer: Prof. Dr. Mathias Gabrysch

Externer Betreuer: Christoph Parsiegla, P3 automotive GmbH

Abgabetermin: 21.02.2019

**– Sperrvermerk –**

**Die vorliegende Arbeit enthält vertrauliche Informationen der P3 automotive GmbH. Sie darf vorher weder vollständig noch auszugsweise ohne schriftliche Zustimmung des Autors, des betreuenden Referenten bzw. der Firma P3 automotive GmbH vervielfältigt, veröffentlicht oder Dritten zugänglich gemacht werden.**

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>IV</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund und Ausgangssituation .....	1
1.2 Zielsetzung .....	3
1.3 Vorgehensweise.....	4
<b>2 METHODISCHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>6</b>
2.1 Szenarioanalyse.....	6
2.1.1 Trends & Akteursstrategien .....	7
2.1.2 Schlüsselfaktoren.....	8
2.1.3 Wirkungszusammenhänge .....	9
2.1.4 Szenarioanreicherung .....	11
2.2 Total Cost of Ownership Analyse .....	12
<b>3 STAND DER TECHNIK: ÖKOSYSTEM ELEKTROMOBILITÄTSDIENSTE MIT LADEINFRASTRUKTUR .....</b>	<b>15</b>
3.1 Begrifflichkeiten Ladeinfrastruktur.....	15
3.2 Ladeinfrastruktur in Deutschland .....	17
3.3 Akteure und deren Rollen im Ökosystem „Ladeinfrastruktur“ .....	21
3.3.1 Kunde.....	23
3.3.2 Mobility Service Provider (MSP) .....	24
3.3.3 Clearing House / Roaming Plattform .....	24
3.3.4 Charge Point Operator (CPO) .....	25
3.3.5 Energieversorgungsunternehmen (EVU).....	26
3.4 Energieversorgung von Elektrofahrzeugen .....	27
3.4.1 Ladebetriebsarten des kabelgebundenen Ladens .....	28
3.4.2 Ladesteckvorrichtungen .....	30
3.5 Ladestandorte .....	34
3.6 Informations- und Kommunikationstechnologien .....	37
3.6.1 Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule .....	38

3.6.2	Kommunikation zwischen Ladesäule und zentralem Management System ...	40
3.6.3	Kommunikation zwischen Clearing House und MSP / CPO.....	43
<b>4</b>	<b>ENTWICKLUNG TECHNISCHER ANBINDUNGSSZENARIEN EINES ELEKTROMOBILITÄTSDIENSTES.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Trends und Akteursstrategien .....</b>	<b>48</b>
4.1.1	Faktoren der Technologie.....	49
4.1.2	Faktoren bedingt durch die Marktanbindung.....	50
4.1.3	Faktoren betrieblicher Aufwendungen .....	51
<b>4.2</b>	<b>Identifikation der Schlüsselfaktoren.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3</b>	<b>Analyse der Wirkungszusammenhänge.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4</b>	<b>Szenarioanreicherung und Beschreibung .....</b>	<b>55</b>
4.4.1	Analyse der Störereignisse „Wild Cards“ .....	56
4.4.2	Beschreibung der Szenarien .....	57
4.4.2.1	Die e-Roaming-Szenarien (A.1 – A.3) .....	58
4.4.2.2	Das Peer-to-Peer-Szenario (B).....	70
<b>5</b>	<b>ENTWICKLUNG VON ANWENDUNGSPROFILIEN EINES ELEKTROMOBILITÄTSDIENSTES.....</b>	<b>72</b>
<b>5.1</b>	<b>Anforderungsdefinition .....</b>	<b>72</b>
<b>5.2</b>	<b>Anwendungsfälle der Elektromobilitätsdienste.....</b>	<b>73</b>
5.2.1	MSP-Anwendungsfälle .....	74
5.2.2	CPO-Anwendungsfälle .....	76
<b>6</b>	<b>GANZHEITLICHE BEWERTUNG AUS SICHTWEISE EINES ELEKTROMOBILITÄTSDIENSTES.....</b>	<b>78</b>
<b>6.1</b>	<b>Ermittlung der Gewichtungsfaktoren .....</b>	<b>78</b>
<b>6.2</b>	<b>Wirtschaftliche Betrachtung .....</b>	<b>79</b>
<b>6.3</b>	<b>Bewertung der Anwendungsfälle.....</b>	<b>81</b>
6.3.1	MSP-Anwendungsfälle .....	82
6.3.2	CPO-Anwendungsfälle .....	84
<b>6.4</b>	<b>Bewertungsergebnisse.....</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>SCHLUSSBETRACHTUNG DER ARBEIT .....</b>	<b>90</b>
<b>7.1</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit.....</b>	<b>90</b>
<b>7.2</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>92</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>X</b>

---

<b>ANHANG .....</b>	<b>XX</b>
<b>EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG.....</b>	<b>XLVI</b>
<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>XLVII</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur der Arbeit im Flussdiagramm .....	4
Abbildung 2: Trendbasierter Szenarioprozess nach Burmeister, Neef et al. ....	7
Abbildung 3: Aktiv- und Passivsummen Portfolio .....	10
Abbildung 4: Modell einer Ladesäule mit zwei Ladepunkten und vier Steckplätzen .....	16
Abbildung 5: Anzahl öffentlicher Ladepunkte in deutschen Metropolregionen .....	19
Abbildung 6: Anzahl öffentlicher Ladepunkte pro Fläche in deutschen Metropolregionen .....	19
Abbildung 7: Verteilung der Autobahn-Ladepunkte in Deutschland .....	20
Abbildung 8: Betreiber öffentlicher Ladepunkte in Autobahn-Regionen .....	20
Abbildung 9: Normal- und Schnellladepunkte in Autobahn-Regionen .....	21
Abbildung 10: Typischer Ladeprozess aus Endkundensicht .....	21
Abbildung 11: Akteure des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“ .....	23
Abbildung 12: Übersicht Ladesteckvorrichtungen .....	30
Abbildung 13: Übersicht über die Standorte der Ladeinfrastruktur .....	36
Abbildung 14: Informations- und Kommunikationsschnittstellen des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“ .....	37
Abbildung 15: Umfang der behandelten Kommunikationsprotokolle und -standards dieser Arbeit .....	38
Abbildung 16: Zusammenfassung der von den verschiedenen Protokollen unterstützen Anwendungsfälle .....	47
Abbildung 17: Auswertung des paarweisen Vergleichs der Einflusskategorien .....	51
Abbildung 18: Gesamtauswertung des paarweisen Vergleichs der Einflussfaktoren .....	52
Abbildung 19: Portfolio-Auswertung der Vernetzungsmatrix, MSP-Perspektive .....	54
Abbildung 20: Portfolio-Auswertung der Vernetzungsmatrix, CPO-Perspektive .....	55
Abbildung 21: Szenario-Bildung .....	58
Abbildung 22: Zusammenfassung der entwickelten eRoaming-Szenarien .....	60
Abbildung 23: Anzahl aktiver Märkte der eRoaming-Szenarien .....	61
Abbildung 24: Ladepunkte des Gesamtnetzwerks der eRoaming-Szenarien .....	62
Abbildung 25: Anzahl aktiver CPOs der eRoaming-Szenarien .....	64
Abbildung 26: MSP-Anbindung der eRoaming-Szenarien .....	65
Abbildung 27: Auswertung des Metropolindex der eRoaming-Szenarien .....	65
Abbildung 28: Anteil angebundener Ladepunkte der eRoaming-Szenarien pro Metropol- Region .....	66
Abbildung 29: Auswertung des Autobahnindex der eRoaming-Szenarien .....	67
Abbildung 30: Anteil angebundener Ladepunkte der eRoaming-Szenarien in Autobahn- Regionen, sortiert nach Ladeleistung der Ladepunkte .....	67
Abbildung 31: Zusammenfassung des entwickelten Peer-to-Peer-Szenarios .....	70
Abbildung 32: Anforderungen typischer Profile von Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur .....	73

Abbildung 33: MSP-Anwendungsfälle .....	75
Abbildung 34: CPO-Anwendungsfälle .....	76
Abbildung 35: Gewichtungsergebnisse der Nutzwertanalyse auf Ebene Eins aller Einflusskategorien ( $g_j$ ) und Ebene Zwei der Einflusskategorie Kosteneffizienz ( $g_{j:k}$ ).....	79
Abbildung 36: Struktur des verwendeten TCO-Ansatzes .....	80
Abbildung 37: Bewertungsergebnisse für den lokalen MSP-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm .....	82
Abbildung 38: Kostenverlaufsgrafik für den lokalen MSP-Anwendungsfall.....	83
Abbildung 39: Bewertungsergebnisse für den überregionalen MSP-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm .....	83
Abbildung 40: Kostenverlaufsgrafik für den überregionalen MSP-Anwendungsfall .....	84
Abbildung 41: Bewertungsergebnisse für den lokalen CPO-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm .....	85
Abbildung 42: Kostenverlaufsgrafik für den lokalen CPO-Anwendungsfall.....	86
Abbildung 43: Bewertungsergebnisse für den überregionalen CPO-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm .....	86
Abbildung 44: Kostenverlaufsgrafik für den überregionalen CPO-Anwendungsfall .....	87
Abbildung 45: Dimensionsübergreifende Bewertungsergebnisse im Radar-Diagramm.....	88

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungsmatrix des paarweisen Vergleichs .....	9
Tabelle 2: Vernetzungsmatrix .....	9
Tabelle 3: Anzahl der Ladepunkte in Deutschland nach unterschiedlichen Quellen.....	18
Tabelle 4: Übersicht kabelgebundene Ladetechnologien.....	28
Tabelle 5: Einflussfaktoren .....	49



## Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
AC	Alternating Current (Wechselstrom)
B2B	Business-to-Business
BCG	Boston Consulting Group
BMJV	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
BNetzA	Bundes-Netz-Agentur
bzw.	beziehungsweise
CAN	Controller Area Network
CapEx	Capital Expenditure
CCS	Combined Charging System
CDR	Charge Detail Record
CEE	Conetwork Erneuerbare Energien
CHAdemo	CHARGE de Move
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CPO	Charge Point Operator
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DIN	Deutsches Institut für Normung
EAFO	European Alternative Fuel Observatory
eMIP	eMobility Inter-Operation Protocol
EMP	Electric Mobility Provider
EN	Europäische Norm
ESC	Energy Supply Company
EU	Europäische Union
EV	Electric Vehicle
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
EVU	Energie-Versorgungs-Unternehmen
g CO <sub>2</sub> /km	Gramm Kohlenstoffdioxid pro Kilometer

---

g <sub>j</sub>	Gewichtungsfaktor der Einflusskategorien
g <sub>j,k</sub>	Gewichtungsfaktor der einzelnen Kriterien
HBS	Hubject B2B Service Platform
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IC-CPD	In Cable Control and Protection Device
IEC	International Electrotechnical Commission
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
ISO	International Organization for Standardization
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
kW	Kilowatt
LSV	Ladesäulenverordnung
m <sub>i</sub>	Maßzahl eines Kriteriums
MSP	Mobility Service Provider
n.a.	not available (nicht verfügbar)
OCA	Open Charge Alliance
OCHP	Open Clearing House Protocol
OCPI	Open Charge Point Interface
OCPP	Open Charge Point Protocol
OEM	Original Equipment Manufacturer
OICP	Open InterCharge Protocol
OpEx	Operational Expenditure
P2P	Peer-to-Peer
POI	Point of Interest
PWM	Pulsweitenmodulation
RCD	Residual Current Device (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung)
SchuKo	Schutz-Kontakt
SOAP	Simple Object Access Protocol
TCO	Total Cost of Ownership
V	Volt

WtW	Well-to-Wheel
XML	Extensible Markup Language
z. B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

Die Automobilindustrie steuert derzeit auf einen nie zuvor gesehenen Wandel zu. Dieser wird in den kommenden Jahren die Branche von Grund auf verändern. Neben der zukünftigen Verknappung von Erdölreserven und dem globalen Klimawandel führen bedenkliche Luftschadstoffwerte in Metropolregionen zu hohen Unsicherheiten in Bezug auf die Zukunft herkömmliche Kraftfahrzeuge, die mit einem Verbrennungsmotor ausgerüstet sind. Diese Bedenken bilden eine entscheidende Grundlage für künftiges Umdenken in der gesamten Automobilindustrie.

## 1.1 Hintergrund und Ausgangssituation

*„It’s gonna be so easy: The automotive future is electrified, autonomous, shared, connected and yearly updated.“<sup>1</sup>*

Dieser Leitsatz wurde von PwC bezüglich der automobilen Zukunft entwickelt und basiert der Lokalisierung aktueller Trends dieser Branche. Laut PwC und vielen weiteren Studien zufolge, wird die Zukunft der Mobilität „easycy“ werden – elektrifiziert, autonom, geteilt, verbunden und „jährlich“ aktualisiert.<sup>2</sup> Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen ebenfalls weitere Beratungsunternehmen wie McKinsey & Company und die Boston Consulting Group (BCG). McKinsey eröffnete in einer Studie die Theorie, dass die beschriebenen disruptiven technologie-getriebenen Trends einen signifikanten Einschnitt für die Automobilindustrie darstellen.<sup>3</sup> Eine Studie der BCG besagt außerdem, dass dieser einschneidende Wandel bereits im Jahr 2030 eintreten wird, und somit unmittelbar bevorsteht. Dementsprechend muss die Automobilindustrie bereits heute entsprechend vorausschauend planen, um in der neu gestalteten Mobilitätswelt erfolgreich zu sein.<sup>4</sup> Die Elektromobilität stellt folglich einen dieser ausschlaggebenden Treiber des Mobilitätswandels dar. Der Markteintritt neuer, branchenfremder Akteure, sowie der daraus resultierende Wettbewerb mit traditionellen Automobilherstellern führt zu grundlegenden Veränderungen der Marktlandschaft im Bereich der Automobilindustrie. Beschleunigt wird dieser Prozess zudem durch Anpassungen im politischen Umfeld, zunehmender ökologischer Herausforderungen und steigendem Umweltbewusstsein der Bevölkerung.

Nicht nur die beschriebenen disruptiven Trends, sondern auch gesetzliche Bestimmungen treiben die Elektromobilität weiter voran. In dem Pariser Übereinkommen wurde im Dezember

---

<sup>1</sup> Kuhnert & Stürmer, 2018, S. 5.

<sup>2</sup> Vgl. Kuhnert & Stürmer, 2018, 5 ff.

<sup>3</sup> Vgl. McKinsey&Company, 2017, S. 8.

<sup>4</sup> Vgl. Boston Consulting Group, 2017.

2015 erstmals ein weltweites, allgemeines und rechtsverbindliches Klimaschutzübereinkommen verabschiedet. In diesem verpflichteten sich 195 Staaten zu einer globalen Emissionsminderung.<sup>5</sup> Die deutsche Bundesregierung entwickelte daraufhin, noch im selben Jahr den Klimaschutzplan 2050 und wählte strategische Maßnahmen für verschiedene Handlungsfelder aus. Demnach sollen die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen bis 2030 in Deutschland um 40 bis 42 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 gesenkt werden. Das Leitbild für 2050 beschreibt darüber hinaus eine weitgehende Treibhausgasneutralität.<sup>6</sup> Insbesondere dem Verkehrssektor kommt hierbei eine besonders hohe Bedeutung hinzu, da dieser für etwa ein Viertel der Treibhausgasemissionen in Europa verantwortlich ist und folglich die Hauptursache für die Luftverschmutzung in den Städten darstellt.<sup>7</sup> Die Europäische Union hat aus diesem Grund die Grenzwerte für Flottenemissionen in den letzten Jahren sukzessive verschärft, sodass eine Flotte ab 2021 maximal 95 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer (g CO<sub>2</sub>/km) ausstoßen darf.<sup>8</sup>

Diese definierten Flottenziele lassen sich durch den Einsatz elektrifizierter Fahrzeuge auf eine positive Weise umsetzen. Während der Fahrt emittiert ein Elektrofahrzeug keine Schadstoffe und bewegt sich daher lokal emissionsfrei. Emissionsfrei ist jedoch lediglich die lokale Fortbewegung. Um eine gesamtheitliche Einschätzung des Beitrags der Elektromobilität zur Schadstoffvermeidung abgeben zu können, ist eine Betrachtung der gesamten Emissionskette vonnöten. Eine mögliche Betrachtungsweise ist hierbei die Analyse der Well-to-Wheel (WtW)-Emissionen, wobei Emissionen der Gewinnung und Bereitstellung der Antriebsenergie (Well-to-Tank), bis zur Umwandlung in kinetische Energie (Tank-to-Wheel) untersucht werden. Einer dementsprechenden Studie der Universität Stuttgart zufolge, fährt ein rein elektrisch betriebenes Fahrzeug der Mittel- oder Kleinstwagenklasse bereits heute mit weniger Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) -Ausstoß als Fahrzeuge mit fossilen Kraftstoffen. Bis zum Jahr 2030 werden sich die WtW-Emissionen eines Elektrofahrzeugs der Mittelklasse nochmals stark reduzieren, auf 42 bis 50 g CO<sub>2</sub>/km, während sich diese bei einem herkömmlichen Diesel-Referenzfahrzeug auf 130 bis 155 g CO<sub>2</sub>/km belaufen werden.<sup>9</sup> Da ein Elektrofahrzeug keinerlei Tank-to-Wheel-Emissionen aufweist, sind lediglich die Well-to-Tank-Emissionen ausschlaggebend. Die Höhe der Emissionsausstöße ist somit alleinig an jene der Energiebereitstellung gekoppelt. Fährt ein Elektrofahrzeug mit 100 Prozent regenerativ erzeugtem Strom, beläuft sich die tatsächliche CO<sub>2</sub>-Emission auf 0 g CO<sub>2</sub>/km.

Diese Aspekte, gemeinsam mit den zuvor erläuterten Faktoren stellen bedeutende Treiber des künftigen Technologiewandels im Antriebsstrang, weg von konventionellen Antriebstechnologien hin zur Elektromobilität, dar. In der Realität zeigt sich allerdings, dass das Ökosystem der

---

<sup>5</sup> Vgl. COMM/DG/UNIT, 2018.

<sup>6</sup> Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz & Bau und Reaktorsicherheit [BMUB], 2015, 7 f.

<sup>7</sup> Vgl. Europäische Kommission, 2016, S. 2.

<sup>8</sup> Vgl. Bundesministerium für Umwelt [BMU], 2008, S. 1.

<sup>9</sup> Vgl. Universität Stuttgart, 2009, S. 45–47.

Elektromobilität noch einige Schwächen aufweist. Dies ist teilweise auf den noch geringen Reifegrad der Technologie zurück zu führen, andererseits sind zudem starke industrie-politische Einflüsse spürbar. Seitens der benötigten Ladeinfrastruktur sind neuartige Kompetenzen vonnöten. Da der Markt für Elektrofahrzeuge im Allgemeinen relativ jung ist und die Elektromobilität erst seit wenigen Jahren spürbar an Intensität gewinnt, haben sich bislang keine festen Strukturen innerhalb des Marktes etabliert. Viele neue Marktakteure sehen Potentiale in der Elektromobilität und erhoffen sich durch eine Positionierung innerhalb der Wertschöpfungskette die Erschließung neuer Erlösquellen. Aufgrund dieser Thematik gestalten sich die Marktstrukturen seitens der Ladeinfrastruktur mit zunehmender Komplexität, welche wiederum zu einem hohen Grad an Intransparenz innerhalb des Marktes führt.

## 1.2 Zielsetzung

Vor dem Hintergrund der geschilderten Ausgangssituation, setzt sich die vorliegende Arbeit mit diesem Problem auseinander und soll der zuvor beschriebenen Intransparenz entgegenwirken. Ziel der Arbeit ist es, einen ganzheitlichen Überblick und bisher nicht vorhandene Transparenz im Kontext zwischen Markt und Technologie über die Situation des Zusammenspiels der einzelnen Akteure seitens der Ladeinfrastruktur zu geben.

Aufgrund der hohen Anzahl neuer und unerfahrener Marktteilnehmer entsteht eine zunehmende Komplexität der Marktstrukturen. Diese beiden Aspekte sind Ausgangslage für ein relativ geringfügiges Verständnis für das Verhalten des Marktes. Grundsätzlich soll im Zuge dieser Arbeit ein Verständnis für den Organismus dieses Marktes, durch eine Untersuchung der Anbindungs- und Kommunikationsmöglichkeiten, geschaffen werden. Zudem soll aufgezeigt werden, welche Potentiale sich in den unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten der Elektromobilitätsdienste verbergen und mit welchen Aufwendungen die einzelnen Möglichkeiten verbunden sind.

Um dies umzusetzen soll eine ganzheitliche Untersuchung aus der Perspektive eines Elektromobilitätsdienstes mit Ladeinfrastruktur durchgeführt werden. Diese Untersuchung berücksichtigt die unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten als mögliche Szenarien und zeigt wesentliche Schlüsselfaktoren auf. Durch die mehrdimensionale Bewertung sollen potentielle Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Szenarien quantifiziert, sowie der aktuelle Mangel an Transparenz am Markt reduziert werden. Die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit soll eine erste Entscheidungsgrundlage darüber bieten, welche Anbindungsmöglichkeit eines bestimmten Elektromobilitätsdienstes zu präferieren ist.

## 1.3 Vorgehensweise

In diesem Abschnitt wird auf die Vorgehensweise innerhalb der wissenschaftlichen Arbeit eingegangen. Abbildung 1 zeigt die Struktur der Arbeit übersichtlich anhand eines Flussdiagramms unter Einbeziehung der Forschungsfragen. Insgesamt lässt sich der Inhalt der Untersuchung in drei Forschungsfragen aufteilen, die im Laufe der folgenden Kapitel bearbeitet und beantwortet werden.

Im ersten Kapitel werden zunächst Hintergrund und Ausgangssituation des Untersuchungsgegenstandes beschrieben. Danach erfolgt die Beschreibung des Ziels dieser Arbeit sowie eine prägnante Übersicht der Vorgehensweise.



Abbildung 1: Struktur der Arbeit im Flussdiagramm<sup>10</sup>

Daran anschließend erfolgt die Beschreibung der methodischen Grundlagen in Kapitel zwei. Anhand dieses Kapitels wird die erste Forschungsfrage: „*Welche Schritte muss ein strukturierter Ansatz zur Untersuchung technischer Anbindungsmöglichkeiten, unter Berücksichtigung eines marktorientierten Fokus, beinhalten?*“ beantwortet und die Arbeit mit einer entsprechenden methodischen Vorgehensweise untermauert. Diese Methodik ist die Basis der praktischen Umsetzung und bestätigt die Vorgehensweise im Verlauf dieser Arbeit.

Im dritten Kapitel wird die aktuelle Situation und der Stand der Technik des Ökosystems von Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur beschrieben. Hierbei werden aktuelle Strukturen mittels Technologieanalysen und Umfeldmonitoring analysiert, sowie potentielle Entwicklungen und Trends identifiziert. Anschließend erfolgt die Entwicklung technischer Anbindungsszenarien, welche basierend auf den Inhalten aus Kapitel drei ermittelt werden. Die Inhalte

<sup>10</sup> Eigene Darstellung

dieser beiden Kapitel bildet die Antwort auf die zweite Forschungsfrage: „*Wie können realisierbare technische Anbindungsmöglichkeiten definiert werden?*“. Mit Hilfe einer Szenario-Analyse werden potentielle Anbindungsmöglichkeiten erarbeitet und beschrieben.

Das Kapitel fünf bildet wiederum die Grundlage zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage: „*Wie können die unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten objektiv bewertet und unter Berücksichtigung relevanter Kriterien miteinander verglichen werden?*“. Um eine derartige Bewertung durchzuführen ist es zunächst vonnöten entsprechende Anwendungsprofile zu entwickeln. Kapitel sechs beinhaltet die abschließende ganzheitliche Bewertung der Anbindungsszenarien anhand mehrerer Dimensionen mittels qualitativer und quantitativer Faktoren.

In Kapitel sieben werden die wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse der Untersuchung dieser Arbeit abschließend zusammengefasst, sowie eine fachkundige Einschätzung zukünftiger Entwicklungen gegeben.



## 2 Methodische Grundlagen

Die methodischen Grundlagen dienen als Beschreibung der Methodik, auf welcher der Ansatz dieser wissenschaftlichen Arbeit basiert. Hierbei soll aufgezeigt werden, nach welchem Vorgehensmodell die Ergebnisse erarbeitet werden. Ziel der Arbeit ist es, einen marktorientierten Vergleich der unterschiedlichen technischen Anbindungsmöglichkeiten für Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur aufzustellen. Um einen derartigen Vergleich zu entwickeln, ist es zunächst erforderlich, die zukünftigen Rahmenbedingungen abzustecken. Diese Rahmenbedingungen dienen als Grundlage der ganzheitlichen Untersuchung und wurden zuvor mit Hilfe modellgestützter Ansätze der Szenarioanalyse entwickelt. Die daran anschließende ganzheitliche Untersuchung und objektive Bewertung wird anhand der Scoring-Methodik (Nutzwertanalyse) durchgeführt, deren Ergebnis mehrere Dimensionen berücksichtigt und auf praxisorientierten Anwendungsfällen basiert. Die Einschätzung der Wirtschaftlichkeit beruht auf der Total Cost of Ownership-Methodik.

### 2.1 Szenarioanalyse

Die Szenarioanalyse dient als Methode der strategischen Vorausschau, mit der potentielle Szenarien der Marktakteure analysiert werden. Zu den zentralen Aufgaben einer strategischen Planung zählen das Erkennen und Beobachten von Marktzusammenhängen und Trends, um wiederum wichtige Informationen für betriebliche Zusammenhänge auf ein Unternehmen spiegeln zu können. Angesichts einer hohen Kapitalintensität, sowie der stetig zunehmenden Komplexität und Dynamik innerhalb und im Umfeld eines Unternehmens, spielt das frühzeitige Erkennen von Marktveränderungen eine bedeutende Rolle für den zukünftigen unternehmerischen Erfolg. Um eine strategische Vorausschau durchzuführen, steht eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung. Auf diese Weise können optionale Zukunftsvarianten dargestellt, beschrieben und analysiert werden. Das Ergebnis dient abschließend als Grundlage für strategische Entscheidungen in der Gegenwart.<sup>11</sup> Ziel der Szenarioanalyse ist es somit, mögliche Zukunftsentwicklungen eines Betrachtungsgegenstandes systematisch darzustellen, um darauf basierend, möglichst optimale Handlungsempfehlungen und Maßnahmen abzuleiten.

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wird die Szenarioanalyse dazu verwendet, wichtige Schlüsselfaktoren technischer Anbindungsmöglichkeiten der Ladeinfrastruktur-Dienstleister zu identifizieren, sowie diese in mögliche Szenarien zu bündeln.

---

<sup>11</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 25.

Der Ausdruck „Szenario“ wird als Basis unterschiedlicher Bedeutungen verwendet. In der Literatur, sowie in der Praxis gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze und der damit verbundenen Reflexion zukünftiger Entwicklungen. Laut Hermann Kahn handelt es sich bei Szenarien um eine erzählende Beschreibung zukünftiger Situationen, die auf kausale Prozesse und Entscheidungspunkte fokussieren.<sup>12</sup> Porter beschreibt ein Szenario als ein besonders nützliches Instrument für junge Branchen, die außerdem mit großer Unsicherheit konfrontiert sind.<sup>13</sup>

Grundsätzlich wird allerdings zwischen zwei unterschiedlichen Arten von Ansätzen zur Szenarioentwicklung unterschieden. Es gibt sowohl modellgestützte, als auch intuitive Ansätze. Während modellgestützte Ansätze größere Anwendung im Raum Kontinentaleuropa finden, werden intuitive Ansätze verstärkt im angloamerikanischen Raum genutzt.<sup>14</sup>

Im Rahmen dieser Arbeit wird nach einem modellgestützten Ansatz verfahren. Hierbei existieren wiederum verschiedene Ansätze, die jeweils ein leicht abweichendes Vorgehen besitzen, allerdings dennoch ähnlich in ihrem Ablauf sind. Zur Szenarioentwicklung in dieser Arbeit wird nach dem Szenarioprozess nach Burmeister, Neef et al. vorgegangen. Abbildung 2 veranschaulicht eine Übersicht der systematischen Vorgehensweise innerhalb dieses Ansatzes. Der Szenarioprozess nach Burmeister, Neef et al. umfasst insgesamt vier Teilprozessschritte.

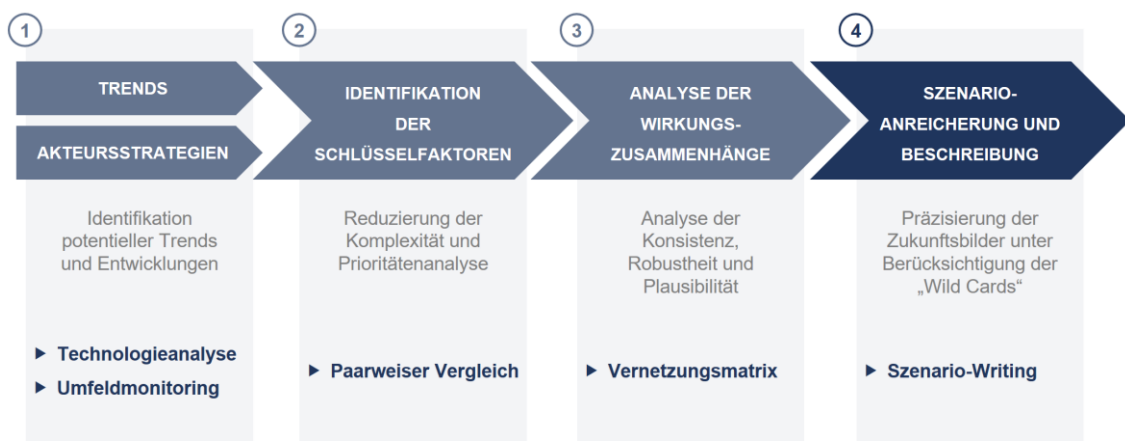


Abbildung 2: Trendbasierter Szenarioprozess nach Burmeister, Neef et al.<sup>15</sup>

### 2.1.1 Trends & Akteursstrategien

Im ersten Prozessschritt werden zunächst Trends und Akteure des Betrachtungsgegenstandes lokalisiert und systematisiert. Auch Akteursstrategien werden identifiziert und dargestellt. Bei dem Betrachtungsgegenstand kann es sich hierbei um ein Produkt, eine ganze Branche

<sup>12</sup> Vgl. Schnaars, 1989, S. 106.

<sup>13</sup> Vgl. Porter, 1999, S. 301.

<sup>14</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 116.

<sup>15</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Mietzner, 2009, S. 133.

oder ein Geschäftsfeld handeln. Mögliche Felder der Einflussfaktoren können politischer oder gesetzlicher Herkunft sein, aber auch wirtschaftliche Entwicklungen, technologische Trends oder marktspezifische Faktoren. Sind die Einflussfaktoren ermittelt, werden sie in diesem Schritt grob beschrieben.<sup>16</sup> Die Analyse des Gestaltungsfeldes, und somit die Sammlung einzelner Einflussfaktoren wird innerhalb dieser Arbeit mittels Technologieanalyse und Umfeldmonitoring realisiert. Dieser Schritt erfolgt in Kapitel 3, worin die Ausgangssituation des Marktes der Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur beschrieben wird, sowie Akteure, Trends und Standards identifiziert werden.

### 2.1.2 Schlüsselfaktoren

Im darauffolgenden Schritt werden die Schlüsselfaktoren des Betrachtungsgegenstandes ermittelt. Hierbei erfolgen eine Bündelung und Priorisierung der zuvor gesammelten Einflussfaktoren. Die Einflussfaktoren werden hierzu hinsichtlich ihrer Bedeutung für den betrachteten Gegenstand bewertet. Auf diese Weise werden die wichtigsten Faktoren mit dem stärksten Einfluss für die detaillierte Analyse identifiziert. Im Rahmen dieser Arbeit wird zur Identifikation der Schlüsselfaktoren ein paarweiser Vergleich durchgeführt. Ziel des paarweisen Vergleichs ist es, eine Vielzahl von Faktoren, Varianten oder Kriterien in eine Rangfolge zu ordnen und ihre prozentuale Wertigkeit zu bestimmen. Um einen paarweisen Vergleich durchzuführen, werden die einzelnen Kriterien waagrecht und senkrecht in einer Matrix aufgetragen und jeweils paarweise bezüglich der Stärke ihrer Wichtigkeit bzw. Einflusses auf den Betrachtungsgegenstand bewertet. Die Bewertung erfolgt dabei nach keinen festen Kriterien, sondern basiert auf einer subjektiven Einschätzung. Tabelle 1 visualisiert eine exemplarische Matrix eines paarweisen Vergleichs, welche ebenfalls das Bewertungsschema beinhaltet. Ist eine Hälfte der Matrix bewertet, kann die andere Hälfte durch einfaches Spiegeln entlang der Diagonale befüllt werden. Durch das Aufsummieren in der letzten Spalte der Matrix wird abschließend die Wertigkeit der einzelnen Faktoren ermittelt und ein Ranking erstellt.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 121.

<sup>17</sup> Vgl. Sonntag & Alexander, 2015, S. 1–2.

Tabelle 1: Bewertungsmatrix des paarweisen Vergleichs<sup>18</sup>

Bewertungsschema: 2 = ist wichtiger als 1 = ist gleich wichtig wie 0 = ist unwichtiger als	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3	Kriterium 4	Kriterium 5	Kriterium 6	...	Summe	Wert [%]
Kriterium 1									
Kriterium 2									
Kriterium 3									
Kriterium 4									
Kriterium 5									
Kriterium 6									
...									

### 2.1.3 Wirkungszusammenhänge

Innerhalb dieses Prozessschrittes liegt der Fokus primär auf der Analyse von Zusammenhängen zwischen dem Betrachtungsgegenstand und den zuvor identifizierten Schlüsselfaktoren. Es werden Wechselwirkungen auf Märkte und Produkte bestimmt und analysiert.<sup>19</sup> Um die Wirkungszusammenhänge der relevanten Bereiche abschätzen zu können, werden diese mit Hilfe einer Vernetzungsmatrix analysiert. Somit vermittelt sie einen ersten Einblick in die Systemzusammenhänge. Die Einflussbereiche werden hinsichtlich ihrer gegenseitigen Einflussstärke mit einer Bewertungsskala von Null (kein Einfluss) über Eins (schwacher oder indirekter Einfluss) bis Zwei (starker Einfluss) eingetragen (sh. Tabelle 2).

Tabelle 2: Vernetzungsmatrix<sup>20</sup>

Bewertungsschema: 2 = starker Einfluss 1 = schwacher/indirekter Einfluss 0 = kein Einfluss	Einflussbereich 1	Einflussbereich 2	Einflussbereich 3	Einflussbereich 4	Einflussbereich 5	Einflussbereich 6	...	Aktivsumme
Einflussbereich 1								
Einflussbereich 2								
Einflussbereich 3								
Einflussbereich 4								
Einflussbereich 5								
Einflussbereich 6								
...								
<b>Passivsumme</b>								

<sup>18</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Sonntag & Alexander, 2015, S. 2.

<sup>19</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 132.

<sup>20</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Mietzner, 2009, S. 122.

Die Aktivsumme ergibt sich durch Addition der Zeilenwerte. Sie zeigt auf wie stark ein einzelnes Element oder ein Einflussbereich direkt auf alle anderen wirkt. Die Passivsumme hingegen ergibt sich durch Addition der Spaltenwerte und gibt für jedes einzelne Element oder Einflussbereich an, wie stark es direkt von allen anderen beeinflusst wird.

Um abschließend die Interpretation der Ergebnisse besser zu durchleuchten, werden die Aktiv- und Passivsummen der einzelnen Elemente in einem Portfolio visualisiert und kategorisiert (sh. Abbildung 3). In dem Portfolio ergeben sich vier charakteristische Felder, die jeweils unterschiedliche Wirkungszusammenhänge aufweisen<sup>21</sup>:

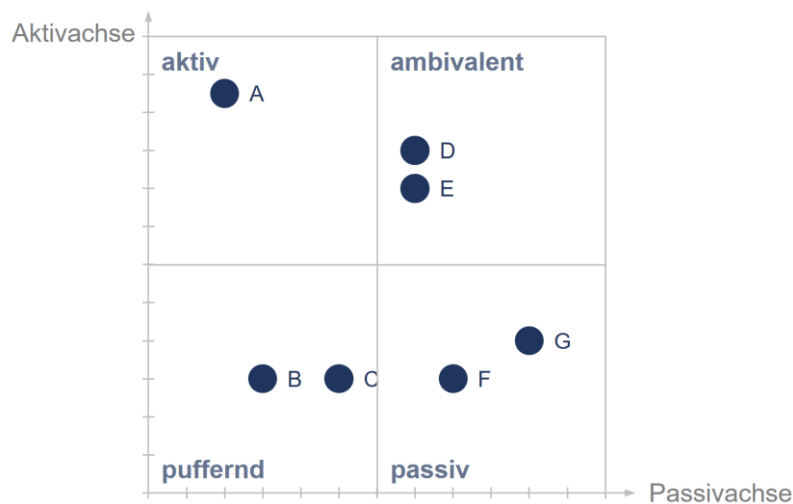


Abbildung 3: Aktiv- und Passivsummen Portfolio<sup>22</sup>

- **Feld 1 – Aktive Systemelemente:** Elemente dieser Kategorie zeichnen sich durch eine sehr hohe Aktivität aus. Das bedeutet, dass diese Elemente alle anderen des jeweiligen Betrachtungsgegenstandes stark beeinflussen. Zudem besitzen diese eine relativ niedrige Passivität, was bedeutet, dass jene Elemente relativ geringfügig von allen anderen Elementen beeinflusst werden.<sup>23</sup>
- **Feld 2 – Ambivalente Systemelemente:** Charakteristisch für diese Elemente ist, dass sie eine relativ hohe Aktivität und Passivität besitzen. Aktivität und Passivität sind oftmals ausgewogen. Elemente dieses Bereichs werden gleichzeitig genauso von dem System beeinflusst, wie sie dieses beeinflussen.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 122.

<sup>22</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Mietzner, 2009, S. 124.

<sup>23</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 124.

<sup>24</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 124.

- **Feld 3 – Puffernde Systemelemente:** Elemente, die in diesem Feld positioniert sind zugleich niedrig ambivalente Systemelemente. Sie beeinflussen das System relativ gering und werden auch relativ wenig vom System beeinflusst. Das bedeutet, dass sie eine niedrige Aktivität und auch Passivität aufweisen.<sup>25</sup>
- **Feld 4 – Passive Systemelemente:** Passive Elemente weisen eine hohe Beeinflussung durch andere Systemelemente auf. Aufgrund ihrer hohen Passivität beeinflussen sie das System selbst eher geringfügig.<sup>26</sup>

#### 2.1.4 Szenarioanreicherung

Im vierten und letzten Schritt des Szenarioprozess nach Burmeister, Neef et al. werden die Szenarien in eine kommunizierbare Form gebracht. Mittels „Szenario-Writing“ werden die unterschiedlichen Zukunftsbilder des Betrachtungsgegenstandes präzisiert und visualisiert.<sup>27</sup>

Darüber hinaus spielen sogenannte „Wild Cards“ hier eine bedeutende Rolle. Es handelt sich hierbei um Störereignisse, die potentielle Gefahren und Risiken beinhalten. Sie können die Szenarien grundlegend beeinflussen.<sup>28</sup>

Wie bereits erwähnt existiert in der Praxis eine Vielzahl verschiedener Formen und Unterscheidungskriterien von Szenarien. Die Richtung der Szenarioentwicklung kann außerdem unterschiedlich sein. Hierbei wird zwischen induktiver, deduktiver und inkrementeller Szenarioentwicklung unterschieden. Bei der induktiven Entwicklung ergeben sich die unterschiedlichen Szenarien aus einer systematisch entwickelten Verknüpfung möglicher Entwicklungen einzelner Schlüsselfaktoren. Währenddessen wird bei der deduktiven Szenarioentwicklung zu Beginn ein Rahmen für die Szenarien abgesteckt. Die inkrementelle Entwicklung basiert auf der wahrscheinlichsten Zukunft als Ausgangspunkt.<sup>29</sup>

Neben dem Vorgehen der Szenarioentwicklung nach Burmeister, Neef et al. werden im Rahmen dieser Arbeit die Szenarien deduktiv entwickelt, da bereits basierend auf dem Forschungsgegenstand die Rahmenbedingung vorgegeben ist, unterschiedliche Anbindungsmöglichkeiten im Bereich des „e-Roamings“ und „Peer-to-Peer“ zu untersuchen.

---

<sup>25</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 124.

<sup>26</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 124.

<sup>27</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 132.

<sup>28</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 133.

<sup>29</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 112–113.

## 2.2 Total Cost of Ownership Analyse

Basierend auf den erarbeiteten Szenarien wird anschließend eine ganzheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten durchgeführt. Auf diese Weise ist das Potential der unterschiedlichen Entwicklungen und Anbindungsmöglichkeiten zu bewerten.

Neben technologie- und marktorientierten Faktoren wird eine autarke wirtschaftliche Betrachtung durchgeführt, um die Entwicklungen miteinander monetär vergleichen zu können. Zur Bewertung von Investitionen oder strategischen Unternehmensentscheidungen existiert im strategischen Kostenmanagement eine Vielzahl an Verfahren, wie beispielsweise<sup>30</sup>:

- Kapitalwertmethode
- Interne Zinsfußmethode
- Annuitätenmethode
- Dynamische Amortisierungsrechnung

Insbesondere in den vergangenen Jahren bekam im Zusammenhang mit mittel- und langfristig wirkenden Beschaffungsentscheidungen der Begriff „Total Cost of Ownership“ (TCO) eine stetig zunehmende Bedeutung.<sup>31</sup> Eine TCO-Analyse kann verwendet werden, um den aktuellen und zukünftigen Beitrag zu messen, den eine Projektdurchführung für das Unternehmen bedeutet.<sup>32</sup>

Durch den Begriff „Ownership“ wird dargestellt, dass Gegenstand der Analyse ein Beschaffungsobjekt sei, das zum längerfristigen Verbleib im Unternehmen gedacht ist. Allerdings werden TCO-Analysen im Zusammenhang mit gängigen Sachgütern, bis hin zu Dienstleistungen angewandt, bei denen ein körperlicher Gegenstand nicht existiert. Bei Anschaffungen von IT-Systemen wird die langfristig kostengünstigere Alternative ermittelt. Die Ermittlung erfolgt durch eine vollständige Erfassung der entsprechenden monetären Wirkungen. Somit kann mittels einer TCO-Analyse die Beschaffung eines, ggf. immateriellen, Produktionsfaktors adäquat bewertet werden. Der Anwendungsbereich von TCO-Entscheidungen erstreckt sich von der Wahl für einen Lieferanten, über die Vorbereitung von „Make-or-Buy“-Entscheidungen<sup>33</sup> bis hin zur Strukturierung und Organisation von Wertschöpfungsketten.<sup>34</sup>

---

<sup>30</sup> Vgl. Schuster & Rüdert von Collenberg, 2017, S. 16.

<sup>31</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 249.

<sup>32</sup> Vgl. Rist & Pizzica, 2015, S. 123.

<sup>33</sup> „*Make-or-Buy-Entscheidungen* beziehen sich auf Unternehmensentscheidungen, ob etwas im eigenen Unternehmen hergestellt (Eigenfertigung) wird oder ob es von einem Lieferanten zugekauft wird (Fremdbezug). (Vgl. Abolhassan, 2013, S. 167.)

<sup>34</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 250.

Bei der Entscheidung für eine Anbindungsmöglichkeit handelt es sich nicht um eine Sachinvestition, sondern um eine strategische Unternehmensentscheidung aus Perspektive des jeweiligen Elektromobilitätsdienstes. Da sich die entsprechenden Kostenblöcke unterschiedlicher Anbindungsmöglichkeiten auch unterschiedlich zusammensetzen, ist eine langfristige Betrachtung der jeweils anfallenden Aufwendungen zu präferieren. Aufgrund dieser Überlegung wird im Rahmen dieser Arbeit der TCO-Ansatz zur wirtschaftlichen Bewertung verwendet.

Um die TCO eines Betrachtungsgegenstandes ermitteln zu können, ist grundsätzlich eine Reihe von konzeptionellen Entscheidungen zu treffen:

- **Betrachtungszeitraum:** Gemäß der TCO-Philosophie ist der Betrachtungszeitraum so zu wählen, dass sämtliche Kosten- und Zahlungswirkungen der jeweiligen Entscheidung in die Analyse mit einfließen. Jedoch kann auch eine Beschränkung auf den Zeitraum erfolgen, falls die zu vergleichenden Alternativen oder Szenarien zu unterschiedlichen Konsequenzen führen.<sup>35</sup>
- **Rechengrößen:** Abhängig vom Untersuchungsgegenstand sind Rechengrößen festzulegen, welche beispielsweise Kosten oder Auszahlungen darstellen können.<sup>36</sup>
- **Konzept/Ansatz:** Es muss zwischen einem „monetary-based approach“ (monetär-basierten Ansatz) und einem „value-based approach“ (wertorientierten Ansatz) entschieden werden. Während im Rahmen des monetary-based approach lediglich monetäre Größen mit in die Kalkulation einfließen, berücksichtigt der value-based approach außerdem qualitative Kosteneinflussfaktoren, wie z. B. das Serviceniveau und die Flexibilität.<sup>37</sup>
- **Strukturierung/Identifikation einzubeziehenden Kosten:** Die einzubeziehenden Kosten müssen strukturiert und identifiziert werden. Auch dieser Faktor ist je nach Untersuchungsgegenstand sehr unterschiedlich. Die Kosten können nach Transaktionsphasen (Pre-Transaction, Transaction, Post-Transaction Components), aktivitätsorientiert (Management, Lieferung, Service, Kommunikation, Preis und Qualität), nach Lebenszyklusphasen (Acquisition, Reception, Possession, Utilization, Elimination), nach Ebenen (Supplier, Order, Unit) oder nach beschaffungsbezogener Einzelkosten und Gemeinkosten (CapEx, OpEx<sup>38</sup>) differenziert und strukturiert werden. Die Identifikation

---

<sup>35</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 252–253.

<sup>36</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 253.

<sup>37</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 253.

<sup>38</sup> CapEx steht für Capital Expenditure und somit für Investitionsausgaben, OpEx steht für Operational Expenditure und somit für Betriebskosten (Vgl. Al Agha, Carcelle & Pujolle, 2008, S. 296.)



der einzubeziehenden Kosten erfolgt anschließend auf zuvor definierten Anwendungsfällen (Use Cases).<sup>39</sup>

- **Höhe einzelner Kostenpositionen:** Die Ermittlung der Höhe der einzelnen Kostenpositionen kann über verschiedene Ansätze erfolgen. Sie können auf Basis von Prozesskostenrechnung, Plankostenrechnung oder Schätzungen und Annahmen basieren.<sup>40</sup>

Vielfach wird in der Literatur erwähnt, dass innerhalb des TCO-Ansatzes eine Vielzahl unterschiedlicher Ausprägungen und Vorgehensweisen vorhanden ist. Um einen aussagekräftigen Vergleich zwischen unterschiedlichen Produkten, Szenarien oder sonstigen Untersuchungsgegenständen auf Basis einer TCO-Analyse zu gewährleisten, ist es essentiell darauf zu achten nach dem identischen Modell bzw. Kalkulationsansätzen innerhalb der Bewertung vorzugehen.

---

<sup>39</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 254–255.

<sup>40</sup> Vgl. Götze & Weber, 2008, S. 255.

### 3 Stand der Technik: Ökosystem Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur

Im folgenden Abschnitt 3.1 werden zunächst diverse Grundbegrifflichkeiten im Rahmen der Ladeinfrastruktur definiert, die damit für den Verlauf der Arbeit festgelegt sind. In Abschnitt 3.2 erfolgt eine Analyse der Ladeinfrastruktur in Deutschland. Anschließend, im Abschnitt 3.3, werden die unterschiedlichen Akteure im Ökosystem der Ladeinfrastruktur näher erläutert, die im späteren Verlauf Grundlage der Untersuchung bilden. Daran anknüpfend folgen weitere Erläuterungen zu technischen Grundlagen der Ladeinfrastruktur. Hierbei wird auf die Hardware-Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (Abschnitt 3.4), Ladestandorte (Abschnitt 3.5), Kommunikationsschnittstellen (Abschnitt 3.6) eingegangen.

#### 3.1 Begrifflichkeiten Ladeinfrastruktur

Um ein Elektrofahrzeug fortzubewegen benötigt es Energie. Diese Energie muss der Fahrer des Fahrzeugs bei Bedarf jederzeit in die Traktionsbatterie nachladen können. Von der Funktion her entspricht ein Ladevorgang eines Elektroautos daher dem Tankvorgang eines Verbrennerfahrzeugs. Allerdings unterscheiden sich diese beiden Vorgänge stark voneinander. Faktoren wie die eingesetzte Technik, Tankzeiten und viele weitere Anforderungen sind bei einem Ladevorgang neuartig.<sup>41</sup>

Demzufolge bedarf es im Bereich der Elektromobilität einer entsprechenden flächendeckenden Ladeinfrastruktur, um Elektrofahrzeuge bei Bedarf jederzeit mit Strom versorgen zu können.<sup>42</sup> Im Folgenden werden die etablierten Begrifflichkeiten im Umfeld der Ladeinfrastruktur beschrieben, sowie in Abbildung 4 dargestellt. Die Normierung dieser Begriffsdefinitionen ist bislang allerdings nicht abgeschlossen.<sup>43</sup>

- **Ladestation:** Ladestationen beinhaltet eine oder mehrere Ladesäulen. Sie ist vergleichbar mit einer herkömmlichen Tankstelle, die mit mehreren Zapfsäulen ausgestattet ist.<sup>44</sup> Neben Ladestationen in Form von freistehenden Ladesäulen besteht auch die Möglichkeit von Ladestationen mit wandmontierten Wallboxen.<sup>45</sup>

---

<sup>41</sup> Vgl. NOW GmbH, 2014, S. 7.

<sup>42</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 13.

<sup>43</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 13.

<sup>44</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 13.

<sup>45</sup> Vgl. Le Bris & Michl, 2018, S. 3.

- **Ladesäule:** Eine Ladesäule stellt die Lademöglichkeit für Elektromobile dar und verfügt über mehrere Ladepunkte und Steckplätze. Sie ist das Pendant zu einer Zapfsäule einer heutigen Tankstelle, die über mehrere Zapfhähne verfügt.<sup>46</sup>
- **Ladepunkt:** Wie oben erwähnt verfügt eine Ladesäule über mehrere Ladepunkte. Unter einem Ladepunkt, auch Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE) genannt, ist ein elektrischer Anschluss definiert, über den ein Elektrofahrzeug mit dem Versorgungsnetz verbunden werden kann. Wenn der Nutzer somit den Akku seines Fahrzeugs laden möchte, bezieht er an einem Ladepunkt Strom. Zudem kommt hinzu, dass ein Ladepunkt in der Regel mit mehreren Steckplätzen ausgerüstet ist. Dies ist dadurch begründet, dass es verschiedene Steckertypen gibt.<sup>47</sup> Jedoch kann an einem Ladepunkt lediglich ein Elektrofahrzeug zur gleichen Zeit aufgeladen werden.<sup>48</sup> Zu einem Ladepunkt gehört außerdem eine Messeinrichtung, die dazu dient die abgegebene Energiemenge zu erfassen.<sup>49</sup>

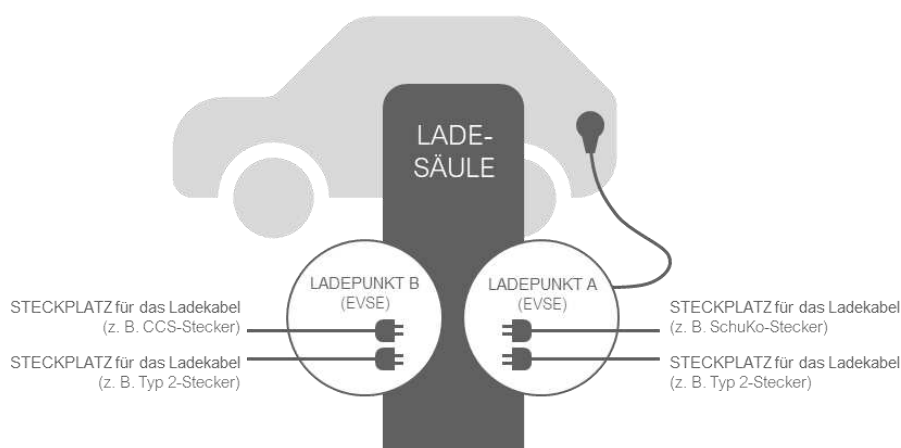


Abbildung 4: Modell einer Ladesäule mit zwei Ladepunkten und vier Steckplätzen<sup>50</sup>

Damit der Nutzer eines Elektrofahrzeuges einen Ladepunkt freischalten kann, ist es zwingend erforderlich, dass jeder Ladevorgang eindeutig auf einen Ladepunkt zurückgeführt werden kann. Nur auf diese Weise kann dem Nutzer wiederum der Ladevorgang zugewiesen werden und eine Abrechnung an ihn erstellt werden. Daher ist jedem Ladepunkt eine individuelle EVSE-ID zugeordnet, die ähnlich einer IP-Adresse von Rechnern im Internet waltet.<sup>51</sup>

<sup>46</sup> Vgl. Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen [BAV], 2018.

<sup>47</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 13.

<sup>48</sup> Vgl. BAV, 2018.

<sup>49</sup> Vgl. NOW GmbH, 2014, S. 9.

<sup>50</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Christ et al., 2015, S. 14.

<sup>51</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 14.

## 3.2 Ladeinfrastruktur in Deutschland

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur in Deutschland geht in den letzten Jahren kontinuierlich voran.<sup>52</sup> Allerdings gibt es aktuell unterschiedliche Quellen mit Aussagen zu dem Gesamtbestand an Ladesäulen in Deutschland, die wiederum jeweils eine unterschiedliche Genauigkeit der Daten aufweisen.

Das European Alternative Fuel Observatory (EAFO) und die Bundesnetzagentur (BNetzA) zählen in Deutschland zu den fundiertesten Quellen an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Die EAFO gilt als zentrale Plattform der Europäischen Union (EU) und beinhaltet europaweit Daten bezüglich alternativer Antriebe. Sie weist für das Jahr 2018 insgesamt 26.162 öffentliche Normal- und Schnellladepunkte in Deutschland auf. Davon kategorisiert das EAFO 22.314 Ladepunkte als sogenannte Normalladepunkte mit bis zu 22 Kilowatt (kW) Ladeleistung. Die übrigen 3.848 Ladepunkte werden als Schnellladepunkte mit über 22 kW Ladeleistung kategorisiert.<sup>53</sup> Die Plattform EAFO gibt allerdings lediglich summierte Daten über Ladepunkte der unterschiedlichen Länder mit ihren Ladeleistungen aus. Jedoch keine Daten darüber, in welcher Region exakt sich ein Ladepunkt befindet.

Neben dem EAFO zählt die Bundesnetzagentur als eine weitere öffentlich zugängliche Quelle über die vorhandene Ladeinfrastruktur in Deutschland. Die Datenerhebung basiert auf der Ladesäulenverordnung (LSV), die bereits im März 2016 in Kraft getreten ist. Neben den technischen Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile, schreibt sie das Anzeigen von Ladepunkten bei der Bundesnetzagentur vor.<sup>54</sup> Demnach müssen Betreiber von öffentlich zugänglichen Normal- und Schnellladepunkten Aufbau, Außerbetriebnahme, öffentliches Zugänglichwerden und Betreiberwechsel bei der Bundesnetzagentur anzuzeigen. Ausgenommen von dieser Nachweispflicht sind lediglich Normalladepunkte mit einer Ladeleistung von höchstens 3,7 kW und jene, die vor Inkrafttreten der LSV installiert wurden. Betreiber von Schnellladepunkten sind in jedem Fall dazu verpflichtet, der Regulierungsbehörde den Betrieb anzuzeigen, auch wenn die Installation bereits vor dem Inkrafttreten der LSV vollzogen wurde.<sup>55</sup> Insgesamt weist die Liste der gemeldeten Ladeeinrichtungen eine Summe von 12.134 Ladepunkten auf. Hiervon zählen 10.632 Ladepunkte als Normalladepunkte und 1.502 Ladepunkte als Schnellladepunkte (Stand: Oktober 2018).<sup>56</sup>

---

<sup>52</sup> Vgl. VDE Verband der Elektrotechnik, 2017, S. 9.

<sup>53</sup> Vgl. European Alternative Fuels Observatory [EAFO], 2018, S. 1–5.

<sup>54</sup> Vgl. Bundesnetzagentur [BNetzA], 2018a.

<sup>55</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016, § 5.

<sup>56</sup> Vgl. BNetzA, 2018b.

Tabelle 3: Anzahl der Ladepunkte in Deutschland nach unterschiedlichen Quellen<sup>57</sup>

<b>Datenquelle / Register</b>	<b>Normalladepunkte (bis zu 22 kW)</b>	<b>Schnellladepunkte (ab 22 kW)</b>	<b>Gesamt</b>
EAFO	22.314	3.848	26.162
Bundesnetzagentur	10.632	1.502	12.134

Durch den Vergleich beider Datenquellen in Tabelle 3 wird ersichtlich, dass das EAFO eine höhere Gesamtanzahl an Ladepunkten aufweist. Dennoch enthält die Liste der Bundesnetzagentur wesentlich genauere Informationen zu den Ladepunkten enthalten sind. Sie weist für jeden Ladepunkt Informationen über Betreiber, Adresse, Inbetriebnahmedatum, Anschlussleistung, Art der Ladeeinrichtung, Steckertyp und Ladeleistung auf. (sh. Anhang 1.1)

Um weitere Auswertungen und Analysen bezüglich der öffentlichen Ladeinfrastruktur durchführen zu können, beschränkt sich diese Arbeit daher auf die Liste der Bundesnetzagentur.

Eine genauere Betrachtung der Ladesäulen in deutschen Metropolregionen, sowie an überregionalen Autobahn-Regionen lässt Aussagen über Präsenz der jeweiligen Stadt und Betreiber der Ladesäulen treffen. Hierbei wurden als Basis der Analysen in deutschen Metropolregionen die zehn größten Städte Deutschlands, gemessen nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, ausgewählt: Berlin, Hamburg, München, Köln, Frankfurt, Stuttgart, Düsseldorf, Dortmund, Essen und Leipzig.<sup>58</sup> Die Basis für Analysen in Autobahn-Regionen bilden Betreiber, deren Ladesäule sich in Nähe einer Autobahn bzw. an einem Rasthof befinden. Zur Auswertung der Ladeinfrastruktur in Metropol-Regionen wurde Bezug auf die zuvor erwähnte Datenbasis der Bundesnetzagentur genommen, mit einem Auszug der Ladepunkte in Metropol-Regionen (sh. Anhang 1.2).

Abbildung 5 zeigt auf, dass die zwei größten Städte Deutschlands, Berlin und Hamburg die mit Abstand höchste Anzahl an öffentlichen Ladepunkten aufweisen. Berlin verfügt über 633 und Hamburg über 814 öffentliche Ladepunkten, die in der Liste der Bundesnetzagentur registriert sind.

<sup>57</sup> Eigene Darstellung

<sup>58</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt, 2017.

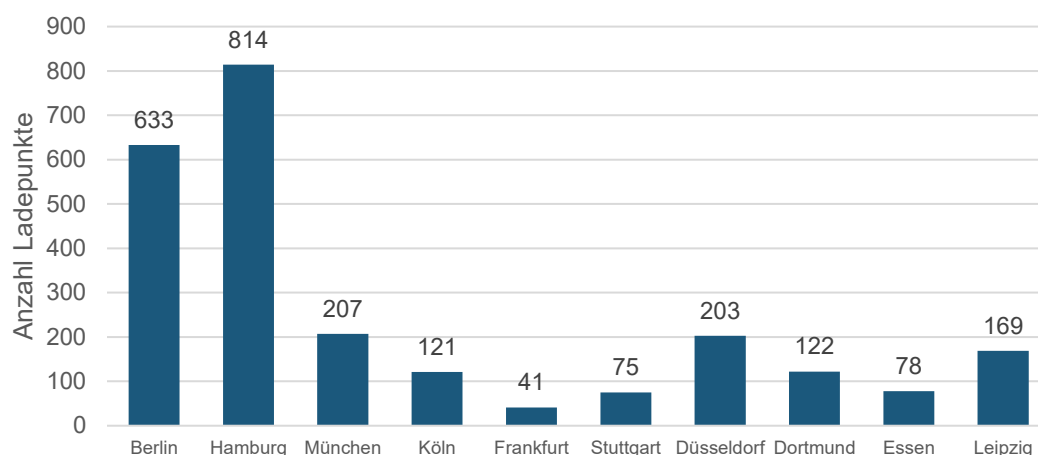


Abbildung 5: Anzahl öffentlicher Ladepunkte in deutschen Metropolregionen<sup>59</sup>

Die Städte München und Düsseldorf grenzen daran an, mit zirka 200 Ladepunkten. Die übrigen Städte: Köln, Frankfurt, Stuttgart, Dortmund, Essen und Leipzig, sind mit jeweils unter 200 Ladepunkten vertreten.

Bei einer Betrachtung der Ladepunkte in Relation zu der Fläche der jeweiligen Metropolregion, lässt sich feststellen, dass Hamburg mit 3,191 Ladepunkten pro Quadratkilometer (km<sup>2</sup>) die höchste Dichte an städtischen Ladesäulen aufweist. Die übrigen Städte weisen lediglich eine Ladepunktdichte von unter einem Ladepunkt pro km<sup>2</sup> auf. Hervorzuheben ist zudem die Metropolregion Frankfurt, welche eine im Vergleich zu den anderen Städten eine sehr unterdurchschnittliche Ladepunktdichte von lediglich 0,165 besitzt (sh. Abbildung 6).

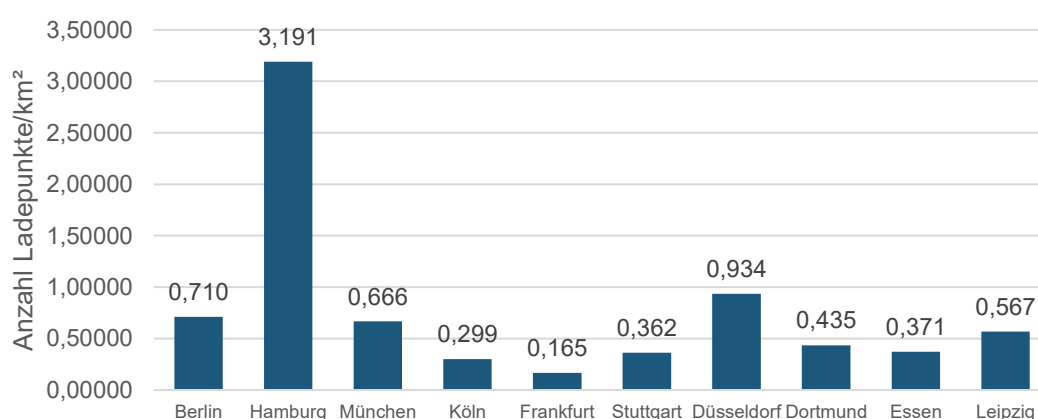


Abbildung 6: Anzahl öffentlicher Ladepunkte pro Fläche in deutschen Metropolregionen<sup>60</sup>

<sup>59</sup> Eigene Darstellung

<sup>60</sup> Eigene Darstellung

Die Untersuchung der Ladeinfrastruktur in überregionalen Autobahn-Regionen basiert ebenfalls auf der Datenbasis der Bundesnetzagentur, mit einem Auszug der betreffenden Ladepunkte nahe den Bundesautobahnen (sh. Anhang 1.3).

Es hat sich ergeben, dass insgesamt 835 öffentliche Ladepunkte eine direkte Verbindung zu einer Autobahn in Deutschland besitzen. Die örtliche Verteilung ist in Abbildung 7 grafisch dargestellt. 93 Prozent dieser Ladepunkte werden von lediglich drei Betreibern geführt. Hierbei zählt die Allego GmbH 218 Ladepunkte, die Energie Baden-Württemberg AG insgesamt 300 Ladepunkte und die Autobahn Tank & Rast GmbH 260 Ladepunkte. Die übrigen Betreiber machen die übrigen sieben Prozent der gesamten Ladepunkte in Autobahn-Regionen aus (sh. Abbildung 8).

Des Weiteren lässt sich feststellen, dass es sich bei zirka 91 Prozent der öffentlichen Ladepunkte in Autobahn-Regionen um Schnellladepunkte mit einer Ladeleistung von mehr als 22 kW handelt. Abbildung 9 zeigt außerdem, dass es sich bei rund 50 Prozent dieser Ladepunkte um Schnellladepunkte handelt, die mit Gleichstrom (DC) betrieben werden. Hiervon zählen allerdings lediglich 2,4 Prozent zu jenen Schnellladepunkten, die über eine Ladeleistung von mindestens 150 kW verfügen, sogenannten Ultraschnell-Ladepunkten. Die restlichen DC-Ladepunkte verfügen lediglich über eine Ladeleistung von 50 bis 53 kW.



Abbildung 7: Verteilung der Autobahn-Ladepunkte in Deutschland<sup>61</sup>

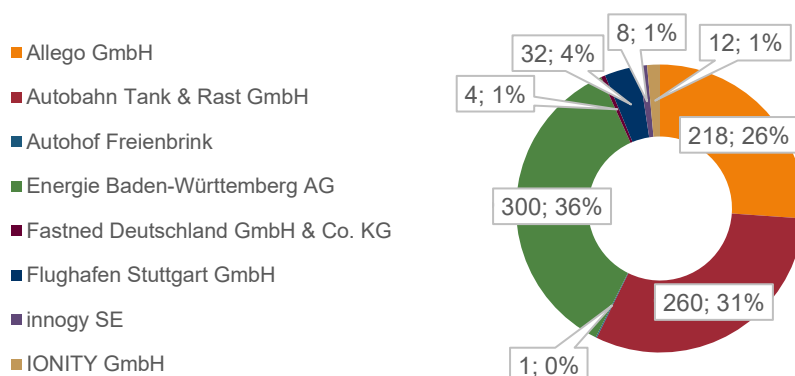


Abbildung 8: Betreiber öffentlicher Ladepunkte in Autobahn-Regionen<sup>62</sup>

<sup>61</sup> Eigene Darstellung

<sup>62</sup> Eigene Darstellung

Die Ladepunkte, die mit Wechselstrom (AC) betrieben werden machen folglich die anderen 50 Prozent der gesamten öffentlichen Ladepunkte in Autobahn-Regionen aus. Hiervon sind rund neun Prozent mit bis zu 22 kW betrieben und zählen somit als Normalladepunkte. Alle weiteren AC-Ladepunkte, die eine höhere Ladeleistung als 22 kW haben, zählen bereits zu den Schnellladepunkten und weisen einen Gesamtanteil von rund 42 Prozent der gesamten Ladepunkte in Autobahn-Regionen auf.

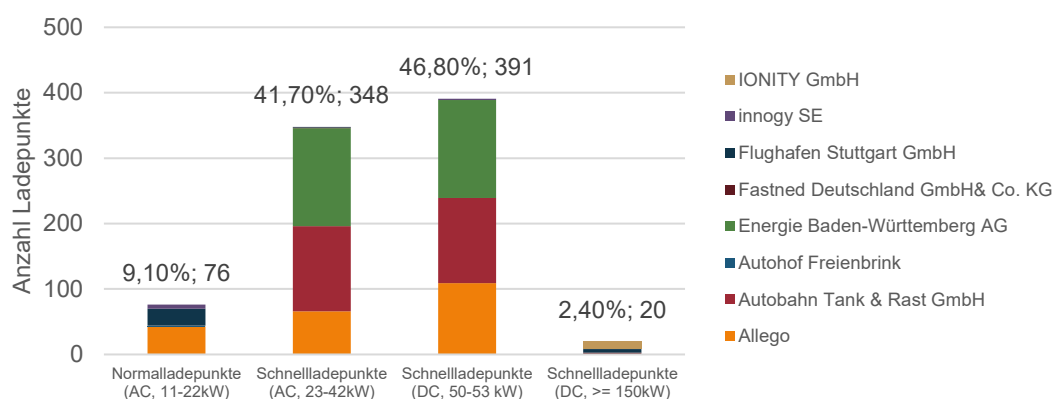


Abbildung 9: Normal- und Schnellladepunkte in Autobahn-Regionen<sup>63</sup>

### 3.3 Akteure und deren Rollen im Ökosystem „Ladeinfrastruktur“

Um ein besseres Verständnis für die unterschiedlichen Akteure, Rollen und Zusammenhänge des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“ zu erhalten, wird zunächst ein typischer Ladeprozess aus Endkundensicht beschrieben.



Abbildung 10: Typischer Ladeprozess aus Endkundensicht<sup>64</sup>

Wie in Abbildung 10 erkennbar, startet der Ladeprozess aus Kundensicht bereits damit eine geeignete Ladestation zu finden. In der Regel hat der Endkunde bereits einen Vertrag mit einem Anbieter von Ladestationen abgeschlossen und bekommt so Zugang zu einem Netz an Ladestationen des jeweiligen Betreibers. Um also ein Elektrofahrzeug laden zu können, sucht der Endkunde zunächst in dem für ihn verfügbaren Netz nach einer entsprechend geeigneten

<sup>63</sup> Eigene Darstellung

<sup>64</sup> Eigene Darstellung



Ladestation bzw. Ladesäule. Die Suche erfolgt üblicherweise über Online-Auftritte oder mobile Applikationen (Apps) des jeweiligen Vertragspartners.

Sobald der Kunde eine passende Ladesäule gefunden hat, muss er sich meist zunächst an dieser authentifizieren, um den Ladevorgang zu starten. Die Authentifizierung erfolgt oftmals mittels einer RFID-Karte oder via Remote-Freischaltung am Smartphone in der Betreiber-App.<sup>65</sup> In der Praxis wird dennoch eine Vielzahl der Ladevorgänge noch immer via RFID-Karte authentifiziert, da dieser Vorgang oftmals schneller und zuverlässiger umzusetzen ist. Ein weiteres Authentifizierungsverfahren, das allerdings bislang in der Praxis noch nicht umgesetzt wird, ist das sogenannte „Plug&Charge“-Verfahren, welches in der ISO 15118 und den darauf basierenden Anwendungsregeln beschrieben ist. Diese Art der Authentifizierung ermöglicht eine nahtlose Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung zwischen Ladesäule und Fahrzeug bzw. Endkunden.<sup>66</sup> Genauer wird diese Funktion nochmals in Abschnitt 3.6.1 erläutert. Nachdem der Kunde somit erfolgreich authentifiziert wurde, ist der Ladevorgang autorisiert und die Ladestation wird freigegeben. An dieser Stelle erfolgt das eigentliche Laden des Elektrofahrzeugs. Sobald der Kunde das Ladekabel fahrzeug- und ladesäulenseitig gesteckt hat, erfolgt eine automatische Verriegelung des Steckers und der Ladevorgang startet automatisch. Die Ladesäule ermittelt während dem Laden des Elektrofahrzeugs alle nötigen Ladedaten und erfasst diese in einem sogenannten Charge Detail Record (CDR). Der CDR lässt sich prinzipiell als Datensatz bezeichnen, der Ladedauer und Energiemenge eines Ladevorgangs beinhaltet. Er wird an den Betreiber weitergeleitet. Anschließend erfolgt eine Rechnungsstellung auf Basis der erfassten Daten im CDR. Der Endkunde erhält abschließend eine Abrechnung von seinem Vertragspartner, die je nach Abrechnungsmethode variieren kann. Mit diesem Schritt ist ein Ladeprozess aus Endkundenperspektive abgeschlossen.

Eines der elementarsten Ziele und Visionen im Bereich der Ladeinfrastruktur der Elektromobilität ist Interoperabilität. Diese Vision lautet wie folgt:

*„Ein Elektroauto-Nutzer kann mit seinem Fahrzeug an einem freien Ladepunkt immer und überall laden.“<sup>67</sup>*

Um diese Vision zu verwirklichen sind mehrere Teilziele vonnöten. Einerseits ist es notwendig die öffentliche Ladeinfrastruktur weiterhin auszubauen. Zum anderen ist eine nahtlose Kommunikation zwischen den einzelnen Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur ebenfalls essentiell, um eine untereinander compatible Infrastruktur zu gewährleisten.

---

<sup>65</sup> Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität [NPE], 2018, S. 23.

<sup>66</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 21.

<sup>67</sup> NOW GmbH, 2014, S. 23.

In diesem Zusammenhang wird im Bereich der Elektromobilität meist der Begriff „Roaming“ oder „E-Roaming“ verwendet. Dieser stammt ursprünglich aus dem Mobilfunk-Bereich und beschreibt die Möglichkeit für einen Endkunden bzw. Infrastruktur-Nutzer in einem Netzwerk aus kooperierenden Partnern zu laden. Sobald dieser bei einem Partner dieses Netzwerks laden möchte, kann er dies tun, ohne dass er eine direkte Vertragsbeziehung mit dem jeweiligen Anbieter eingehen muss.<sup>68</sup>

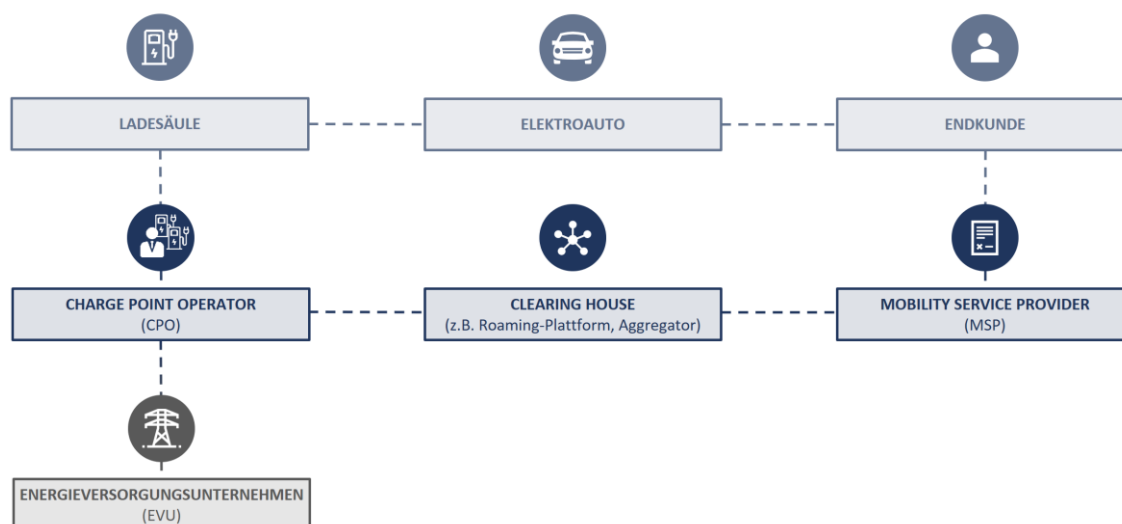


Abbildung 11: Akteure des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“<sup>69</sup>

In Abbildung 11 wird das komplexe Ökosystem der Ladeinfrastruktur visualisiert. Es besteht aus mehreren Schnittstellen. Genau an diesen Schnittstellen spielt die Kommunikation eine besondere Rolle. Im Folgenden werden die einzelnen Akteure kurz beschrieben und anhand ihrer grundlegenden Aufgaben erläutert.

### 3.3.1 Kunde

Der Endkunde ist in der Regel der Eigentümer oder Nutzer des Elektrofahrzeugs. Er fährt mit einem Elektroauto und will zu einer bestimmten Zeit die Ladeinfrastruktur in einem öffentlichen oder halb-öffentlichen Bereich nutzen.

Üblicherweise verfügt der Endkunde oder Nutzer über einen Vertrag mit einem sogenannten Mobility Service Provider, kurz MSP.<sup>70</sup>

<sup>68</sup> Vgl. NOW GmbH, 2014, S. 30.

<sup>69</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an SLAM, 2017, S. 9.

<sup>70</sup> Vgl. Lierzer, 2016, S. 5.

### 3.3.2 Mobility Service Provider (MSP)

Ein Mobility Service Provider (MSP) stellt das Bindeglied des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“ zum Endkunden, dem Nutzer eines EVs dar. Er bietet diesem Dienstleistungen rund um die E-Mobilität an, insbesondere sogenannte Fahrstromverträge. Der eigentliche Strom wird dem Nutzer zwar von einem Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellt, aber dennoch wird durch einen MSP der Zugang als Service zum Ladenetz sichergestellt.<sup>71</sup> Ziel des MSPs ist es, dem EV-Nutzer einen reibungslosen Zugang zu einem möglichst großen öffentlichen Ladenetz zu ermöglichen.

Um diesen Zugang umsetzen zu können, ist vorab ein Vertragsabschluss zwischen beiden Parteien notwendig. Mittels dieses Vertrages wird im Falle eines Ladevorgangs der Zugang zur Abrechnung des Ladezyklus bereitgestellt. Die Authentifizierung des Endkunden an der Ladesäule bewerkstelligt dieser momentan mittels einer Smartphone-Applikation oder eine Ladekarte mit integriertem RFID-Chip. Das Wertangebot eines MSP Anbieters beinhaltet einerseits das Suchen und Finden der Ladestationen, sowie das Laden selbst. Andererseits wird durch ihn der Authentifizierungs- und Bezahlprozess gewährleistet. Damit bedient der MSP somit eine Vermittlerfunktion zwischen Ladeinfrastruktur und Endkunden. Üblicherweise stellt der MSP hierfür eine Anwendung, wie Webseiten oder Smartphone-Applikationen mit geographischen Karten und eingetragenen Ladestationen zur Verfügung. Die Bezahlung nach dem physischen Laden des EVs erfolgt durch den EV-Nutzer und wird im Rahmen eines Abrechnungsprozesses vom MSP mit angeboten. Aktuell bieten die MSPs am Markt drei unterschiedliche Preismodelle als Vertragsgrundlage für den Endkunden an: (1) Eine Einzelabrechnung für jeden Ladevorgang („pay per use“), (2) einen Vertrag mit monatlicher Grundgebühr, die das verbrauchsunabhängige Laden an den Ladestationen im Ladenetz beinhaltet („flatrate“) sowie (3) eine Kombination aus Grundgebühr und einer Einzelabrechnung jedes Ladevorgangs („two-part-Tarif“).<sup>72</sup>

### 3.3.3 Clearing House / Roaming Plattform

Um dem Endkunden ein möglichst kundenfreundliches Ladeerlebnis zu ermöglichen, haben sich in Deutschland aufgrund der Vielzahl unterschiedlichster Anbieter von Ladestationen sogenannte Roaming-Plattformen etabliert. Dieses Marktmodell in der Elektromobilität wird auch als eRoaming bezeichnet. Es beschreibt die Vertragsbeziehung der beteiligten Elektromobilitätsdienste zueinander und die daraus resultierende Interaktion dieser. Da lediglich Elektroautofahrer, die mit dem jeweiligen Betreiber der Ladestation einen Vertrag abgeschlossen haben, auch diese nutzen können, ist der jeweilige Kundenkreis auf diese Begrenzung reduziert. Ist der Betreiber der Ladestation hingegen in das eRoaming-Modell integriert, hat der Endkunde

---

<sup>71</sup> Vgl. Liebl, 2017, S. 88.

<sup>72</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018a, S. 14.

die Möglichkeit bei einem anderen Anbieter Fahrstrom zu beziehen, ohne einen Vertrag mit diesem abschließen zu müssen. Die Abrechnung des Ladezyklus erfolgt in diesem Fall im Nachgang über den eigenen Vertragspartner. Um dieses Modell zu verwirklichen werden die verschiedenen Akteure der Elektromobilität über eine Business- und IT-Plattform miteinander verbunden.<sup>73</sup>

Diese Business- und IT-Plattform wird auch als Aggregator oder Clearing-Stelle bezeichnet. Sie stellt eine offene Plattform dar, die den Austausch von Roaming-Autorisierung, Gebührentransaktionen und Ladepunktinformationen ermöglicht. Als zentraler Aufgabenpunkt des Aggregators steht die Übertragung von CPO und MSP Daten, wie z. B. statische und dynamische POI-Daten, Authentifizierungsdaten und CDR-Daten. Zudem werden durch den Aggregator Zusatzdienstleistungen ermöglicht, die das EVSE-Netzwerk effizienter gestalten und das Ladeerlebnis für Kunden verbessern. Zu diesen zählen z. B. Reservierungsfunktion von Ladesäulen, Parkplatzerkennung und Abgleich der statischen und dynamischen Daten des jeweiligen Ladepunkts.<sup>74</sup>

### 3.3.4 Charge Point Operator (CPO)

Der Charge Point Operator (CPO) stellt die Rolle des Ladesäulenbetreibers dar. Dieser betreibt die Ladeinfrastruktur oder einen Teil davon mit rechtlicher Verantwortung und kann Rechnungen für seine Nutzung ausstellen<sup>75</sup>. Sein primäres Ziel ist es, möglichst viele EV-Nutzer zu einem Ladevorgang an seiner Ladesäule zu bewegen. Im Ökosystem der Ladeinfrastruktur wird zudem zwischen dem physikalischen (P-CPO) und dem virtuellen (V-CPO) CPO unterschieden. Der physikalische CPO ist Eigentümer der physikalischen Ladestation und bietet jene dem Endkunden zum kundenfreundlichen Laden seines Elektro-Fahrzeuges an. Der virtuelle CPO hingegen agiert als Backend Provider<sup>76</sup> und stellt somit den virtuellen Betreiber der Ladestation dar. Er stellt die Intelligenz hinter der Ladesäule dar und regelt die täglichen Geschäftsprozesse der Ladevorgänge, wie beispielsweise der Benutzerzugriffsverwaltung der Endkunden. Im Falle, dass sich die Anbieter des physikalischen und des virtuellen CPOs voneinander unterscheiden, herrscht dennoch eine vertragliche Verbindung zwischen beiden Partnern. Dieser Vertrag definiert die Kommunikation untereinander, sodass die enge Zusammenarbeit ermöglicht wird.

---

<sup>73</sup> Vgl. Hubeject GmbH, 2018a.

<sup>74</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018a, S. 13.

<sup>75</sup> Vgl. Lierzer, 2016, S. 5.

<sup>76</sup> Als *Backend Provider* wird der Betreiber eines IT-Systems beschrieben, der sich mit der Datenverarbeitung im Hintergrund beschäftigt. (Vgl. Gropengießer & Sattler, 2014, S. 86.)

- **Physikalischer CPO (P-CPO):** Die Aufgabe des physikalischen CPOs als Ladesäulenbetreiber besteht darin, die Lade-Hardware und die Vorortinfrastruktur bereitzustellen. Zudem legt er die Preisgestaltung für einen Ladevorgang fest, sowie die allgemeinen Bedingungen des Abrechnungsprozesses mit dem MSP und Endkunden. Um einen Ladevorgang mit dem Endkunden rechtmäßig abrechnen zu können, muss dieser von der Ladesäule korrekt gemessen werden. Außerdem spielt der P-CPO vertraglich gesehen eine bedeutende Rolle, da dieser eine Schnittstelle zu vielen anderen Funktionen des Ökosystems darstellt.<sup>77</sup>

Der CPO bildet gleichzeitig die Schnittstelle zum Energieversorger, falls dieser Grundstückseigentümer des Landes ist, auf dem die Ladestation aufgebaut ist. Zwischen den Parteien wird ein Energieversorgungsvertrag abgeschlossen, der zudem die Abrechnung des Energieverbrauchs sicherstellt. Zusätzlich schließt der CPO einen Vertrag mit einem CPO Wartungsservice-Partner ab, falls er diese nicht eigenständig instand hält.

- **Virtueller CPO (V-CPO):** Der virtuelle CPO agiert als virtueller Betreiber der Ladesäulen und regelt die Benutzerzugangsverwaltung der Endkunden, sowie Ferndiagnosen und -wartung und die Bereitstellung von POI (Point of Interest) Daten der Ladestationen. Primäre Aufgabe des virtuellen CPOs ist die Überwachung und Verwaltung der Ladezustände. Sie erstellen den Charge Detail Report, welcher eine genaue Information über den Start- und Stoppzeitpunkt eines Ladezyklus enthält. Der CDR wird wiederum an den MSP weitergeleitet, damit dieser den Endkunden rechtmäßig abrechnen kann. Des Weiteren wirkt der virtuelle CPO als Verwalter des Kundenzugangs und authentifiziert mittels einer User-Whitelist<sup>78</sup> den jeweiligen Endkunden an der Ladestation. Auf diese Weise kann der jeweilige Ladezyklus dem betreffenden Endkunden zugeordnet werden.<sup>79</sup>

### 3.3.5 Energieversorgungsunternehmen (EVU)

Die Rolle des Energieversorgungsunternehmens (EVU) beinhaltet im Allgemeinen die Versorgung der Ladesäulen mit elektrischer Energie und besteht aus dem Energieversorger und dem Netzbetreiber.

Der Energieversorger kümmert sich um die Bereitstellung, sowie die Abrechnung der elektrischen Energie, die an die Ladesäule fließt. Er ist somit für die Erzeugung und Beschaffung der elektrischen Energie des Ökosystems der Ladeinfrastruktur verantwortlich und bildet die

---

<sup>77</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018a, S. 10.

<sup>78</sup> Eine *User-Whitelist* ist eine Sammlung von Benutzerdaten, denen als vertrauenswürdige Quellen ein Zugang erlaubt wird. (Vgl. Ji, Ma, Liang, Leung & Zhang, 2017, S. 1115.)

<sup>79</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018a, S. 11.

Schnittstelle zwischen dem Netzbetreiber und der Ladesäule. Da der Energieversorger die elektrische Energie an den Betreiber der Ladesäulen verkauft, legt dieser auch die Abrechnungs- und Preisgestaltung der Energiekosten fest.

Der Netzbetreiber hingegen ist für die Bereitstellung des Zugangs zum Stromnetz, der Strominfrastruktur und weiteren Netzdiensten verantwortlich. Seine Aufgaben beinhalten den Betrieb, den Bau und die Wartung des lokalen Stromnetzes. Zu diesen gehören insbesondere die Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie, sowie die Messung und Bestimmung der Zählpunkte. Netzbetreiber zählen zu den natürlichen Monopolen, jedoch werden sie durch die Regierung, der Bundesnetzagentur (BNetzA) reguliert.<sup>80</sup>

### 3.4 Energieversorgung von Elektrofahrzeugen

Die Energieversorgung von Elektrofahrzeugen kann auf verschiedene Arten erfolgen. Es wird zwischen kabelgebundenem und induktivem Laden unterschieden. Außerdem besteht die Möglichkeit eines Batteriewechsels, um ein Elektrofahrzeug mit Strom zu versorgen. Diese Anwendungen werden im nachfolgenden Abschnitt erläutert. Im Abschnitt 3.4.1 wird zudem detailliert auf die Möglichkeiten des kabelgebundenen Ladens eingegangen. Eine ergänzende Erläuterung der unterschiedlichen Ladesteckvorrichtungen folgt daran anschließend in Abschnitt 3.4.2.

Beim Batteriewechsel wird das gesamte Batteriesystem aus dem Elektrofahrzeug entfernt und durch ein geladenes Batteriesystem ersetzt. Hierbei wird der Austausch einer entladenen Batterie durch eine vollständig geladene Batterie innerhalb von wenigen Minuten ermöglicht. Bisher gibt es allerdings noch keine einheitlichen Standards, weshalb diese Technologie in Deutschland aktuell keine bedeutende Rolle für die Energieversorgung von Elektrofahrzeugen spielt. Sie findet lediglich im Bereich der Pedelecs, E-Bikes und ähnlichen Fahrzeugen Anwendung.<sup>81</sup>

Im Gegensatz zum Batteriewechsel findet beim kabelgebundenem und induktivem Laden eine tatsächliche Energieübertragung an das Elektrofahrzeug statt. Das induktive Laden erfolgt kabellos mit Hilfe des Transformatorprinzips. Hierbei bilden zwei induktiv gekoppelte Spulen, die zusammen einen Transformator bilden, das Kernelement der Ladetechnologie.<sup>82</sup> Mit Hilfe eines elektromagnetischen Feldes, wird eine Energieübertragung erzeugt, ähnlich wie bei einem Induktionskochfeld oder einer elektrischen Zahnbürste.<sup>83</sup> Um hohe Wirkungsgrade, hohe Leistungen und gleichzeitig niedrige Kosten zu erzielen erfordert es laterale Spulenabmessungen

---

<sup>80</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018a, S. 9.

<sup>81</sup> Vgl. DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, S. 8.

<sup>82</sup> Vgl. Diekhans, 2017, S. 16.

<sup>83</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 17.

und somit geringe Übertragungsdistanzen.<sup>84</sup> Aktuell (Stand 2016) befindet sich diese Technologie noch in der Entwicklungs- und Standardisierungsphase. Daher ist das induktive Laden für Elektrofahrzeuge noch nicht kommerziell verfügbar.<sup>85</sup>

### 3.4.1 Ladebetriebsarten des kabelgebundenen Ladens

Beim kabelgebundenen Laden wird zwischen Normal- und Schnellladen unterschieden. Bereits im Jahr 2014 wurde diese grobe Einordnung der Ladetechnologien mit der Richtlinie 2014/94/EU der Europäischen Union (EU) zum „Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ definiert. Demnach ist ein Normalladepunkt ein Ladepunkt, an dem Wechselstrom (AC) mit einer Ladeleistung von höchstens 22 Kilowatt (kW) an ein Elektrofahrzeug übertragen werden kann. Ein Schnellladepunkt hingegen ist ein Ladepunkt, an dem Wechsel (AC)- oder Gleichstrom (DC) mit einer Ladeleistung von mehr als 22 kW an ein Elektrofahrzeug übertragen werden kann.<sup>86</sup> Eine genauere Einordnung der kabelgebundenen Ladetechnologien ist außerdem durch die Systemnorm DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1) definiert. Demzufolge werden diese Ladetechnologien mit unterschiedlichen spezifischen Eigenschaften in vier verschiedene Ladebetriebsarten bzw. -modi kategorisiert, welche in Tabelle 4 aufgeführt sind. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Ladebetriebsarten, die auch als „Mode“ bezeichnet werden, mit ihren Spezifikationen kurz zusammengefasst.

*Tabelle 4: Übersicht kabelgebundene Ladetechnologien<sup>87</sup>*

Ladebetriebsart	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
Netzanschluss	Wechselstrom (AC) 1- oder 3-phasig	Wechselstrom (AC) 1- oder 3-phasig	Wechselstrom (AC) meist 3-phasig	Gleichstrom (DC)
Ladespannung	230 V	230 V	230 oder 400 V	Bis 1000 V
Ladestrom	Bis 16 A	Bis 32 A	Bis 63 A	Bis 200 A
Ladeleistung	Bis 3,7 kW	bis 22 kW	Bis 43,5 kW	Bis 170 kW
Anschluss (Ladeeinrichtung)	Haushalts- oder CEE- Steckdose	Haushalts- oder CEE- Steckdose	Festinstallierte La- destation mit spez. AC-Ladesteckvorrich- tung	Ladesäule mit spez. DC-Ladesteckvorrich- tung
Stecker	Schuko-Stecker	Schuko-Stecker	Autostromstecker (Typ 2 Stecker)	Combined Charging System (CCS Stecker)
Kommunikation zwischen E-Fahrzeug und Ladeeinrichtung	Keine Kommunikation	Kommunikation zwi- schen Ladeeinrich- tung (IC-CPD) und E- Fahrzeug	Kommunikation zwi- schen Ladeeinrich- tung und E-Fahrzeug über Ladeleitung	Ladegerät in Ladesta- tion, Steuerung/Über- wachung des Lade- vorgangs über La- destation
Schutzeinrichtungen	Sind in der bestehen- den E-Installation vor- handen	Sind in der bestehen- den E-Installation vor- handen	Sind im Stromkreis sowie in der Ladeein- richtung vorhanden	Sind im Stromkreis sowie in der Ladeein- richtung vorhanden

<sup>84</sup> Vgl. Maerz, 2016, S. 10.

<sup>85</sup> Vgl. DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, S. 8.

<sup>86</sup> Vgl. Europäisches Parlament, 2014.

<sup>87</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an VdS Schadenverhütung GmbH, 2015, S. 5.

- **Ladebetriebsart 1:** Die Ladebetriebsart 1 beschreibt das Laden mit Wechselstrom an einer landesüblichen Haushaltssteckdose („Schutzkontakt-Steckdose“) oder einer ein- bzw. dreiphasigen Industriesteckdose (z. B. „CEE-Steckdose“). Hierbei findet keine Kommunikation zwischen der Energieabgabestelle (Steckdose) und dem Fahrzeug statt. Da bei dieser Ladebetriebsart sichergestellt werden muss, dass die Spannungsversorgung mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) ausgestattet ist, wird diese lediglich von wenigen Fahrzeugherstellern unterstützt. Insbesondere bei Bestandsinstallationen kann dies nicht immer gewährleistet werden.<sup>88</sup>
- **Ladebetriebsart 2:** Ähnlich der Ladebetriebsart 1, beschreibt die Ladebetriebsart 2 ebenfalls das Laden mit Wechselstrom an einer Haushalts- oder Industriesteckdose. Der Unterschied zum Modus 1 besteht im Wesentlichen darin, dass sich im Ladekabel eine Steuer- und Schutzeinrichtung, auch In Cable Control and Protection Device (IC-CPD) genannt, befindet, welches das Kommunikationsmodul darstellt. Würde beispielsweise ein Kunde sein Fahrzeug an eine Steckdose anschließen, die bei der Errichtung nicht für das Laden von Elektrofahrzeugen vorgesehen war, wird dieser durch die IC-CPD geschützt. Sie übernimmt den Schutz vor einem elektrischen Schlag bei Isolationsfehlern und ist zwingend erforderlich.<sup>89</sup>
- **Ladebetriebsart 3:** In der Ladebetriebsart 3 findet das Laden mit Wechselstrom bei fest installierten Ladestationen statt. Die Ladestation (oder Wand-Ladestation bzw. Wallbox) ist fest ans Netz installiert und zweckgebunden. Alternativ kann ein fest angeschlossenes Ladekabel mit entsprechender Fahrzeugkupplung vorhanden sein. Das Kommunikationsmodul, das die Kommunikation zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug gewährleistet, befindet sich hierbei in der Ladestation. Somit ist die Sicherheitsfunktionalität in der Gesamtinstallation integriert. Die Basis dieses Lademodus stellt eine speziell für Elektrofahrzeuge errichtete Infrastruktur dar. Aus diesem Grund stellt dieser Modus ein hohes Maß an elektrischer Sicherheit und Schutz der Installation vor Überlastung dar. Dies ist auch ein Grund, weshalb aktuelle Fahrzeughersteller diese Ladebetriebsart grundsätzlich unterstützen.<sup>90</sup>
- **Ladebetriebsart 4:** Ladebetriebsart 4 beschreibt das Laden mit Gleichstrom für Schnellladungen. Diese Betriebsart ist ebenfalls für das Laden an fest installierten Ladestationen vorgesehen und wird üblicherweise für höhere Ladeleistungen verwendet. Hierbei ist die Ladeleitung immer fest an der Ladestation oder Wallbox angeschlossen. Im Gegensatz zu den anderen Lademodi ist bei diesem Modus das Ladegerät immer

---

<sup>88</sup> Vgl. DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, S. 9.

<sup>89</sup> Vgl. DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, S. 9.

<sup>90</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 21.



in der Ladestation integriert, welche zudem die Sicherheitsfunktionalitäten umfasst. Die Kommunikation zwischen der Ladestation und dem Fahrzeug erfolgt über die Ladeleitung. Zudem wird die Steckverbindung am Fahrzeug verriegelt, um Manipulation durch Dritte zu verhindern.<sup>91</sup>

### 3.4.2 Ladesteckvorrichtungen

Um das Ladeerlebnis für den Nutzer eines Elektrofahrzeuges zu erleichtern erfordert es Interoperabilität der Ladesteckvorrichtungen. Jeder Ladetechnologie bzw. Ladebetriebsart ist ein Steckertyp zugewiesen, um eine einheitliche Anschlussmöglichkeit für Elektrokraftfahrzeuge zu gewährleisten. Diese standardisierten Ladesteckvorrichtungen sind in der DIN EN 62196 Reihe festgelegt und decken alle für die Elektromobilität relevanten Leistungsbereiche ab. Insbesondere relevant sind diese für die auf dem europäischen Markt häufig verwendeten dreiphasigen Ladesteckvorrichtungen.<sup>92</sup>

Die erforderlichen Steckvorrichtungen für das AC-Laden eines Elektrofahrzeugs sind in der DIN EN 62196-2 spezifiziert. Die DC-Steckvorrichtungen sind in der DIN EN 62196-3 aufgeführt. Zudem gelten für beide Normen die allgemeinen Anforderungen, die in der DIN EN 62196-1 aufgeführt sind, verbindlich.<sup>93</sup> Die unterschiedlichen Ladestecker, die auf dem deutschen Markt von Relevanz sind, sind mit ihren Spezifikationen in Abbildung 12 aufgeführt.








	AC-Wechselspannung				DC-Gleichspannung		
Bauform Ladestecker, Ladesteckdose							
Ladestecker	Haushalts-Stecker („Schuko“-Stecker)	CEE Stecker	Typ 1 Stecker	Typ 2 Stecker	Tesla Super-charger	CSS Stecker/ Combo 2	CHAdeMO Stecker
Maximale Ladeleistung	1-phasig, Bis zu 2,3 kW	1- oder 3-phasig, Bis zu 22 kW	1-phasig, Bis zu 7,4 kW	3-phasig, Bis zu 43 kW	Bis zu 120 kW	Bis zu 350 kW	Bis zu 150 kW
Ladebetriebsart	Mode 1/2	Mode 1/2	Mode 3	Mode 3	Mode 4	Mode 4	Mode 4
Standard	IEC 62196-2				-	IEC 62196-3	

Abbildung 12: Übersicht Ladesteckvorrichtungen<sup>94</sup>

<sup>91</sup> Vgl. DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, 9, 10.

<sup>92</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 23.

<sup>93</sup> Vgl. NPE, 2017, S. 25.

<sup>94</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Christ et al., 2015, S. 6.

Bereits im Jahr 2016 sind in der Ladesäulenverordnung (LSV) § 3 des Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) die Mindestanforderungen an die technische Sicherheit und Interoperabilität festgelegt worden. Demnach muss jeder Normladedepunkt, an dem das Wechselstrom-Laden möglich ist, mindestens mit Steckdosen oder mit Steckdosen und Fahrzeugkupplungen des Typs 2 gemäß der Norm DIN EN 62196-2 ausgerüstet werden. Ein Schnellladepunkt, an dem Wechselstrom-Laden möglich ist, muss ebenfalls die Verfügbarkeit eines Steckers des Typs 2 verfügen. Normal- und Schnellladepunkte, an denen das Gleichstrom-Laden möglich ist, muss über eine Kupplung des Typs Combo 2 gemäß der Norm DIN EN 62196-3 ausgerüstet werden.<sup>95</sup> Andere Steckerarten sind zwar weiterhin an Ladesäulen erlaubt, allerdings lediglich als Ergänzung zu den festgelegten Typ 2- und Combo 2-Steckersystemen.<sup>96</sup>

Die unterschiedlichen Ausführungen der Ladesteckvorrichtungen des AC-Ladens sind im Folgenden kurz zusammengefasst.

- **Haushalts-Stecker:** Der herkömmliche Haushalts-Stecker, auch Schutz-Kontakt (Schuko) genannt, ist für eine maximale Stromstärke von 16 A im einphasigen 230 V-Stromnetz ausgelegt. Er ermöglicht Ladeleistungen von maximal 3,7 kW, welche jedoch nur ein kurzzeitiger Spitzenwert ist. Bei Dauerbelastungen sollen hier lediglich 2,3 kW gezogen werden, sodass Schäden durch Überhitzungen und Kabelbrände vermieden werden. Daher sollte das Laden eines Elektroautos per Schuko eine Ausnahme bleiben.<sup>97</sup>
- **CEE-Stecker:** Bei dem Industrie- bzw. CEE-Stecker wird zwischen einem einphasigen und dreiphasigen Stecker. Der einphasige CEE-Stecker, auch „blauer“ Stecker genannt, ist ebenfalls für eine maximale Stromstärke von 16 A im einphasigen 230 V-Stromnetz ausgelegt. Sein Vorteil gegenüber dem Schuko-Stecker liegt allerdings darin, dass eine Dauerbelastung möglich ist und er somit eine dauerhafte Ladeleistung von 3,7 kW ermöglicht. Der dreiphasige CEE-Stecker, auch als „roter“ Stecker bekannt, ermöglicht je nach Auslegung des Starkstromanschlusses eine Ladeleistung von 11 kW oder 22 kW, da dieser auf das 400 V-Stromnetz ausgelegt ist.<sup>98</sup>
- **Typ 1-Stecker:** Der Typ 1-Ladestecker ist auf die Initiative des nordamerikanischen Normungsgremiums SAE International zurückzuführen.<sup>99</sup> Er ist insbesondere für das 120/240 V-Einphasen-Stromnetz ausgelegt, weshalb diese Vorrichtung vorrangig in

---

<sup>95</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016, § 3.

<sup>96</sup> Vgl. Schumann, 2017, S. 16.

<sup>97</sup> Vgl. ElektroMobilität NRW, 2016, S. 7.

<sup>98</sup> Vgl. The Mobility House, 2018.

<sup>99</sup> Vgl. Komarnicki, Haubrock & A. Styczynski, 2018, S. 123.

den USA und im asiatischen Raum vertreten ist. Die Ladeleistung ist auf 7,4 kW beschränkt, welche sich aus der Spannung von 230 V und der maximalen Stromstärke von 32 A ergibt. Da das deutsche Stromnetz allerdings die Möglichkeit auf dreiphasiges Laden bietet, bestände mit einer anderen Steckvorrichtung die Möglichkeit höhere Ladeleistungen zu beziehen. Nachteilig an dieser Vorrichtung ist auch, dass sie fahrzeugseitig über keine Verriegelung verfügt. Demzufolge kann der Stecker jederzeit unautorisiert durch Dritte abgezogen werden.<sup>100</sup>

- **Typ 2-Stecker:** Der Typ 2-Stecker wird auch häufig als „Mennekes“-Stecker bezeichnet, was auf das bei der Entwicklung beteiligte deutsche Unternehmen hindeuten lässt.<sup>101</sup> Mittlerweile hat sich diese Steckvorrichtung in ganz Europa durchgesetzt und ist wie bereits zuvor erwähnt durch die LSV in Deutschland als Standardvorrichtung beschrieben. Der Stecker ist sowohl für das ein- als auch dreiphasiges Stromnetz geeignet. Demzufolge ergeben sich Ladeleistungen von bis zu 43 kW. Das unautorisierte Beenden des Ladevorgangs durch abziehen des Steckers ist zudem durch eine Verriegelungsmöglichkeit fahrzeug- und ladestationsseitig ausgeschlossen. Insgesamt verfügt der Ladestecker über sieben Kontakte, von denen die zwei kleineren Pins nicht für den Stromfluss, sondern für die Kommunikation mit dem Fahrzeug gedacht sind. Durch diese werden dem Nutzer ergänzende Anwendungen, wie Smart Grid-Applikationen oder Internetzugang, ermöglicht.<sup>102</sup>

Die Unterschiede der Ladesteckvorrichtungen von DC-Ladesystemen sind im Folgenden kurz erläutert:

- **Tesla Supercharger:** Eine Variante der DC-Ladestecksysteme, die jedoch nicht in der DIN EN 62196 genormt ist, ist der Tesla Supercharger. Das System ermöglicht eine Ladeleistung bis zu 120 kW im Gleichspannungsnetz. Die von Tesla auf dem europäischen Markt vertriebene, modifizierte Version des Typ 2-Steckers ist zwar von den Abmaßen Typ 2-kompatibel, allerdings in seinen Kommunikationsprotokollen proprietär. Dadurch dass die Buchse der europäischen Tesla-Fahrzeuge Typ 2-kompatibel ist, können die Fahrzeuge nicht nur an den Tesla-eigenen Superchargern laden, sondern auch an weiteren öffentlichen Ladestationen. Das Supercharger-Netzwerk ist allerdings lediglich für Tesla-Fahrzeuge nutzbar, für diese allerdings kostenlos.<sup>103</sup>

---

<sup>100</sup> Vgl. The Mobility House, 2018.

<sup>101</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 23.

<sup>102</sup> Vgl. The Mobility House, 2018.

<sup>103</sup> Vgl. The Mobility House, 2018.

- **CCS-Stecker:** Der Stecker des Combined Charging System (CCS), auch Combo 2 genannt, bildet eine Erweiterung des Typ 2-Steckers. Dieser ist um zwei Kontakte erweitert und ermöglicht so die schnelle Ladung in Gleich- und Wechselstromnetzen. Der obere Teil der Buchse ist der bereits bekannte AC-Teil des Typ 2-Steckers. Dieser wird im unteren Teil durch zwei stark ausgeprägte DC-Pins im unteren Teil ergänzt.<sup>104</sup> Von Vorteil ist hierbei, dass auf diese Weise an einer Buchse sowohl mit AC als auch mit DC geladen werden kann.<sup>105</sup> Für die Kommunikation sind hier analog zum Typ 2-Stecker, die oberen beiden Pins vorgesehen. Hierüber werden Informationen über die Anforderungen des Fahrzeugs an Höhe der Ladespannung und des Ladestroms an die Ladestation übertragen.<sup>106</sup> Die Ladeleistung des CCS-Steckers betrug ursprünglich 50 kW. Durch die Verbreitung von Schnelllade-Stationen sind allerdings aktuell bereits 150 kW möglich. Künftig sollen mit dem Combo 2-Stecker Ladeleistungen von bis zu 400 kW beim kabelgebundenen DC-Schnellladen an das Fahrzeug übertragen werden.<sup>107</sup>
- **CHAdeMO-Stecker:** Der Stecker des Systems „CHArge de Move“ wurde ursprünglich in Japan entwickelt und findet primär bei französischen und japanischen Automobilherstellern Anwendung, jedoch vereinzelt auch auf dem restlichen europäischen Markt. Dieser gilt in Japan als Standard für die DC-Ladung. Zwar ist dieser Ladestecker mit typischen Ladeleistungen von 50 kW ausgeschrieben, dennoch erreichen einige Ladestationen bis zu 150 kW.<sup>108</sup> Vorteilhaft an dem CHAdeMO-Stecker gegenüber dem CCS-Stecker ist, dass dieser bereits heute bidirektionales Laden ermöglicht. Somit wird hierdurch die Möglichkeit geschaffen, Strom aus der Fahrzeugbatterie zurück in das Stromnetz zu speisen. Dies bildet eine Grundlage für diverse Vehicle-to-Grid-Konzepte. Nachteilig an diesem System ist allerdings, dass die Buchse lediglich zur DC-Ladung ausgelegt ist. Somit müsste für eine AC-Ladung eine separate Buchse am Fahrzeug vorgesehen sein.<sup>109</sup>

Aktuell verfügen öffentlichen Ladesäulen, die entlang der Autobahnen und Fernstraßen verbaut werden, in der Regel über drei verschiedene Ladepunkte für Typ 2-, CCS-, und CHAdeMo-Stecker.<sup>110</sup>

---

<sup>104</sup> Vgl. Christ et al., 2015, S. 23.

<sup>105</sup> Vgl. Schumann, 2017, S. 16.

<sup>106</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 52.

<sup>107</sup> Vgl. NPE, 2017, S. 39.

<sup>108</sup> Vgl. The Mobility House, 2018.

<sup>109</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 53.

<sup>110</sup> Vgl. Schumann, 2017, S. 16.

### 3.5 Ladestandorte

Grundsätzlich lassen sich Aufstellungsorte der Ladeinfrastruktur zwischen zwei Anwendungen unterscheiden, der privaten und der öffentlichen Anwendung. Für die Unterscheidung wird zu-  
meist auf Kriterien der Standorte, wie „Besitzfläche für Ladestation“ und „Zugang zum Stellplatz“ zurückgegriffen und anhand dieser Merkmale differenziert. Im Folgenden wird kurz auf diese Kriterien eingegangen.

- **Besitzfläche für Ladestation:** Eigentümer der Fläche für Ladestationen lassen sich zwischen privater bzw. juristische Personen und Eigentümer der öffentlichen Hand unterscheiden. Eigentümer, die eine private oder juristische Person darstellen, sind entweder private Parkplatzeigentümer des Aufstellortes oder Parkplatzeigentümer von Firmen, Ladengeschäften, Einkaufszentren, Restaurants, bewirtete Flächen oder Parkhäusern.<sup>111</sup> Besitzer öffentlicher Hand unterscheiden sich hierbei entsprechend der verschiedenen Träger der Straßenbaulast zwischen Bund, Ländern, Kreisen, Städten und Gemeinden.<sup>112</sup>
- **Zugang zum Stellplatz:** Der Zugang zum Stellplatz bzw. Parkplatz kann, unabhängig von der Besitzfläche der Ladestation, frei organisiert werden. Grundsätzlich kann der Parkplatz somit zugänglich für die Gesamtheit, für spezielle Personengruppen oder nur für einzelne Personen gestaltet werden. Ein eingeschränkter Zugang für spezielle Personengruppen oder Personen kann sich nach verschiedenartige Nutzergruppen richten. Die Zugangskriterien unterscheiden sich von Zugang nur mit Erlaubnis des Eigentümers, über Zugang durch Erwerb einer Berechtigung oder Zugängen nur für Kunden des Eigentümers.<sup>113</sup>

Die Standorte von Ladeinfrastruktur lassen sich im Allgemeinen üblicherweise in die Kategorien „privat“ und „öffentlich“ einordnen und anhand der zuvor erläuterten Standortkriterien distinguieren. Diese Kategorien sind beschrieben durch unterschiedliche Standorte, Besitzerflächen und Zugänge, wie in Abbildung 13 dargestellt. Im Folgenden wird die Einordnung der unterschiedlichen Kategorien näher erläutert:

- **Private Ladeinfrastruktur:** Das private Laden wird durch Zugänge, die nur mit Erlaubnis des Eigentümers oder durch den Erwerb einer Berechtigung gewährleistet werden, beschrieben. Es umfasst alle Ladeeinrichtungen, die in Eigennutzung verwendet werden. Diese befinden sich primär auf privaten Stellplätzen des Eigenheims oder auf Parkplätzen bzw. Tiefgaragenplätzen von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern oder Wohnblocks. Zudem sind hier ebenfalls Firmenparkplätze, die sich auf eigenem und

---

<sup>111</sup> Vgl. NPE, 2013, 48 f.

<sup>112</sup> Vgl. Sauthoff, 2010, 371 ff.

<sup>113</sup> Vgl. NPE, 2013, 48 f.

nicht öffentlich zugänglichem Firmengelände befinden, miteingeschlossen. Dass hierbei der Eigentümer bzw. Mieter der Parkfläche gleichzeitig den Betreiber des Ladepunktes darstellt, zählt als Charakteristika des privaten Ladens. Daher werden die Kosten für Installation, Betrieb und Strom üblicherweise vom Nutzer bzw. Unternehmen selbst getragen. Bei Wohnanlagen kommt es allerdings häufig aufgrund der notwendigen Zustimmung Dritter, dem Eigentümer der Stellplätze, zu Realisierungsschwierigkeiten.<sup>114</sup> Aufgrund von Kundenerfahrungen lässt sich der Ladebedarf der privaten Ladeinfrastruktur auf die regelmäßige Ladung und Nachtladung beschränken.<sup>115</sup>

- **Öffentliche Ladeinfrastruktur:** Als öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur wird jene bezeichnet, die sich unabhängig von der jeweiligen Besitzfläche in einem öffentlich zugänglichen Bereich befindet. Gemäß § 2 Nummer 9 der Ladesäulenverordnung (LSV) des Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) ist ein Ladepunkt öffentlich zugänglich, wenn er sich entweder im öffentlichen Straßenraum oder auf privatem Grund befindet, sofern der zum Ladepunkt gehörende Parkplatz von einem unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbar Personenkreis tatsächlich befahren werden kann.<sup>116</sup> Somit umfasst diese jegliche allgemein öffentlich zugängliche Parkflächen, wie jene am Straßenrand, in der Stadt oder ein nicht zugangsbeschränktes Parkhaus und andere öffentlich zugängliche Bereiche. Aber auch Parkplätze bei Infrastrukturpartnern, wie z. B. Kundenparkplätze von Einkaufszentren, Parkhäuser oder Parkplätze an Autohöfen oder -Raststätten, gelten als öffentlich.<sup>117</sup> Auf Basis von Kundenerfahrungen ist der Ladebedarf von öffentlicher Ladeinfrastruktur ebenfalls durch regelmäßige Ladevorgänge bzw. Nachtladung gekennzeichnet, darüber hinaus allerdings durch Schnelllade- und Zwischendurchlade-Vorgänge.<sup>118</sup>

---

<sup>114</sup> Vgl. VDA Verband der Automobilindustrie, 2015, S. 4.

<sup>115</sup> Vgl. NPE, 2015, S. 15.

<sup>116</sup> Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016, § 2.

<sup>117</sup> Vgl. NPE, 2013, S. 49.

<sup>118</sup> Vgl. NPE, 2015, S. 15.






	Privater Aufstellort		Öffentlich zugänglicher Aufstellort		
	Privat	Halbprivat	Halböffentlich	Öffentlich	
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur	 Einzel-/ Doppelgarage bzw. Stellplatz beim Eigenheim	 Parkplätze bzw. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern	 Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	 Autohof, Autobahn-Raststätte	 Einkaufszentren, Parkhäuser, Kundenparkplätze
Besitzfläche für Ladestation	Privat	Privat	Privat	Privat	Öffentlich (Stadt/Gemeinde)
Verbrauchserfassungsalternativen	- Nutzung vorhandener Stromzähler - Separater Zähler zur Nutzung spezieller Stromtarife	- Nutzung vorhandener Stromzähler der Besitzer/ Mieter einzelner Stellflächen - Separater Zähler bei Eigentümern/ Mietern der jeweiligen Stellfläche zur Nutzung spezieller Stromtarife	- Nutzung vorhandener Stromzähler der Liegenschaft - Separater Zähler zur Nutzung spezieller Stromtarife ausschließlich für Ladestrom		Über Stromzähler in der Ladestation
Abrechnungsmöglichkeiten	Nach bezogener Energiemenge	- Nach bezogener Energiemenge - Nach Nutzungsdauer - Pauschal	Je nach gewünschtem Geschäftsmodell, z. B.: - Nach Ladeleistung - Nach bezogener Energiemenge - Nach Nutzungsdauer - Pauschal		

Abbildung 13: Übersicht über die Standorte der Ladeinfrastruktur<sup>119</sup>

Zudem lassen sich die zuvor erläuterten Leitformen der Ladeinfrastruktur-Standorte in weitere Mischformen abstufen. Private Standorte unterteilen sich nochmals in einer tieferen Ebene in „privat“ und „halbprivat“. Hierbei stellen die privaten Standorte Stellplätze bei dem Fahrzeugbesitzer zu Hause dar, während halbprivate Standorte jene Stellplätze sind, die am Arbeitsplatz lokalisiert sind. Öffentlich zugängliche Standorte für Ladeinfrastruktur lassen sich wiederum in „halböffentlich“ und „öffentlich“ abstufen. In diesem Fall zählen Parkplätze bei Infrastrukturpartnern, wie Einkaufszentren oder Autohöfen, zu Standorten der halböffentlichen Infrastruktur. Parkplätze am Straßenrand oder öffentliche Parkplätze, die tatsächlich keiner privaten oder juristischen Person angehören, würden hierbei zu öffentlicher Ladeinfrastruktur zählen.<sup>120</sup>

Aktuelle Erhebungen (Stand 2018) haben außerdem aufgezeigt, dass Ladevorgänge am Arbeitsplatz oder am Wohnort die häufigsten darstellen. Die Ladevorgänge im privaten Raum belaufen sich auf 85%. Somit beträgt Häufigkeit der Ladevorgänge im öffentlichen Raum lediglich 15%. In der Zukunft sollen sich diese Werte allerdings verschieben. Perspektivisch über das Jahr 2020 hinaus, sollen lediglich 60-70% der Ladevorgänge an privaten Ausstellorten getätigt werden, während sich die Ladevorgänge an öffentlich zugänglichen Ausstellorten auf 30-40% erhöht.<sup>121</sup>

<sup>119</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, S. 24.

<sup>120</sup> Vgl. DKE / AK EMOBILITY.60, 2016, S. 25.

<sup>121</sup> Vgl. VDA Verband der Automobilindustrie, 2018.

Die technische Anbindung von Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur betrifft Ladepunkte mit öffentlich zugänglichem Aufstellort, und sind somit als „halböffentlich“ und „öffentlich“ gekennzeichnet. Da im Rahmen dieser Arbeit lediglich diese Ladepunkte in Betracht gezogen werden, werden diese zusammengefasst als „öffentliche Ladepunkte“ bezeichnet.

### 3.6 Informations- und Kommunikationstechnologien

Um die einzelnen Akteure des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“ miteinander zu verknüpfen erfordert es festgelegte Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Diese IKT bilden das Bindeglied zwischen dem Kunden mit seinem Elektrofahrzeug, der Ladeinfrastruktur und dem Energiesystem. Durch sie wird das Laden an privaten und öffentlichen Ladepunkten geregelt und gesteuert. Außerdem ermöglichen sie dem Nutzer einen komfortablen und flächen-deckenden Zugang zur öffentlichen Ladeinfrastruktur.<sup>122</sup>

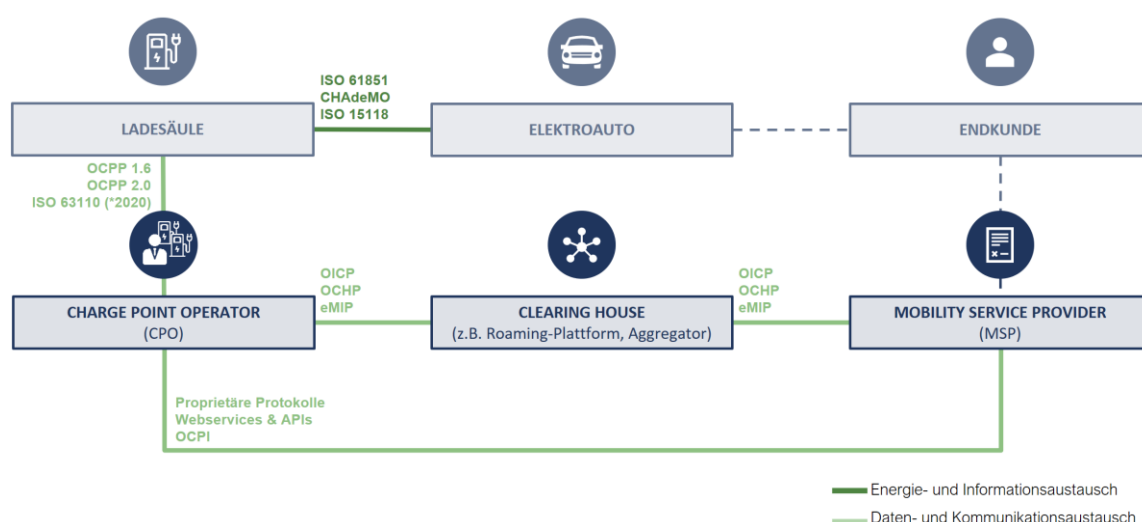


Abbildung 14: Informations- und Kommunikationsschnittstellen des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“<sup>123</sup>

Bei den Informations- und Kommunikationstechnologien werden im Falle der Elektromobilität „Energie- und Informationsaustausch“, sowie „Daten- und Kommunikationsaustausch“ unterschieden. Eine Übersicht aktueller Standards und Kommunikationsprotokolle zwischen den jeweiligen Marktakteuren ist in Abbildung 14 gegeben.

Wie bereits in Abschnitt 3.4.2 erwähnt, ist die Gewährleistung eines interoperablen Ladesystems für den Nutzer eines Elektrofahrzeugs von großer Bedeutung. Neben den Hardware-Schnittstellen, wie den Steckvorrichtungen, ist es auch bezüglich der IKT notwendig, einheitliche technische Rahmenbedingungen zu schaffen. Um somit als Nutzer herstellerübergreifend

<sup>122</sup> Vgl. NPE, 2018, 27 f.

<sup>123</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an P3 automotive GmbH, 2018f, S. 26.



Laden zu können, sind gemeinsame und offene Basis-IT-Protokolle für die Vernetzung von Ladestationsbetreibern (CPOs) und Elektromobilitäts Providern (MSPs) obligatorisch. Diese werden in Rahmen von Roaming-Plattformen ermöglicht. Auf diese Weise hat der Nutzer Zugang zu einem breiten Netz an Ladestationsbetreibern, obwohl er lediglich bei einem bestimmten MSP vertraglich registriert ist. Ferner werden die für ihn entstandenen Kosten, trotz der Verwendung von Ladestationen verschiedener Anbieter, über eine Instanz abgerechnet.<sup>124</sup>

Zudem wurde in der, im Juni 2017 in Kraft getretene, ersten Verordnung zur Änderung der Ladesäulenverordnung beschrieben, dass jeder Betreiber eines Ladepunktes den Nutzern eines Elektromobiles das punktuelle Aufladen, neben dem sogenannten „vertragsbasierten“ Laden, ermöglichen muss.<sup>125</sup> Um den Nutzern somit das barrierefreie, punktuelle Laden, auch Ad-hoc-Laden genannt, zu ermöglichen, sind zudem einheitliche Authentifizierungskonzepte nötig.<sup>126</sup>

Im Umfang dieser Arbeit werden lediglich die Kommunikations-Protokolle und -Standards behandelt, die primär auf dem deutschen Markt von großer Relevanz sind. Diese Protokolle werden im Folgenden beschrieben und sind außerdem in Abbildung 15 kurz zusammengefasst.

Protokoll	Version	Autor / Betreiber	Publikationsjahr
<b>Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule</b>			
ISO 61851-1	n.a.	IEC	2010
CHAdeMO	n.a.	TEPCO, Nissan, Mitsubishi, Fuji Heavy Industries (Subaru)	2014
ISO 15118	n.a.	IEC	2013/2014
<b>Kommunikation zwischen Ladesäule und zentralem Management System</b>			
Open Charge Point Protocol (OCPP)	2.0	Open Charge Alliance	2018
ISO 63110	n.a.	IEC	*2020
<b>Kommunikation zwischen Clearing House und MSP/CPO</b>			
Open InterCharge Protocol (OICP)	2.2	Huject	2018
Open Clearing House Protocol (OCHP)	1.4	Smartlab, ElaadNL	2016
eMobility Inter-Operations Protocol (eMIP)	0.7.4	GIREVE	2016

Abbildung 15: Umfang der behandelten Kommunikationsprotokolle und -standards dieser Arbeit<sup>127</sup>

### 3.6.1 Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule

Zwischen dem Elektromobil und der Ladesäule erfolgen zwei unterschiedliche Arten von Austausch. Einerseits wird Energie, in Form von Strom ausgetauscht. Zum anderen erfolgt ein

<sup>124</sup> Vgl. NPE, 2017, S. 37.

<sup>125</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2017, § 4.

<sup>126</sup> Vgl. NPE, 2017, S. 37.

<sup>127</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an ElaadNL, 2017, S. 13.

Daten- bzw. Informationsaustausch, der durch Einsatz ausgewählter Standards geregelt ist. Dies kann nach verschiedenen Kommunikationsstandards erfolgen, dem IEC 61851, der ISO 15118 oder dem CHAdeMO-Standard. Jeder dieser Standards sind bereits aktiv und auch in Zukunft im Sinne einer einheitlichen Ladeinfrastruktur einsetzbar.<sup>128</sup> Im Folgenden werden diese, mit ihren Unterschieden, kurz beschrieben.

- **ISO/IEC 61851-1:** Der Standard IEC 61851-1 wurde bereits im Abschnitt 3.4.1 erwähnt und beschreibt die Überwachungsfunktion für ein sicheres und bedarfsgerechtes Laden. Aufgrund seiner Sicherheitsrelevanz wird dieser Standard weltweit von nahezu allen Elektro-Fahrzeugherstellern unterstützt. Da die unterschiedlichen Lademodi bereits im Abschnitt 3.4.1 erläutert wurden, wird nun nicht näher darauf eingegangen. Die Kommunikation wird durch sogenannte Pulsweitenmodulation (PWM) über den Control Pilot im Ladekabel realisiert. Hierbei werden Signale zweier unabhängiger Variablen, dem Fahrzeugstatus bezüglich der Ankopplung an die Ladestation und den maximalen Ladestrom, zwischen dem Fahrzeug und der Ladestation übertragen.<sup>129</sup>
- **CHAdeMO-Standard:** Der CHAdeMO-Standard wurde von den japanischen Unternehmen TEPCO, Nissan, Mitsubishi und Fuji Heavy Industries (Subaru) initial entwickelt und basiert auf dem Fahrzeugdiagnose-Standard CAN (ISO 11898). Mittlerweile ist dieser auch in den ISO-Normen 61851-23 und -24 als Standard für das Gleichstromladen integriert. Bei ihm zählt der Schutz der Fahrzeugbatterie vor Schäden durch hohe bis sehr hohe Ladeleistungen, die beim DC-Laden Anwendung finden, als wichtigster Ausgangspunkt. Die Datenübertragung erfolgt bei dem CHAdeMO-Standard CAN-basiert (Controller Area Network) über Signal- und Kommunikationspins, die parallel zu den zwei Leistungspins in dem CHAdeMO-Stecker integriert sind. Es werden Daten über den Ladestand des Akkus, der momentane Wert der Spannung, der maximal zulässige Ladestrom und die Temperatur des Akkus.<sup>130</sup>
- **ISO/IEC 15118:** Die ISO/IEC 15118 beschreibt den jüngst entwickelten Standard für die Schnittstelle zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation. In dem aktuell sechsteiligen Standardwerk sind verschiedene Ladeoptionen, vom AC-Laden, DC-Laden und induktivem Laden, umfassend beschrieben. Ziel ist es, die Betriebssicherheit, sowie den Austausch systemrelevanter Informationen zu gewährleisten.<sup>131</sup> Dieser Austausch systemrelevanter Informationen wird im Zusammenhang mit der ISO/IEC 15118 auch als sogenannte „Plug&Charge“-Funktionalität beschrieben. Durch diese Funktionalität

---

<sup>128</sup> Vgl. Nauck, 2014, S. 9.

<sup>129</sup> Vgl. Nauck, 2014, 9 f.

<sup>130</sup> Vgl. Nauck, 2014, S. 11.

<sup>131</sup> Vgl. Nauck, 2014, S. 12.

wird eine nahtlose Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung an der Schnittstelle zwischen Ladesäule und Fahrzeug bzw. Endkunden ermöglicht. Zudem können durch den Einsatz der ISO/IEC 15118 Konzepte wie „Smart Charging“ ermöglicht werden. Auf dem deutschen Markt werden alle Elektrofahrzeuge, die ab 2019 produziert werden mit diesem Standard ausgestattet sein. Auf diese Weise wird der Massenmarkt in Zukunft abgedeckt werden.<sup>132</sup>

Der ISO/IEC 15118-Standard beschreibt alle Sequenzen, Nachrichten und Parameter, um die erforderlichen Voraussetzungen für die nahtlose Kommunikation zu schaffen. Zur Sicherstellung der kontrollierten Ladekommunikation zählen Prozesse wie Verbindungsaufbau- und freigabe, Authentifizierung, Auswahl der Dienste, Ladekontrolle und Lastmanagement. Zudem sind Datensicherheitsmethoden, wie Verschlüsselungsmethoden und Formate und Inhalte von Zertifikaten, darin spezifiziert. Die Kommunikation innerhalb eines Protokolls erfolgt mit spezifizierten Nachrichten und Parametern. Jedes Protokoll beinhaltet die Definition von Syntax, Semantik und Zeitvorgaben. Beispiele für elementare Parameter sind Ladespannung, Stromstärke, Ladeleistung, gewünschter Start und Stopp des Ladevorgangs sowie Tariftabellen.<sup>133</sup>

### 3.6.2 Kommunikation zwischen Ladesäule und zentralem Management System

Um eine herstellerunabhängige Kommunikation zwischen Ladestationen und diversen Verrechnungs- und Managementsystemen von Ladeinfrastrukturen, im Folgenden auch Backend-Systeme genannt, zu ermöglichen, bedarf es universellen Anwendungsprotokollen. Im Grunde beschränkt sich die Kommunikation an dieser Schnittstelle auf die Authentifizierung des Nutzers an der Ladestation, sowie deren Freigabe für den Ladeprozess.<sup>134</sup> Im Zusammenhang mit der Anbindung im Umfeld der Ladestationen hat sich mittlerweile das Open Charge Point Protocol (OCPP) durchsetzen können.<sup>135</sup> Da es sich bei dem OCPP um keinen offiziellen, internationalen Standard handelt, wird momentan von der IEC und der ISO der Standard-Normenreihe IEC 63110 für diese Schnittstelle entwickelt. Diese werden im Folgenden erläutert.

- **Open Charge Point Protocol:** Das OCPP ist ein offenes Kommunikationsprotokoll und wurde durch eine Initiative von ElaadNL, einer von mehreren niederländischen Netzbetreibern gegründeten Kooperationsstiftung, initiiert. Bereits im Jahre 2009 wurde die erste Version veröffentlicht. Anfang 2014 wurde dann die Entwicklung und Pflege des Protokolls an die Open Charge Alliance (OCA), einem globalen Konsortium aus öffentlichen und privaten Unternehmen, übertrag. Es hat den Zweck die Kommunikation zwischen der Ladestation und einem zentralen Backend-System, das für den

---

<sup>132</sup> Vgl. Hahn, 2017, S. 3.

<sup>133</sup> Vgl. Liebl, 2017, S. 117.

<sup>134</sup> Vgl. Nauck, 2014, S. 15.

<sup>135</sup> Vgl. has.to.be GmbH, 2015, S. 26.

Betrieb und die Verwaltung von Ladepunkten verwendet wird, zu standardisieren. Das Protokoll ist offen und lizenzfrei verfügbar, um so den Wechsel vom Ladungsnetz zu gewährleisten, ohne dass die Ladestation oder eine umfangreiche Programmierung zu ersetzen ist. Auf diese Weise ist die Interoperabilität, sowie der Zugang zu den Stromnetzdiensten gesichert.<sup>136</sup>

Von dem Open Charge Point Protokoll existieren verschiedene Versionen. Derzeit verwenden die meisten Ladestationen noch das Protokoll in Version 1.6, welches im Oktober 2015 veröffentlicht wurde.<sup>137</sup> Durch das OCPP werden Ladevorgänge überwacht und verwaltet und Benutzer- und Abrechnungsdaten an den Vertragspartner übermittelt. Zählerdaten und weitere energie- und transaktionsrelevante Daten werden hierdurch standardisiert zwischen dem Ladepunkt und dem Backend-System ausgetauscht. Auch zusätzliche Funktionen, die eine unterschiedliche Preisgestaltung von Ladevorgängen oder gesteuertes Laden aufgrund von energiebasierten Mehrwertinformationen ermöglichen sind integriert. In Summe werden durch OCPP 25 verschiedene Operationen unterstützt. So hat beispielsweise der Endkunde die Möglichkeit eine Ladesäule über das zentrale Management-/ Backend-System zu reservieren. Aktionen zur Ferndiagnose oder Wartung, wie z. B. Neustart oder Ver- und Entriegelung eines Ladekabels, können ebenfalls realisiert werden. Auch die Ladeleistung kann je nach Netzsituation angepasst werden und dynamische Abrechnungstarife können übertragen werden.<sup>138</sup>

Die aktuelle OCPP 2.0 Spezifikation, die im Jahre 2018 veröffentlicht wurde, ist abwärtskompatibel zu seiner weitverbreiteten Vorgängerversion 1.6, wodurch seine Funktionalität bewahrt wird. Jedoch werden durch die erweiterte Version 2.0 viele neue Funktionen ermöglicht. Die Sicherheitsvorkehrungen werden durch Sicherheitsprofile, Zertifikatshandling und Sicherheitslogging erweitert. Zudem gibt es ein Gerätemanagement für Ladepunkte, wodurch Monitoring, Wartung und Provisionierung verbessert wird. Bezüglich „Smart Charging“<sup>139</sup> gibt es Erweiterungen in den Funktionalitäten Vehicle-to-Grid<sup>140</sup> und Plug&Charge (ISO 15118). Außerdem wird die Anzeige von Tarifen und Preisen mit der aktualisierten Version 2.0 unterstützt.<sup>141</sup>

---

<sup>136</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 38.

<sup>137</sup> Vgl. has.to.be GmbH, 2015, S. 26.

<sup>138</sup> Vgl. Nauck, 2014, S. 15.

<sup>139</sup> *Smart Charging* steht für eine intelligente Ladefunktionalität der Ladesäulen, indem sie die verfügbare Leistung effizient und flexibel verteilen. (Vgl. Technische Universität Graz, 2016, S. 1.)

<sup>140</sup> Die Funktionalität *Vehicle-to-Grid* beschreibt das Konzept der Energiespeicherung in der Traktionsbatterie der Elektrofahrzeuge und der bedarfsorientierten Rückspeisung dieser Energie in das Stromnetz. (Vgl. Technische Universität München, 2012, S. 1.)

<sup>141</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018f, S. 30.

OCPP basiert auf dem Simple Object Access Protocol (SOAP), das HTTP<sup>142</sup> im XML-Datenformat<sup>143</sup> zur Datenübertragung nutzt. Mit Veröffentlichung der Version 1.6 wurde auch die Datenübertragung über JavaScript Object Notation (JSON) ermöglicht, welche durch einen Datentransfer via WebSocket charakterisiert wird.<sup>144</sup> JSON wurde nachträglich eingeführt, da die Kommunikation über WebSockets etwa 15 Prozent weniger Datenvolumen benötigt, als jene über das ursprüngliche XML-Datenformat. Dies ist darin begründet, da bei einer Datenübertragung im XML-Datenformat immer vordefinierte Nachrichten versendet werden, und somit eine hohe Menge unnötiger Informationen übertragen werden. Der Unterschied besteht im Wesentlichen in der Charakteristik der Kommunikation. Bei SOAP basiert die Kommunikation auf einzelnen Requests, und JSON ermöglicht eine kontinuierliche Kommunikation aufgrund des durchgehenden geöffneten Kommunikationskanals des WebSockets. Zwar ist bei SOAP eine einheitliche Struktur vorgegeben, dadurch lässt sich allerdings keine Echtzeitkommunikation realisieren. Mittels JSON wird eine Steuerung in Echtzeit ermöglicht, sowie eine bi-direktionale Kommunikation. Allerdings wird die Kommunikation über WebSocket nicht von allen Ladesäulen zugelassen. Zudem ist hierbei HTTP zur Datenübertragung weiterhin erforderlich.<sup>145</sup>

- **IEC/ISO 63110:** Bereits im Januar 2016 wurde die neue Normenreihe IEC/ISO 63110 initiiert. Mit ihr soll die Kommunikation von der Ladeinfrastruktur zum Ladeinfrastrukturbetreiber, bzw. CPO, für das Management der Ladeinfrastruktur offiziell vereinheitlicht werden.<sup>146</sup> Da das OCPP lediglich von OCA als offener Standard veröffentlicht wurde, soll auf diese Weise ein echtes „Elektromobiles-Ökosystem“ entstehen, das international genormt ist. Aktuell sehen einige CPOs Einschränkungen in der Verwendung des verbreiteten OCPP-Standards. Aus diesem Grund haben sie ein eigenes Protokoll, eine Art Abwandlung des OCPP, für die Verwaltung ihrer Ladeinfrastruktur entwickelt. Leider stellt genau dieser Aspekt die gesamte Branche vor ein großes Problem, da so zu viele verschiedene und proprietäre Kommunikationsprotokolle entstehen. Mit dem Wachstum des Systems Elektromobilität ist die Interoperabilität der Schlüssel zur Sicherung von Investitionen und Zufriedenheit der Kunden.<sup>147</sup> Aktuell (Stand 2018) ist der Standard allerdings noch nicht finalisiert. Die IEC/ISO 63110 besteht insgesamt

---

<sup>142</sup> Das *HTTP* ist ein zustandsloses Protokoll zur Übertragung von Daten über ein Rechnernetz. (Vgl. Weber, C., 2002, S. 15.)

<sup>143</sup> Das *XML-Datenformat* ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form einer Textdatei. (Vgl. Weber, C., 2002, S. 1.)

<sup>144</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018f, 30 f.

<sup>145</sup> Vgl. has.to.be GmbH, 2015, 26 f.

<sup>146</sup> Vgl. NPE, 2017, S. 37.

<sup>147</sup> Vgl. V2G Clarity, 2018.

aus drei Dokumenten (IEC 63110-1, -2 und -3), die sich momentan in der Entwurfsphase befinden. Geplant ist, dass das erste Dokument im zweiten Quartal 2020 veröffentlicht wird.<sup>148</sup>

### 3.6.3 Kommunikation zwischen Clearing House und MSP / CPO

Für die Umsetzung von eRoaming ist eine Kommunikation zwischen dem Aggregator, dem CPO und dem MSP notwendig. Um eine echtzeitfähige Online-Anbindung eines Backend-Systems umsetzen zu können, hat sich die Nutzung verschiedener Standards zur Anbindung an eine eRoaming-Plattform etabliert. Hierbei gibt es für die unterschiedlichen Plattformen auch unterschiedliche Protokolle. Die Plattform „Hubject“ nutzt das Open InterCharge Protocol (OICP). Die Kommunikation innerhalb des Netzes von „e-clearing.net“ basiert auf dem Open Clearing House Protocol (OCHP) und die Kommunikation bei „GIREVE“ unterstützt das eMobility Inter-Operation Protocol (eMIP). Durch die Entwicklung der echtzeitfähigen Datenübertragung, die aufgrund der Protokolle ermöglicht wird, gelingt es einen Mehrwert für den Kunden, sowie für die Anbieter (MSPs und CPOs) zu schaffen. Durch sie wird eine echtzeitfähige Abfrage von Authentifizierungsdaten, sowie die Echtzeitübertragung von Statusdaten ermöglicht.<sup>149</sup> Im Folgenden werden diese, für den deutschen Markt relevanten Protokolle, näher beschrieben.

- **OICP – Open InterCharge Protocol:**

Das OICP wurde im Jahr 2013 von dem Unternehmen „Hubject“ entwickelt. Es dient der Kommunikation zwischen der Hubject B2B Service Platform (HBS) und einem CPO und einem MSP und ermöglicht einen standardisierten Datenaustausch. Auf diese Weise können Roaming-Meldungen zwischen dem CPO und dem MSP ausgetauscht werden.<sup>150</sup> Die aktuelle Version 2.2 des Protokolls wurde im März 2018 veröffentlicht und besteht aus zwei Teilen. Ein Teilbereich ist explizit für einen MSP, und ein anderer für einen CPO ausgerichtet. Grundsätzlich lässt sich der Nutzen dieses Protokolls in vier integrierten Funktionalitäten widerspiegeln, welche im Folgenden kurz aufgelistet sind:<sup>151</sup>

- Sicherstellung der Interoperabilität der öffentlichen Ladeinfrastruktur
- Vereinfachung von Authentifizierungs- und Autorisierungsverfahren durch eine vertrauenswürdige Instanz, sowie Entkopplung und Anonymisierung personenbezogener Daten

---

<sup>148</sup> Vgl. Bertrand, 2018, S. 18.

<sup>149</sup> Vgl. SLAM, 2017, S. 10.

<sup>150</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 52.

<sup>151</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018g, S. 6.

- Automatisierung vertragsbasierter Geschäftsbedingungen zwischen Akteuren des Ökosystems Elektromobilität
- B2B-Informationsdienste zur Realisierung anspruchsvoller Dienstleistungen im Energiemanagement, Verkehrsmanagement, Smart Charging, Carsharing und intermodale Mobilität

Ein Teil des Protokolls beinhaltet eine detaillierte Beschreibung der durch HBS zur Verfügung gestellten Webdienste mit ihren entsprechenden Servicevorgängen. Der Datenaustausch erfolgt bei OICP über SOAP-Nachrichten und verfügt über insgesamt fünf oder sechs Dienste, je nachdem ob ein MSP oder ein CPO jene Dienste in Anspruch nimmt.<sup>152 153</sup>

1. eRoamingAuthorization\_V2.1: Autorisierung von Ladevorgängen
2. eRoamingReservation\_V1.1: Reservierung eines Ladepunktes
3. eRoamingAuthenticationData\_V2.1: Authentifizierungsdatenbank statt Online-Autorisierung, nur für MSPs
4. eRoamingEVSEData\_V2.2: Bereitstellung von Ladepunktinformationen
5. eRoamingEVSEStatus\_V2.1: Bereitstellung von dynamischen Ladepunkt-Status
6. eRoamingDynamicPricing\_V1.0: Dynamische Rechnungsstellung

Detaillierter betrachtet beinhaltet das OICP somit Services wie die Bereitstellung von Charge Detail Records für Abrechnungszwecke, die Bereitstellung von Ladeprozessinformationen, sowie Standortinformationen, die Möglichkeit eine Ladesäule zu reservieren sowie die Möglichkeit des Sendens von Fernstart- und -stop-Befehlen.<sup>154</sup>

- **OCHP – Open Clearing House Protocol:**

Auch OCHP ermöglicht es, Elektrofahrzeuge an unterschiedlichen Ladestationen einen Ladevorgang durchzuführen.<sup>155</sup> Das Protokoll wird aktuell von der Clearingstellen-Plattform „e-clearing.net“ verwendet, die von der smartlab Innovationsgesellschaft mbH betrieben wird und zu gleichen Teilen im Besitz von smartlab und ElaadNL ist. Die aktuelle Version 1.4 wurde im Jahr 2016 veröffentlicht und besteht grundsätzlich aus zwei Teilen. Der Basisteil des Protokolls ist speziell für die Kommunikation zwischen den Marktparteien, also CPOs und MSPs, und der EV-Clearingstelle bestimmt.

---

<sup>152</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018g, S. 20–32.

<sup>153</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018h, S. 21–36.

<sup>154</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 52.

<sup>155</sup> Vgl. smartlab, 2018.

Der optionale Teil ist für die Peer-to-Peer Kommunikation, also die direkte Kommunikation ohne Aggregator/Clearing-Stelle zwischen den Marktparteien ausgelegt und wird als „OCHPdirect“ bezeichnet.<sup>156</sup> Die wichtigsten Funktionalitäten und Eigenschaften des Protokolls lassen sich auf zwei zentrale Faktoren zusammenfassen:<sup>157</sup>

- Bedarfsgerechter Austausch von Autorisierungsdaten, live-Autorisierung oder bilaterale Kommunikation möglich
- Mehrwertdienstleistungen, wie die Bereitstellung statischer und dynamischer Ladepunktdaten

Genauso wie bei dem OICP oder dem OCPP handelt es sich bei dem OCHP auch um ein Open-Source-Protokoll. Das heißt es steht jedem Marktakteur frei, das Protokoll umzusetzen und sich aktiv an der Entwicklung zu beteiligen. Die Datenübertragung bei dem OCHP erfolgt ebenfalls basierend auf SOAP.<sup>158</sup>

Zusammengefasst lassen sich die durch OCHP zur Verfügung gestellten Dienste wie folgt aufzählen:<sup>159 160</sup>

1. Exchange Authorisation Data: Autorisierung von Ladevorgängen
2. Exchange Tariff Information: Rechnungsstellung
3. Exchange Charge Point Information: Bereitstellung von Ladepunktinformationen
4. Request for a single Authorisation: Reservierung
5. Exchange Charge Data: Roaming
6. Live Status Interface: Smart Charging (nur in OCHPdirect, in einer einfachen/schlanken Form)

Detaillierter betrachtet beinhaltet das OCHP somit die Möglichkeit der Fernsteuerung einer Ladestation (nur OCHPdirect). Hierzu gehört auch die Festlegung von Grenzwerten, die jedoch noch nicht auf das dynamische Smart Charging System ausgelegt sind. Außerdem werden über das OCHP Tarifinformationen, sowie CDRs zur Abrechnung und Informationen zum Ladevorgang (nur OCHPdirect) bereitgestellt.<sup>161</sup>

- **eMIP – eMobility Inter-Operation Protocol:**

---

<sup>156</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 45.

<sup>157</sup> Vgl. Funken, 2016, S. 16.

<sup>158</sup> Vgl. smartlab, 2018.

<sup>159</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 45.

<sup>160</sup> Vgl. e-clearing.net, 2016.

<sup>161</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 45.



Das eMIP wird durch die Organisation “GIREVE” bereitgestellt, die gleichzeitig die Plattform für das Roaming-Modell mittels des eMIP darstellt. Das Hauptziel von Gireve besteht ebenfalls darin, einen offenen Zugang zu Fahrzeugladestationen zu gewährleisten. Hierbei verfolgt das eMIP-Protokoll folgende Ziele: <sup>162</sup>

- Ermöglichung von Roaming der Lade-Dienstleistungen durch Bereitstellung einer Lade-Autorisierung und einer Daten-Clearingstelle.
- Bereitstellung des Zugriffs auf eine umfassende Ladepunkt-Datenbank
- Bereitstellung von Funktionen für Smart Charging

Die aktuellste Version v1.0.2/0.7.4 des eMIP-Protokolls wurde im Jahr 2016 veröffentlicht. Durch sie werden folgende Anwendungsfälle abgedeckt: <sup>163 164</sup>

1. Data Upload: Autorisieren von Ladevorgängen
2. Data Download: Rechnungsstellung
3. Charge Point Finder: Bereitstellung von Ladepunktinformationen
4. Roaming: Roaming
5. Platforms Monitoring and SLA Improvement: Smart Charging

Im Einzelnen betrachtet, beinhaltet das eMIP-Protokoll Dienste, wie die Bereitstellung von CDRs für Abrechnungszwecke, die Bereitstellung von Ladepunktinformationen inklusive Tarif- und Parkplatzinformationen (statisch und dynamisch), Smart Charging-Funktionalitäten, Abrufen einer Liste von EVSEs, die sich in einem bestimmten Gebiet befinden und eine Reihe von Kriterien erfüllen („Suchfunktionalität“), sowie das Senden von Ergebnisberichten und Remote-Befehlen. <sup>165</sup>

Um eine kurze Übersicht der Eigenschaften und verfügbaren Anwendungsfälle je Protokoll zu erlangen, sind diese nochmals in Abbildung 16 zusammengefasst dargestellt.

---

<sup>162</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 54.

<sup>163</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, 54 f.

<sup>164</sup> Vgl. Gireve, 2016, S. 20–42.

<sup>165</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 55.

Protokoll	Version	Eigenschaft					Anwendungsfall									
		Reifegrad	Interoperabilität	Marktakzeptanz	Transparenz	Zertifizierung (offizielles Testlab)	Autorisierung Ladevorgang	Abrechnung	Ladevorgang Elektroauto	Roaming	Reservierung	Smart Charging	Betreiben Ladepunkt	Ladepunkt- Informationen	Plug&Charge	
Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule																
ISO 61851-1	n.a.	↑	↑	↑	↑	✓	×	×	✓	×	×	✓	×	×	×	
CHAdeMO	n.a.	↑	↑	→	↑	✓	×	×	✓	×	×	n.a.	×	×	×	
ISO 15118	n.a.	→	→	↓	↑	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	×	×	✓	
Kommunikation zwischen Ladesäule und zentralem Management System																
Open Charge Point Protocol (OCPP)	2.0	↑	↑	→	→	×	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	×	×	
ISO 63110	n.a.	↓	→	↓	↑	✓	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Kommunikation zwischen Clearing House und MSP/CPO																
Open InterCharge Protocol (OICP)	2.2	↑	↑	→	→	×	✓	✓	×	✓	✓	×	×	✓	✓	
Open Clearing House Protocol (OCHP)	1.4	↑	↑	↑	→	×	✓	✓	×	✓	✓	(✓)	×	✓	×	
eMobility Inter-Operations Protocol (eMIP)	0.7.4	↑	↑	→	↓	×	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	×	

Abbildung 16: Zusammenfassung der von den verschiedenen Protokollen unterstützten Anwendungsfälle<sup>166</sup><sup>166</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an ElaadNL, 2017, S. 2–3.

## **4 Entwicklung technischer Anbindungsszenarien eines Elektromobilitätsdienstes**

Da der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit aus Perspektive der Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur bewerten werden soll, erfolgen die folgenden Prozessschritte zur Szenario-Entwicklung, immer aus Perspektive eines Elektromobilitätsdienstes. Im Rahmen des Ökosystems „Ladeinfrastruktur“ wird ein Elektromobilitätsdienst mit Ladeinfrastruktur als Dienst beschrieben, der einem Endkunden den Zugang zur Ladeinfrastruktur ermöglicht und somit die Interoperabilität im Ladeprozess gewährleistet. Demzufolge schließen jene Dienste den Mobility Service Provider (MSP) und den Charge Point Operator (CPO) mit ein. Wie bereits in Abschnitt 3.3 erläutert, ist es für einen MSP bzw. einen CPO üblich, sich über ein sogenanntes Clearing House in das Ökosystem in das Ökosystem zu vernetzen bzw. an es anzubinden.

Im Rahmen der P3 automotive GmbH soll untersucht werden, innerhalb welcher Faktoren und Ausprägungen sich die möglichen Anbindungsmöglichkeiten der Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur voneinander unterscheiden. Hierzu werden zunächst Szenarien der unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten erarbeitet, welche die wichtigsten Treiber und Trends im Rahmen der Elektromobilitätsdienste beschreiben. Die erarbeiteten Szenarien bilden die Rahmenbedingungen für die anschließende ganzheitliche Untersuchung und Bewertung unter definierten Anwendungsfällen.

Nach der beschriebenen Methodik der Szenario-Analyse (Kapitel 2.1) werden in diesem Kapitel zunächst die entscheidenden Einflussfaktoren für eine mögliche Anbindungsmöglichkeit für Elektromobilitätsdienste identifiziert (Abschnitt 4.1). Daran anschließend erfolgt die Bündelung und Auswahl der jeweiligen Einflussfaktoren zu Schlüsselfaktoren (Abschnitt 4.2). Im Folgenden werden Zusammenhänge der Faktoren analysiert und Wechselwirkungen identifiziert (Abschnitt 4.3). Der letzte Prozessschritt der Szenario-Entwicklung beinhaltet die beschreibende Form der Szenarien unter Berücksichtigung der Störfaktoren (Abschnitt 4.4).

### **4.1 Trends und Akteursstrategien**

Im Kapitel 3 wurde die aktuelle Situation, das Umfeld und die Rahmenbedingungen der Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur beschrieben. Auf Basis dieses bereits durchgeführten Technologie- und Umfeldmonitoring werden nun Einflussfaktoren abgeleitet, welche in Tabelle 5 zusammengefasst und beschrieben sind. Da die folgenden Analysen immer aus Perspektive eines MSPs oder CPOs erfolgen, sind die abgeleiteten Faktoren danach sortiert, auf welchen Elektromobilitätsdienst der jeweilige Faktor einen Einfluss auf die Entscheidung der Anbindungsmöglichkeit ausübt.

Tabelle 5: Einflussfaktoren<sup>167</sup>

	Einflussfaktor	Beschreibung	Perspektive	
			MSP	CPO
Technologie	eRoaming	Möglichkeit des barrierefreien Roamings innerhalb eines vorhandenen anbieterübergreifenden Netzwerks	X	X
	Reservierungsfunktion	Möglichkeit der Reservierungsfunktion eines Ladepunktes	X	X
	Smart Charging	Vorhandene Basis für zukünftige Smart Charging Kommunikationsprozesse	X	X
	Ladepunktinformationen	Verfügbare Daten über Ladeleistung und Steckertyp eines Ladepunktes	X	X
	Plug&Charge	Vorhandene Basis für zukünftiges Plug&Charge Kommunikationsprozesse	X	X
	Abrechnungsservice	Integrierter Abrechnungsservice	X	X
	Navigationsdaten	Integration der Navigationsdaten	X	X
Marktanbindung	Aktive Märkte	Anzahl der Länder, die durch die Anbindungsmöglichkeit erreicht werden	X	X
	Ladepunkte	Anzahl der Ladepunkte, die durch die Anbindungsmöglichkeit abgedeckt werden	X	
	Abdeckungsgrad Deutschland	Anteil deutscher Ladepunkte des Gesamtladenetzes, der durch die Anbindung abgedeckt	X	
	CPO-Anbindung	Anzahl der CPOs, mit welchen durch die Anbindung kooperiert wird	X	
	MSP-Anbindung	Anzahl der MSPs, mit welchen durch die Anbindung kooperiert wird		X
	Metropolindex	Anteil der Ladepunkte, die in deutschen Metropol-Regionen durch die Anbindung abgedeckt werden	X	X
	Autobahnindex	Anzahl der Ladepunkte, die in deutschen Autobahn-Regionen durch die Anbindung abgedeckt werden	X	X
Kosten	Initiale Kosten	Einmalige Kosten, die zu Beginn der Anbindung erfolgen	X	X
	Laufende Kosten	Betriebskosten, die über die gesamte Lebensdauer der Anbindung erfolgen	X	X
	Zusätzliche Kosten	Potentielle Zusatzkosten, die im Laufe der Anbindung zusätzlich erfolgen	X	X

Um die einzelnen Einflussfaktoren interpretieren zu können, wird zunächst auf die allgemeinen und primären Ziele der MSPs und CPOs eingegangen.

Wie bereits in Abschnitt 3.3.2 erwähnt, ist das Ziel eines MSPs dem EV-Nutzer einen reibungslosen Zugang zu einem möglichst großen öffentlichen Ladenetz zu ermöglichen. Hieraus ist abzuleiten, dass dem MSP die Anbindung an möglichst vielen Ladesäulen von besonderer Bedeutung ist, um somit einen möglichst hohen Kundenkreis zu bedienen.

Ein CPO, der als Ladesäulenbetreiber agiert, hat hingegen das vorwiegende Ziel möglichst viele EV-Nutzer zu einem Ladevorgang an seiner Ladesäule zu bewegen, um somit seine Auslastung möglichst hoch zu halten (sh. Abschnitt 3.3.4).

#### 4.1.1 Faktoren der Technologie

Aus Perspektive eines MSPs oder CPOs erfolgt eine Entscheidung über eine mögliche Anbindungsmöglichkeit aufgrund technischer, marktorientierter und wirtschaftlicher Faktoren.

<sup>167</sup> Eigene Darstellung

Faktoren mit einem Technologiefokus sind für MSPs und CPOs gleichermaßen von Bedeutung. Für eine MSP ist die Entscheidung über eine Anbindungsmöglichkeit mit Faktoren verbunden, die er je nach Anbindung auch seinem Endkunden anbieten kann. Somit ist es für ihn von Bedeutung, ob er seinem Kunden eine Roaming-, Reservierungs- oder Plug&Charge-Funktion anbieten kann, da er aufgrund dieser technischen Funktionen an Attraktivität dazu gewinnt. Zudem ist es für ihn bedeutsam eine Grundlage für zukünftige Smart-Charging-Prozesse zu legen, und auch seinen Kunden Ladepunktinformationen und Navigationsdaten bereitzustellen. Auch ein vorhandener Abrechnungsservice ist für ihn von Relevanz.

Für einen CPO sind ebenfalls alle technischen Kriterien von Relevanz, allerdings basiert diese Relevanz auf anderen Gründen. Für ihn ist eine Roaming-Funktion von Bedeutung, da er auf diese Weise Zugang zu einem größeren Ladenetz hat, und somit an seiner Ladesäule eine höhere Anzahl von Endkunden einen Ladevorgang durchführen werden. Abhängig von der vorhandenen Technik der Ladesäule eines CPOs ist es für ihn möglich eine Reservierungsfunktion, eine Grundlage für Smart Charging oder Plug&Charge anzubieten. Daher sind auch diese Faktoren bedeutsam für einen CPO bezüglich seiner Entscheidung einer Anbindung. Die Integration von Ladepunktinformationen und Navigationsdaten spielen ebenfalls eine Rolle, da die Ladesäule der CPOs die Voraussetzung erfüllen muss, dies umzusetzen. Der Abrechnungsservice ist für eine CPO zudem relevant.

#### **4.1.2 Faktoren bedingt durch die Marktanbindung**

Unter Betrachtung der Marktanbindungsfaktoren der jeweiligen Anbindungsmöglichkeiten lässt sich feststellen, dass seitens eines MSPs alle Faktoren, bis auf die MSP-Anbindung einen relevanten Einfluss haben. Faktoren wie die Anzahl aktiver Märkte, die Anzahl angebundener Ladepunkte, der Abdeckungsgrad und die CPO-Anbindung sind für ihn ausschlaggebend. Dies ist darin begründet, dass ein MSP das Ziel hat, so viele Endkunden wie möglich zu gewinnen. Jene kann er nur gewinnen, indem er ihnen ein möglichst großes Ladenetz und somit Zugang zu vielen Ladepunkten ermöglicht. Auch die Faktoren Metropol- und Autobahnindex sind für einen MSP entscheidend. Abhängig davon, welche Ziel-Kundengruppe er bedient, ist eine Anbindung mit einem Fokus auf städtische Ladesäulen oder Ladesäulen entlang der Autobahn von wesentlicher Priorität.

Seitens des CPOs sind Faktoren wie die Anzahl aktiver Märkte, sowie die MSP-Anbindung von Bedeutung. Sein primärer Fokus liegt darauf, so viele Endkunden wie möglich dazu zu bewegen an seiner Ladesäule zu laden. Daher ist eine Anbindung von Vorteil, durch die mit möglichst vielen MSPs Kontakt aufgenommen wird, sowie in einer möglichst hohen Anzahl an Märkten vertreten ist. Ebenso sind aus Perspektive des CPOs der Metropol- und Autobahnindex bestimmende Faktoren. Agiert der jeweilige CPO eher in städtischen Gebieten, ist ebenso eine Anbindung mit einem städtischen Fokus von Vorteil, da auf diese Weise eine höhere

Anzahl an Endkunden erreicht wird. Sind die Ladesäulen des CPOs jedoch eher in Autobahn-Regionen, so ist eine Anbindung mit einem derartigen Fokus zu präferieren.

### 4.1.3 Faktoren betrieblicher Aufwendungen

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit, bedingt durch die anfallenden Kosten, besteht an dieser Stelle ein Einfluss auf einen MSP gleichermaßen wie auf einen CPO.

Ein MSP, sowie als auch ein CPO, muss abwägen, ob sich der Aufwand einer möglichen Anbindungsvariante im Vergleich zu dem Nutzen, den er dadurch erhält, lohnt. Für beide Akteure entstehen im Rahmen technischer Anbindungsmöglichkeiten in der Regel initiale Kosten, die zu Beginn einer Anbindung erfolgen. Auch laufende Kosten, die über die gesamte Lebensdauer der Anbindung erfolgen, sind zu berücksichtigen. Zudem können potentielle Zusatzkosten anfallen, die aufgrund von Mehrwert-Funktionen entstehen.

## 4.2 Identifikation der Schlüsselfaktoren

Nachdem die Einflussfaktoren erfolgreich für die unterschiedlichen Perspektiven identifiziert und bestimmt wurden, ist es notwendig die einzelnen Schlüsselfaktoren herauszufiltern. Jene werden im weiteren Verlauf und in Beschreibung der Szenarien detaillierter untersucht und beschrieben. Wie in Abschnitt 2.1.2 beschrieben, erfolgt diese Filterung anhand einer Prioritätenanalyse, welche mittels eines paarweisen Vergleichs durchgeführt wurde.

Die genauen Auswertungen sind im Anhang 2 zu finden. Die Auswertung der Prioritätenanalyse wurde zunächst bezüglich der einzelnen Einflusskategorien, Technologie, Marktanbindung und Kosten durchgeführt (sh. Abbildung 17). Hieraus hat sich ergeben, dass die betrieblichen Aufwendungen, unabhängig ob aus Perspektive des MSPs oder CPOs, den entscheidendsten Treiber darstellt. Daran folgen Faktoren der Kategorie Marktanbindung und zuletzt Einflussfaktoren der Technologie.

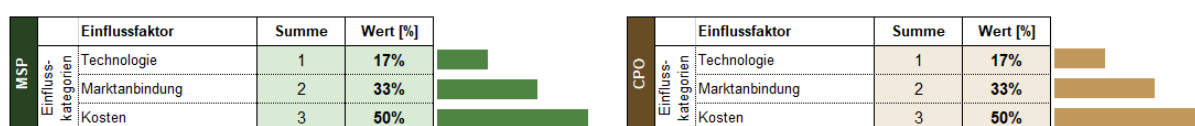


Abbildung 17: Auswertung des paarweisen Vergleichs der Einflusskategorien<sup>168</sup>

Nach der Auswertung der Einflusskategorien erfolgt die Bewertung der einzelnen Einflussfaktoren der jeweiligen Kategorien. Jedem Einflussfaktor wurde ein prozentualer Wert, abhängig von seiner Priorisierung vergeben. Liegt dieser Wert unter einer Grenze von fünf Prozent, so

<sup>168</sup> Eigene Darstellung

entfällt der Einflussfaktor und wird im weiteren Verlauf der Arbeit, mangels Priorität, vernachlässigt. Im Folgenden wird zunächst die Auswertung der Faktoren aus Perspektive eines MSPs, anschließend jene aus Perspektive eines CPOs beschrieben. Eine übersichtliche Visualisierung der ausgewählten Schlüsselfaktoren ist in Abbildung 18 veranschaulicht.

Aus Sichtweise eines MSPs stellt die Nutzung von eRoaming einen entscheidenden technologischen Treiber auf die Wahl der Anschlussmöglichkeit dar. Ebenfalls hoch priorisiert wurde der Einfluss auf die Entscheidung aufgrund vorhandener Ladepunktinformationen. Die Reservierungsfunktion, die Erfüllung einer Smart Charging Grundlage sowie einer Plug&Charge-Vorrichtung wurden weniger hoch bewertet, sind aber dennoch ausschlaggebend. Da die Faktoren Abrechnungsservice und Navigationsdaten eine untergeordnete Rolle spielen, sowie die festgelegte fünf Prozent Grenze nicht erreichen, werden diese im Verlauf vernachlässigt. Zu den bedeutendsten Treibern in der Kategorie Marktanbindung zählen die Anzahl der Ladepunkte, sowie der Abdeckungsgrad in Deutschland. Ebenso spielen Metropol- und Autobahnindex eine entscheidende Rolle. Abschließend sind sowohl die Anzahl aktiver Märkte, als auch die CPO-Anbindung nicht zu vernachlässigen. Die MSP-Anbindung hingegen wurde bereits in Abschnitt 4.1 als irrelevant für einen MSP festgelegt. Die Kategorie betrieblicher Aufwendungen bzw. Kosten stellt in jedem seiner Einzelfaktoren einen gleichgestellten Einfluss dar.

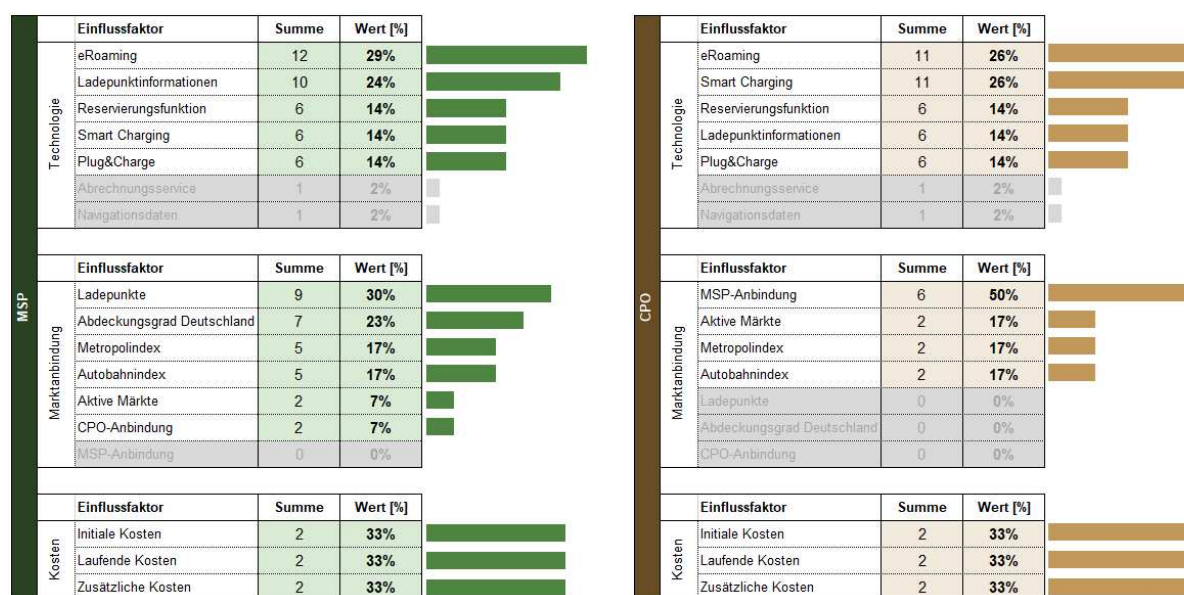


Abbildung 18: Gesamtauswertung des paarweisen Vergleichs der Einflussfaktoren<sup>169</sup>

Für einen CPO spielt ebenfalls die Nutzung von eRoaming den bedeutendsten technologischen Treiber dar. Zudem ist für ihn die Option zukünftiges Smart Charging in seinem System zu etablieren ebenfalls von hoher Priorität, da der CPO auf diese Weise die Auslastung an

<sup>169</sup> Eigene Darstellung

Ladevorgängen an seiner Ladesäule erhöhen könnte. Die Einflussfaktoren Reservierungsfunktion, Ladepunktinformationen und Plug&Charge sind geringer priorisiert, aber dennoch nicht zu vernachlässigen. Lediglich die Faktoren Abrechnungsservice und Navigationsdaten spielen auch für den CPO eine untergeordnete Rolle und werden ebenso im weiteren Verlauf vernachlässigt. Bezüglich Faktoren der Marktanbindung ist für den CPO die MSP-Anbindung der entscheidendste Faktor, da dieser durch den MSP Zugang zu einer höheren Anzahl an Kunden erhält. Die Einflussfaktoren Metropol- und Autobahnindex, sowie die Anzahl aktiver Märkte sind für den CPO zwar zweitrangig, aber dennoch ausschlaggebend. Die übrigen Faktoren: Anzahl der Ladepunkte, Abdeckungsgrad und CPO-Anbindung sind aus Perspektive des CPOs unerheblich und wurden bereits in Abschnitt 4.1 ausgeschlossen. Der Einfluss betrieblicher Aufwendung ist für den CPO, genauso wie für den MSP, mit allen seinen Einzelfaktoren gleichrangig bedeutend.

### 4.3 Analyse der Wirkungszusammenhänge

Um die Zusammenhänge und Wechselwirkungen der einzelnen Einflussfaktoren besser verstehen und interpretieren zu können, wurde auf Basis der ausgewählten Faktoren eine Wechselwirkungsanalyse durchgeführt. Diese erfolgt durch eine Vernetzungsmatrix, wie in Abschnitt 2.1.3 beschrieben. Hierdurch werden Wirkungszusammenhänge analysiert und Interdependenzen zwischen den unterschiedlichen Faktoren vermittelt.

Die Wechselwirkungsanalyse wurde ebenfalls, sowie aus MSP-Perspektive, als auch aus CPO-Perspektive durchgeführt. Im Anhang 3 sind die einzelnen Auswertungen in detaillierter Form beigelegt. Wie bereits in Abschnitt 2.1.3 erläutert, beschreibt die Aktivsumme die Intensität des Einflusses eines einzelnen Elements auf alle anderen. Die Passivsumme hingegen beinhaltet Informationen darüber, wie stark ein einzelnes Element direkt von allen anderen beeinflusst wird. Um diese Informationen besser interpretieren zu können, wurden sie in ein Portfolio übertragen. Im Folgenden werden die Wirkungszusammenhänge der Schlüsselfaktoren zunächst aus Perspektive des MSPs und anschließend aus Perspektive des CPOs vorgestellt.

Hervorzuheben ist auf MSP-Seite der Schlüsselfaktor CPO-Anbindung. Er gilt seitens MSP als einziges ambivalentes Systemelement, was bedeutet, dass die Anbindung von CPOs das System gleichermaßen beeinflusst, wie es von dem System beeinflusst wird. Dies ist darin begründet, dass die Anbindung einer höheren Anzahl von CPOs zu der Erschließung einer höheren Anzahl von Ladepunkten führt. Jedoch wird die Anbindung der CPOs aufgrund vieler einzelner anderer Schlüsselfaktoren indirekt beeinflusst. Dies geschieht dahingegen, dass sich CPOs abhängig von ihren technischen Funktionen der Ladesäule oder aber abhängig von der Anzahl aktiver Märkte anbinden. Zu den aktiven Systemelementen, jene die das System stark beeinflussen allerdings nur geringfügig beeinflusst werden, zählt das eRoaming. Dies ist



darin begründet, dass durch ein aktives eRoaming Zugang zu einer höheren Anzahl an Ladepunkten in vielen Regionen und somit auch ein höherer Abdeckungsgrad erzielt wird. Außerdem beeinflusst das eRoaming allerdings auch die unterschiedlichen Kostenfaktoren, da dies auch erhöhte Kosten impliziert. Klassische passive Systemelemente werden von dem System stark beeinflusst und beeinflussen dabei dieses nur in geringem Maße. In diesem Feld bewegen sich die initialen und die laufenden Kosten. Da Kosten nur aufgrund von Ausgaben entstehen, haben diese lediglich eine Passivsumme, und somit keinerlei Einfluss auf andere Faktoren des Systems. Der hohe Einfluss, der jedoch auf die Kostenfaktoren ausgeübt wird, ergibt sich aufgrund dessen, dass jene sich parallel mit vermehren zusätzlichen Funktion oder durch eine höhere Anzahl an Ladepunkt automatisch erhöhen. Viele weitere Einflussfaktoren lokalisieren sich in der puffernden oder niedrig ambivalenten Kategorie. Sie werden lediglich gering von dem System beeinflusst und beeinflussen dieses auch nur in geringem Maße. Die einzelnen Schlüsselfaktoren, kategorisiert in einem Portfolio, sind in Abbildung 19 visualisiert.

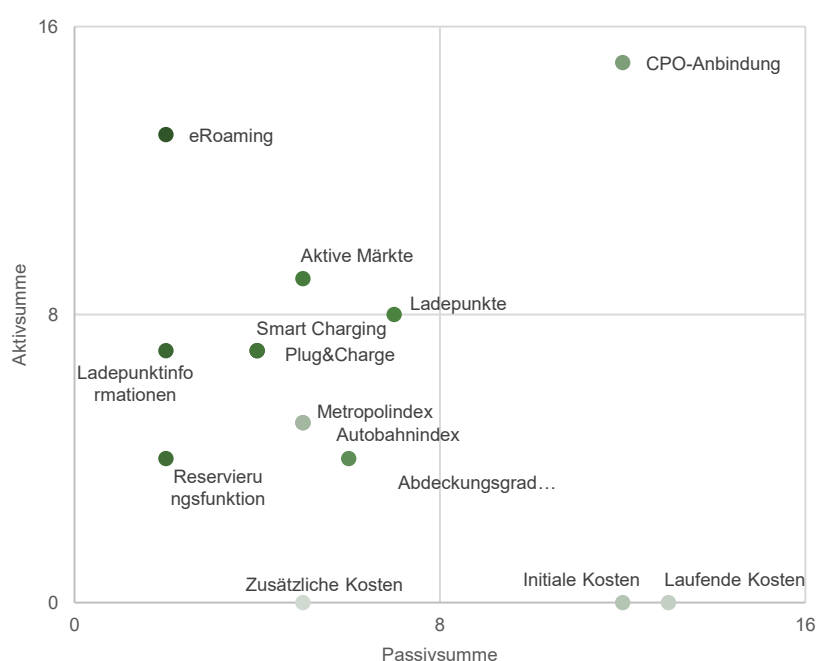


Abbildung 19: Portfolio-Auswertung der Vernetzungsmatrix, MSP-Perspektive<sup>170</sup>

Abbildung 20 zeigt die Wirkungszusammenhänge der Schlüsselfaktoren aus Perspektive eines CPOs auf. Im Allgemeinen sind aus CPO-Sicht die einzelnen Schlüsselfaktoren gleichermaßen in dem Portfolio verteilt. Das Pendant zum Schlüsselfaktor CPO-Anbindung bildet in diesem Fall die MSP-Anbindung, welcher sich ebenfalls als ambivalentes Systemelement aufstellt. Der hohe Einfluss auf das Gesamtsystem, ist in der damit verbunden hohen Anzahl aktiver Märkte, sowie den anfallenden Kosten verbunden. Außerdem ist die Intensität der MSP-

<sup>170</sup> Eigene Darstellung

Anbindung primär bedingt durch ein spezielles eRoaming-System oder durch weitere technologische Faktoren. Auch aus CPO-Perspektive gilt der Schlüsselfaktor eRoaming als aktives Systemelement. Aufgrund des starken Einflusses auf die Anzahl aktiver Märkte und die MSP-Anbindung wirkt dieser Faktor mit hoher Intensität auf das Gesamtsystem. Gleichzeitig wird er vom System nur schwach beeinflusst. Die initialen und laufenden Kosten bewegen sich hier im Feld der passiven Systemfaktoren, da sie abhängig der entsprechenden Technologie und Marktanbindung stark geprägt werden, jedoch nicht aktiv einen Einfluss auf das System ausüben.

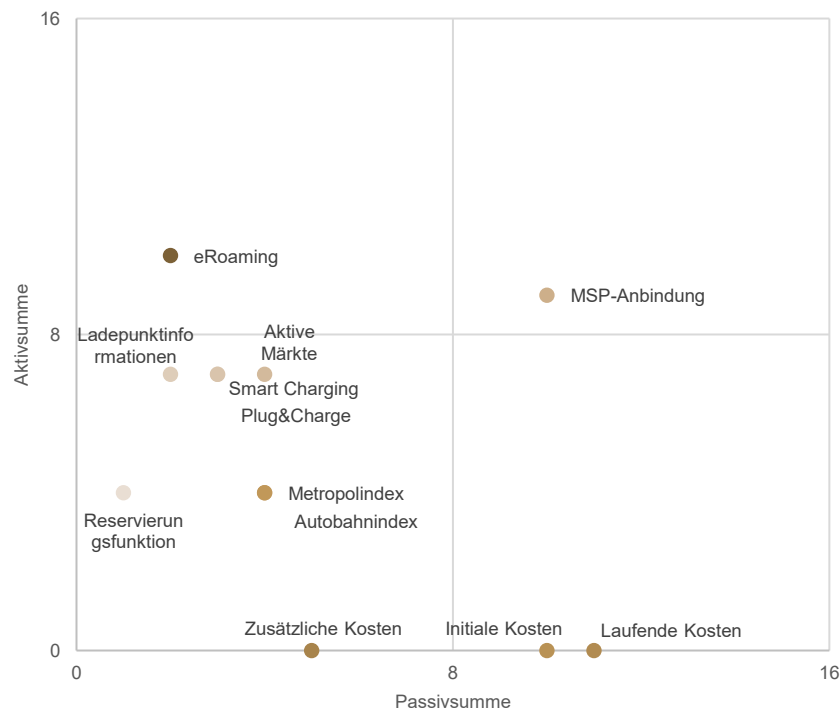


Abbildung 20: Portfolio-Auswertung der Vernetzungsmatrix, CPO-Perspektive<sup>171</sup>

## 4.4 Szenarioanreicherung und Beschreibung

Gemäß dem Prozess der Szenario-Analyse nach Burmeister erfolgt im letzten Schritt der Szenario-Entwicklung die Präzisierung der Zukunftsbilder in Form eines Szenario-Writings. Hierbei ist es Ziel, die Szenarien in eine kommunizierbare Form zu bringen.<sup>172</sup> Die Beschreibung der unterschiedlichen Szenarien erfolgt auf Basis der zuvor durchgeführten Analysen. Im Falle dieser Arbeit bilden die Analysen der Informations- und Kommunikationstechnologien zwischen MSP und CPO (Abschnitt 3.6.3) und die Analyse der Schlüsselfaktoren (Abschnitt 4.1

<sup>171</sup> Eigene Darstellung

<sup>172</sup> Vgl. Mietzner, 2009, S. 132.

bis 4.3) eine essentielle Basis zur Beschreibung der Szenarien. Zudem fließen in diesem Prozessschritt potentielle Störereignisse (Wild Cards) mit ein, wobei Beeinflussungen der Szenario-Entwicklung aufgezeigt werden können.

Die Bildung und Definition der Szenarien, beziehungsweise der projektspezifischen Rahmenbedingungen technischer Anbindungsmöglichkeiten, basiert auf der Verknüpfung der zuvor durchgeführten Analysen. In Abschnitt 3.6.3 wurde bereits ausführlich erläutert, wie die Kommunikation zwischen CPO und MSP, im Rahmen des in Deutschland üblichen eRoaming-Modells, funktionell erfolgen kann. Erfolgt die technische Anbindung eines Elektromobilitätsdienstes auf Grundlage des eRoaming-Prinzips, bestehen drei unterschiedliche Varianten und somit Szenarien für die Zukunft. Bedingt durch Störereignisse kann dies dennoch beeinflusst werden. Aus diesem Grund müssen jene zunächst lokalisiert und analysiert werden.

Die Analyse der jeweiligen Situation der Szenarien erfolgt auf Basis von Studien, Ankündigungen und Expertenmeinungen. Hieraus werden Prognosen für die Zukunft abgeleitet.

#### **4.4.1 Analyse der Störereignisse „Wild Cards“**

Wie bereits in Abschnitt 3.6.3 beschrieben ist auf dem deutschen Markt das sogenannte eRoaming-Prinzip, in dem eine Kommunikation zwischen CPO und MSP über ein sogenanntes Clearing House erfolgt, etabliert. Neben diesem Prinzip besteht jedoch zudem die Möglichkeit einer direkten Verbindung, und somit einem direkten Kommunikationsaustausch zwischen dem CPO und dem MSP. Diese direkte Verbindung nennt sich Peer-to-Peer Verbindung und basiert auf bilateralen Verträgen zwischen den einzelnen Beteiligten. Erfolgt die Kommunikation somit nicht über ein Clearing House, sondern über ein Peer-to-Peer-Protokoll, sind wie bereits erwähnt eine Vielzahl einzelner Verträge vonnöten. Eine Studie von ElaadNL hat diesbezüglich eine Formel eröffnet, die die Anzahl der nötigen Verbindungen abhängig von der Anzahl der Partner errechnet. Diese lautet wie folgt:<sup>173</sup>

$$\text{Anzahl nötiger Verbindungen} = \frac{n(n-1)}{2}$$

Demnach würde der Aufbau eines beispielhaften Netzwerks von zehn Partnern dazu führen, dass 45 einzelne Verbindungen aufgebaut werden müssen. Diese hohe Anzahl einzelner Verbindungen hat zur Folge, dass eine Anbindung dieser Art mit wesentlich höheren Kosten einhergeht. Der primäre Vorteil dieser Anbindung besteht andererseits darin, in keinem Abhängigkeitsverhältnis einer einzelnen Plattform zu stehen.<sup>174</sup>

---

<sup>173</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 58.

<sup>174</sup> Vgl. ElaadNL, 2017, S. 58.

Die Kommunikation innerhalb eines P2P-Netzwerks kann durch das offene Protokoll OCPI (Open Charge Point Interface) umgesetzt werden. Das OCPI-Protokoll wurde von mehreren niederländischen Marktparteien entwickelt und kann in einem bilateralen Kontext eingesetzt werden.<sup>175</sup> Durch den Einsatz des OCPI-Protokolls in einem bilateralen Kontext wird eine attraktive und skalierbare Lösung angeboten, wodurch monetäre Abgaben (Gebühren) und Innovationslimitierungen aufgrund komplexer Systeme durch Clearing-Hubs, vermieden werden.<sup>176</sup>

Die Hauptfunktionen des Protokolls OCPI lauten wie folgt:<sup>177</sup>

1. Autorisierung
2. Austausch von Ladepunktinformationen (einschließlich Echtzeit-Statusaktualisierungen und Transaktionsereignisse)
3. Austausch des Charge Detail Records (CDR)
4. Remotefreischaltung von Ladepunkten
5. Reservierung
6. Austausch von Smart Charging Befehlen zwischen den Parteien

In den Niederlanden gibt es bereits seit dem Jahr 2011 Bestrebungen ein interoperables System zwischen den Anbietern herzustellen, sodass das Ladeerlebnis für den Endkunden möglichst positiv ausfällt.<sup>178</sup> Durch den Einsatz des Open Source Standards OCPI ermöglichten sie frühzeitig landesweit ein einheitliches Identifikations- und Kommunikationssystem.<sup>179</sup>

Wird nun das Peer-to-Peer-Anbindungssystem aus den Niederlanden auf den deutschen Markt projiziert, so würde in dem Ökosystem „Ladeinfrastruktur“ der Akteur „Clearinghouse“ nicht mehr benötigt werden. Aus diesem Grund ergibt sich natürlicherweise eine differenzierte Ausprägung der priorisierten Einflussfaktoren und somit ein Einfluss auf die zu bildenden Szenarien der unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten.

#### **4.4.2 Beschreibung der Szenarien**

Unter Berücksichtigung der bereits erfolgten Analysen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (Abschnitt 3.6.3) und im Bereich der Störereignisse (Abschnitt 4.4.1) werden nun vier verschiedene Szenarien, mit den jeweils entsprechenden Ausprägungen der Schlüsselfaktoren abgeleitet. Beschrieben werden hierbei drei unterschiedliche Szenarien im Bereich des eRoaming-Anbindungsmodells, sowie ein Szenario eines potentiellen Peer-to-

---

<sup>175</sup> Vgl. Living Lab Smart Charging, 2017, S. 34.

<sup>176</sup> Vgl. Netherlands Knowledge Platform for Charging Infrastructure [NKL], 2017, S. 7.

<sup>177</sup> Vgl. NKL, 2017, S. 7.

<sup>178</sup> Vgl. Nederland Elektrisch, 2018.

<sup>179</sup> Vgl. VDE Verband der Elektrotechnik, 2017, S. 16.

Peer-Anbindungsmodells. Diese basieren auf unterschiedlichen Kommunikationsstandards und -protokollen, weshalb sie separat voneinander zu untersuchen sind. Das Hsubject-Szenario basiert auf dem Open InterCharge Protokoll (OICP), das E-clearing.net-Szenario auf dem Open Clearing House Protokoll (OCHP) und das Gireve-Szenario auf dem eMobility Inter-Operation Protokoll (eMIP). Die Auswahl dieser drei Clearing Houses als Basis der Szenarien ist darin begründet, dass diese europa- und deutschlandweit zu den bekanntesten und etabliertesten Systemen gezählt werden.<sup>180</sup> Abbildung 21 veranschaulicht eine Übersicht der gebildeten Szenarien.

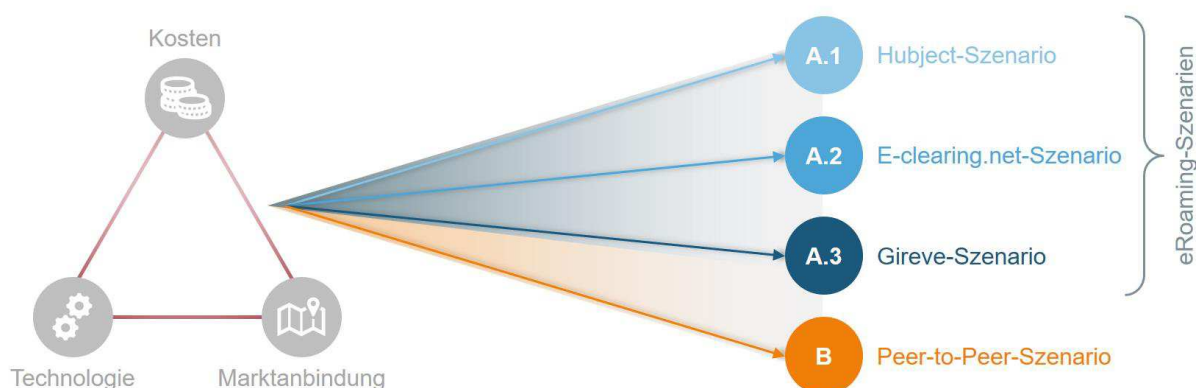


Abbildung 21: Szenario-Bildung<sup>181</sup>

#### 4.4.2.1 Die e-Roaming-Szenarien (A.1 – A.3)

In einem E-Roaming-Modell werden durch E-Roaming-Plattformen verschiedene Anbieter separater Ladeinfrastrukturlösungen miteinander verbunden. Auf diese Weise wird dem EV-Nutzer ein einheitlicher und barrierefreier Zugang zu einer Vielzahl von Ladestationen ermöglicht. Alle öffentlichen Ladestationen, die sich in dem Verbund der jeweiligen Plattform befindet, sind somit zugänglich für den EV-Nutzer. Die Anwendung internetbasierter Navigationsdienste, in Kombination mit bargeldlosen Bezahlungsmöglichkeiten erhöhen zudem die Flexibilität des Ladevorgangs für den Kunden. Dies wiederum steigert das Befinden eines kundenfreundlichen Ladeerlebnisses.<sup>182</sup>

Im Folgenden wird zunächst beschrieben, wie sich die einzelnen Schlüsselfaktoren in Abhängigkeit des jeweiligen Szenarios verhalten. Daran anschließend erfolgt eine zusammenfassende narrative Beschreibung der drei eRoaming-Szenarien. In diesem Schritt werden außerdem die Faktoren betrieblicher Aufwendungen vorerst vernachlässigt. Sie werden jedoch in

<sup>180</sup> Vgl. Living Lab Smart Charging, 2017, S. 33.

<sup>181</sup> Eigene Darstellung

<sup>182</sup> Vgl. Thomas, Nüttgens & Fellmann, 2017, S. 267.

den Abschnitten 6.2 und 6.3, anhand einer wirtschaftlichen Betrachtung auf Grundlage von zuvor definierten Anwendungsfällen näher untersucht und bewertet.

Das **Hubject-Szenario (A.1)** geht von einem Kommunikationsstandard über das OICP-Protokoll aus. Die Ausprägung der technologischen Faktoren ist demnach aus den Funktionen des OICP-Protokolls abzuleiten. Das **E-clearing.net-Szenario (A.2)** setzt den Kommunikationsstandard OCHP-Protokoll voraus. Auch in diesem Szenario sind die Charakteristiken der technologischen Faktoren dem OCHP-Protokoll zu entnehmen. Im **Gireve-Szenario (A.3)** wird ein Kommunikationsstandard über das eMIP-Protokoll vorausgesetzt, weshalb die Ausprägungen hier aus diesem Protokoll abzuleiten sind. Die jeweiligen Ausprägungen der Marktanbindungsfaktoren sind auf Basis von Studien, Ankündigungen, Online-Recherchen, Expertenmeinungen, sowie P3-interner Daten für die jeweiligen Szenarien abzuleiten. Die Ergebnisse und Erkenntnisse sind im Verlauf dieses Kapitels zusammenfassend beschrieben. Anhang 4 enthält zudem die zugrunde gelegte Datenbasis dieser Erkenntnisse.

Da auf die technologischen Inhalte der einzelnen Kommunikationsstandards und Protokolle bereits in Abschnitt 3.6.3 detailliert eingegangen wurde, werden diese an dieser Stelle nicht nochmals erläutert. In Abbildung 22 sind die jeweiligen technologischen Ausprägungen der Protokolle und somit die der Szenarien zusammengefasst aufgeführt. Auch die Charakteristiken der Schlüsselfaktoren der Marktanbindung sind zusammengefasst enthalten.

Um jedoch die Ausprägungen der Faktoren der Marktanbindung für die einzelnen Szenarien bestimmen zu können, ist zunächst eine vertiefte Betrachtung der einzelnen Schlüsselfaktoren vonnöten.

		eRoaming-Szenarien			
Szenariobezeichnung		A.1 Hubject	A.2 E-clearing.net	A.3 Gireve	
Rahmen- bedingungen	Kommunikationsprotokoll	OICP	OCHP	eMIP	
	Version	2.2	1.4	1.0.2/0.7.4	
	Stand	März 2018	August 2016	Februar 2016	
Schlüsselfaktoren	Technologie	eRoaming	Ja	Ja	Ja
		Reservierungsfunktion	Ja	Ja	Nein
		Smart Charging	Nein	Nein (nur OCHPdirect)	Ja
		Ladepunktinformationen	Ja	Ja	Ja
		Plug&Charge	Ja	Nein	Nein
	Marktanbindung	Aktive Märkte	24	17	21
		Ladepunkte (Gesamtnetz)	84.112	24.567	64.330
		Abdeckungsgrad (Deutschland)	77%	75%	42%
		CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	sehr hoch	hoch	mittel
		CPO-Anbindung (Deutschland)	mittel	hoch	gering
		MSP-Anbindung	hoch	mittel	sehr hoch
		Metropolindex	27%	85%	34%
		Autobahnindex	96%	62%	29%

Abbildung 22: Zusammenfassung der entwickelten eRoaming-Szenarien<sup>183</sup>

Unter genauer Betrachtung aktiver Märkte der unterschiedlichen Clearing-Stellen ist festzustellen, dass diese europaweit auf länderbasierender Höhe relativ ähnlich vertreten sind. Im Hinblick auf das globale und gesamte Netz hingegen, lassen sich Unterschiede aufzeigen, welche zusätzlich in Abbildung 23 verdeutlicht werden. Hierbei ist festzustellen, dass Hubject in insgesamt 24 Ländern global vertreten ist<sup>184</sup>. Hubject ist in Bezug auf diesen Schlüsselfaktor vergleichen zu den anderen Clearingstellen am besten aufgestellt. Mit 17 angebotenen Ländern, stellt E-clearing.net das Szenario dar, mit der global betrachtet am geringsten vertretenen Präsenz.<sup>185</sup> Gireve stellt mit 21 abgedeckten Ländern das Mittelfeld dar<sup>186</sup>.

<sup>183</sup> Eigene Darstellung<sup>184</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018i.<sup>185</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018b.<sup>186</sup> Vgl. Gireve, 2018c.

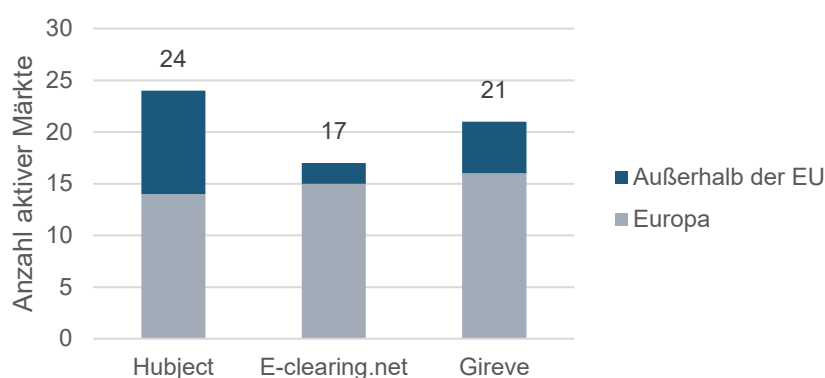


Abbildung 23: Anzahl aktiver Märkte der eRoaming-Szenarien<sup>187</sup>

Der zweite in Abschnitt 4.2 festgelegte Schlüsselfaktor handelt von der Größe des Gesamtnetzwerks der Clearingstellen und soll somit Aussage darüber geben, wie viele Ladepunkte durch das jeweilige Szenario erreicht werden können. Abbildung 24 zeigt an dieser Stelle deutlich, dass Hubject das größte Gesamtnetzwerk aufweisen kann. Das gesamte Intercharge-Roaming-Netzwerk, das Hubject seinen Partnern zur Verfügung stellt, beinhaltet eine Gesamtsumme von 84.112 Ladepunkten (Stand: Oktober 2018).<sup>188</sup> Hiervon befinden sich zirka 55.000 Ladepunkte in Europa und knapp 30.000 Ladepunkte in außereuropäischen Regionen. Hervorstechend ist hierbei die vergleichsweise hohe Anzahl von zirka 26.000 Ladepunkten in den Niederlanden. Allerdings nimmt auch Deutschland, mit 9.387 Ladepunkten einen sehr großen Anteil ein. Insgesamt beläuft sich die Anbindung in deutschsprachigen Ländern, Deutschland, Österreich und der Schweiz, auf knapp 16.000 Ladepunkte.<sup>189</sup> E-Clearing.net stellt mit 24.567 angebundenen Ladepunkten ein vergleichsweise geringer ausge dehntes Gesamtnetzwerk dar, das sich primär auf europäische Märkte beschränkt. Die Anbindung an deutsche Ladepunkte ist verglichen zu Hubject ähnlich und beläuft sich auf 9.129 Ladepunkte. Auch die Niederlande machen gut 11.500 Ladepunkte des Gesamtnetzwerks von E-clearing.net aus und bilden somit einen Anteil von zirka 47 Prozent. Der Anteil von Ladepunkten in deutschsprachigen Ländern beläuft sich bei E-clearing.net auf gut 10.000 Ladepunkte.<sup>190</sup> Gireve bildet mit insgesamt 64.330 angebundenen Ladepunkten den mittleren Bereich. Auch die Lokalität der Ladepunkte von Gireve befinden sich primär in europäischen Regionen. Lediglich 225 Ladepunkte befinden sich außerhalb der EU. In Deutschland hat Gireve zirka 5.068 Ladepunkte in seinem Gesamtnetzwerk enthalten. Im deutschsprachigen Raum beläuft sich die Anzahl der Ladepunkte auf rund 6.700, womit sie die geringste Abdeckung

<sup>187</sup> Eigene Darstellung

<sup>188</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018d.

<sup>189</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018d.

<sup>190</sup> P3 automotive GmbH, 2018b, Vgl.



verglichen zu den anderen beiden Szenarien darstellen würde. Auffällig bei Gireve ist hingegen die Anzahl der Ladepunkte in Frankreich. Die französischen Ladepunkte stellen hier den größten Anteil dar und bilden rund 33 Prozent des Gesamtnetzwerkes von Gireve. Dies lässt sich darin begründen, dass Gireve eine Organisation mit französischem Ursprung ist und dort sehr etablierte Anwendung gilt. Dennoch ist die Präsenz auf dem gesamten europäischen Lademarkt nicht zu vernachlässigen.<sup>191 192</sup>

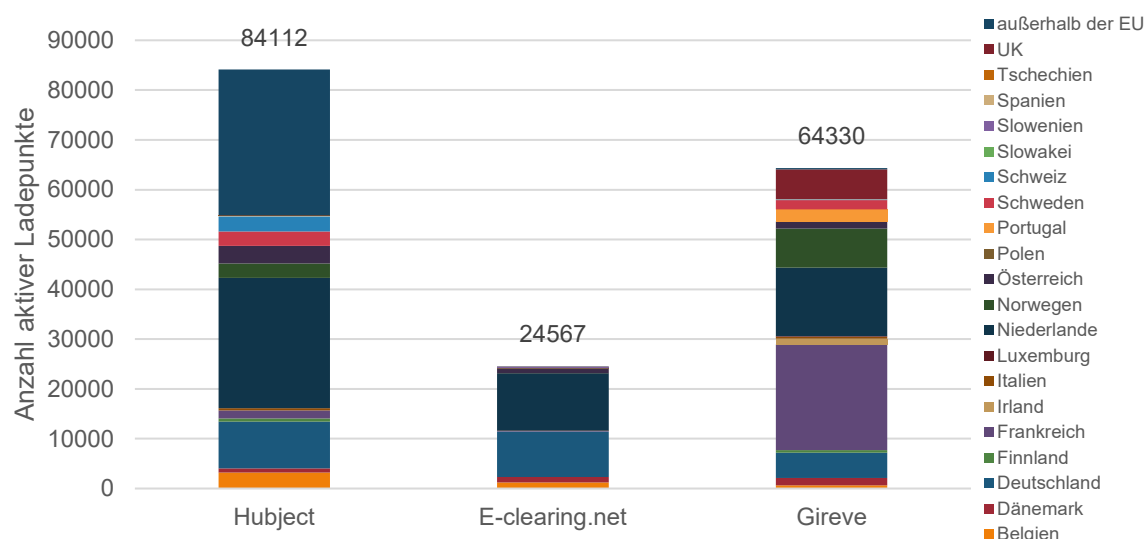


Abbildung 24: Ladepunkte des Gesamtnetzwerks der eRoaming-Szenarien<sup>193</sup>

Um nun speziell die Abdeckung und Präsenz auf dem deutschen Lademarkt vergleichen zu können, wurde als dritter Schlüsselpunkt ein Abdeckungsgrad für Deutschland bestimmt. Dieser ergibt sich aus dem Quotienten der Ladepunktzahl, die in Deutschland an die jeweilige Clearingstelle angeschlossen sind und der Gesamtanzahl der öffentlichen Ladepunkte in Deutschland, und bildet somit folgende Formel:

$$\text{Abdeckungsgrad Deutschland [\%]} = \frac{\text{Ladepunkte Deutschland Clearinghouse}}{\text{Öffentliche Ladepunkte Deutschland}} * 100$$

Die Basis, die Gesamtanzahl der öffentlichen Ladepunkte in Deutschland, beträgt 12.134 Ladepunkte, wie sie bereits in Abschnitt 3.2 ermittelt wurde. Ergebnis hat sich hierbei ein relativ hoher Abdeckungsgrad des öffentlichen deutschen Ladenetzes von 77 Prozent durch die Anbindung mit Hubject, sowie 75 Prozent mittels des E-clearing.net-Szenarios. Lediglich das Gireve-Szenario deckt mit nur 42 Prozent einen geringeren Anteil des deutschen Ladenetzes ab.

<sup>191</sup> Vgl. Smatrix, 2017, S. 11.

<sup>192</sup> P3 automotive GmbH, 2018c, Vgl.

<sup>193</sup> Eigene Darstellung

Als weiteren Schlüsselfaktor bezüglich einer potentiellen Anbindungsmöglichkeit wurde die CPO-Anbindung priorisiert. Hierbei unterscheiden sich die eRoaming-Szenarien sehr deutlich, was in Abbildung 25 veranschaulicht wird. Die Untersuchung hat ergeben, dass global gesehen in dem Hubject-Szenario Kontakt zu 245 CPOs geknüpft werden würde.<sup>194</sup> Durch eine Anbindung mit E-Clearing.net würde eine Verbindung zu 197 CPO-Partnern<sup>195</sup> entstehen und durch die Anbindung mit Gireve eine Verbindung zu 153 CPOs<sup>196</sup>. Mit einem Blickwinkel auf den deutschen Markt ändern sich die Positionen hingegen. Hierbei stellt das E-Clearing.net-Szenario den größten Anteil an CPO-Kooperationen dar, mit insgesamt 163 Partnerschaften zu deutschen CPOs.<sup>197</sup> Hubject besitzt lediglich Kooperationen zu 98 deutschen CPOs<sup>198</sup> und Gireve wiederum lediglich zu 20 CPOs in Deutschland<sup>199</sup>. Bezüglich Gireve spiegelt sich in dieser Analyse der zuvor ermittelte Abdeckungsgrad für Deutschland wieder. Bei Hubject und E-clearing.net hingegen ist der Abdeckungsgrad relativ ähnlich, dennoch haben sie eine sehr unterschiedliche Anzahl an aktiven CPO-Kooperationen. Dies ist darin begründet, dass E-clearing.net als Plattform betreiben wird, ohne die Absicht Gewinn zu erzielen.<sup>200</sup> Es entstanden Kooperation mit einigen deutschen Stadtwerken, weshalb viele vergleichsweise kleine CPOs integriert sind. Hubject hingegen ist bedingt durch seine Gesellschafter, wie BMW, Daimler, Volkswagen, Bosch, Siemens, primär in Kontakt mit größeren Betrieben der Automobilbranche.<sup>201</sup> Aus diesem Grund kooperiert Hubject größtenteils mit vergleichsweise größeren Unternehmen der Automobilbranche, wodurch sie weniger CPO-Kooperationen aufweisen können, aber dennoch eine hohe Anzahl angebundener Ladepunkte. Eine zusammenfassende Einschätzung der CPO-Anbindung wurde basierend auf den globalen Kooperationspartnerschaften der Clearingstellen durchgeführt. Somit wäre eine CPO-Anbindung bzgl. des Gesamtnetzwerks durch das Hubject-Szenario als „sehr hoch“ definiert. Die CPO-Anbindung durch E-clearing.net ist als „hoch“ und jene über das Gireve-Szenario ist als „mittel“ festgelegt. Unter Fokussierung des deutschen Marktes ist die CPO-Anbindung jedoch im Hubject-Szenario als „mittel“, im E-clearing.net-Szenario als „hoch“ und im Gireve-Szenario als „gering“ zu bewerten.

---

<sup>194</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018d.

<sup>195</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018b.

<sup>196</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018c.

<sup>197</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018b.

<sup>198</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018d.

<sup>199</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018c.

<sup>200</sup> Vgl. ladenetz.de, 2014.

<sup>201</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018i.

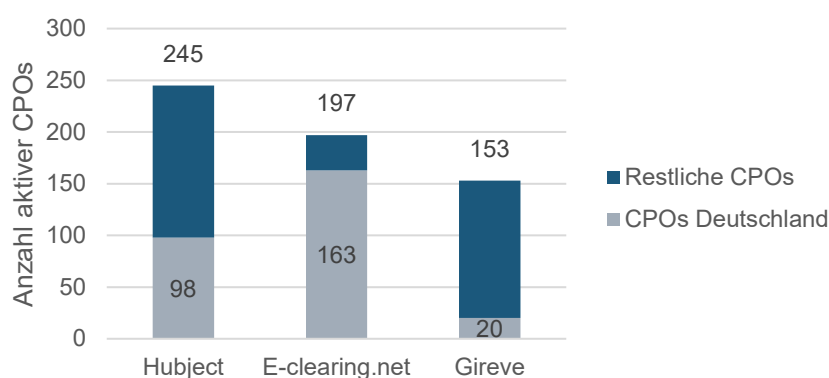


Abbildung 25: Anzahl aktiver CPOs der eRoaming-Szenarien<sup>202</sup>

Als weiterer priorisierter Schlüsselfaktor gilt die MSP-Anbindung. Bei der Untersuchung dieses Faktors wurde festgestellt, dass eine quantitative Bewertung der aktiven MSP-Kooperationen direkt nicht möglich ist. Da es nicht möglich war, an auswertbare Informationen zu gelangen. Aus diesem Grund musste erfolgt die Bewertung und Einschätzung der MSP-Anbindung in den jeweiligen Kriterien lediglich aus qualitativer Perspektive und ist in Abbildung 26 dargestellt. Um eine qualitative Bewertung abzugeben, wurden zunächst adäquate MSP Akteure bezüglich der Szenarien ermittelt. Diese sind: ChargeNow, NewMotion, PlugSurfing, DKV, Chargemap, driivz, novoFleet.<sup>203</sup> Die MSPs wurden aufgrund ihrer Netzwerkgröße ausgewählt und geben auf diese Weise Auskunft über ihre Größenordnung und somit über die Ausprägung ihrer MSP-Anbindungsfunktion. Mittels Online-Recherchen konnten diverse Kooperationen der Clearingstellen zu MSPs identifiziert werden. Somit kann die MSP-Anbindung über Hubject qualitativ als „hoch“ beschrieben werden, da dieses Szenario 82 Prozent der ausgewählten MSP-Netzwerke abdeckt.<sup>204</sup> Das Szenario E-clearing.net kann bezüglich seiner MSP-Anbindung als „mittel“ eingeschätzt werden, da dieses Szenario mit lediglich 61 Prozent der ausgewählten MSP-Netzwerke kooperiert.<sup>205</sup> Das Gireve-Szenario hingegen kooperiert mit 99 Prozent der ausgewählten MSP-Netzwerke. Somit kann die MSP-Anbindung von Gireve als „sehr hoch“ definiert werden.<sup>206</sup>

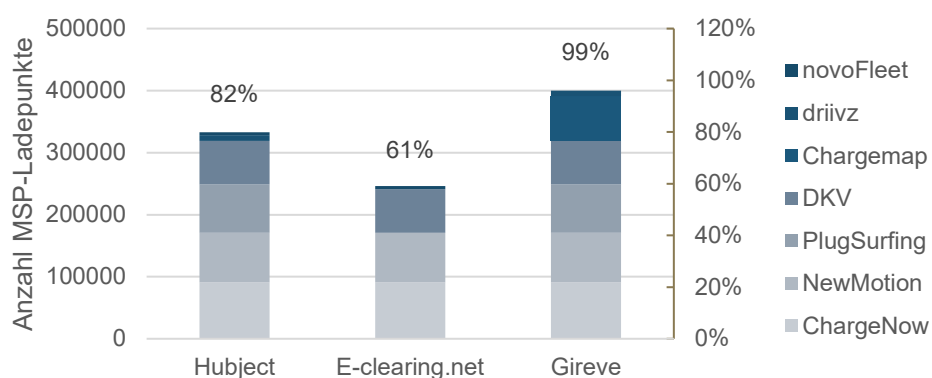
<sup>202</sup> Eigene Darstellung

<sup>203</sup> Vgl. P3 automotive GmbH, 2018e.

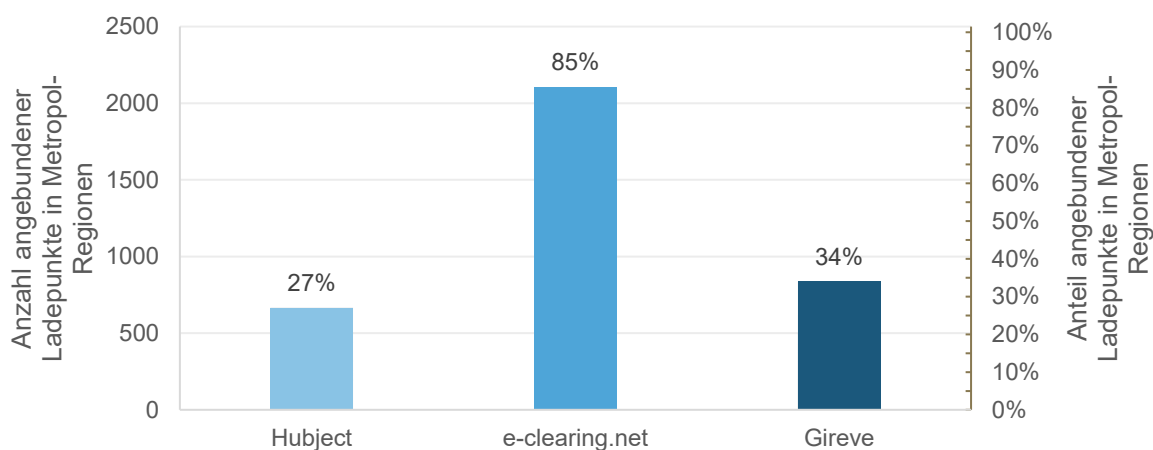
<sup>204</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018c.

<sup>205</sup> Vgl. e-clearing.net, 2018b.

<sup>206</sup> Vgl. Gireve, 2018c.

Abbildung 26: MSP-Anbindung der eRoaming-Szenarien<sup>207</sup>

Anschließend erfolgt die Bewertung des Schlüsselfaktors Metropolindex. Der Metropolindex beschreibt die Anzahl beziehungsweise die Abdeckung von metropolstädtischen Ladepunkten. Basis dieser Analyse bildet die zuvor durchgeführte Untersuchung der deutschen Ladeinfrastruktur in Metropolregionen aus Abschnitt 3.2. Bei dieser Analyse wurden die zuvor ermittelten Ladepunkte, die in einer Metropolregion Deutschlands lokalisiert wurden, nach ihrer Kooperation zu der jeweiligen Clearingstelle untersucht. Abbildung 27 veranschaulicht diesbezüglich ein eindeutiges Ergebnis. Mittels der Anbindung über die Clearingstelle Hubject würden lediglich 27 Prozent der metropolgelegenen Ladepunkte abgedeckt werden. Wohingegen durch eine Anbindung über das Netzwerk von E-clearing.net 85 Prozent diese Ladepunkte abgedeckt werden würde. Selbst in dem Gireve-Szenario würden 34 Prozent der metropolgelegenen Ladepunkte erreicht werden, obwohl sie lediglich einen Abdeckungsgrad von 42 Prozent in Deutschland aufweisen konnte.

Abbildung 27: Auswertung des Metropolindex der eRoaming-Szenarien<sup>208</sup><sup>207</sup> Eigene Darstellung<sup>208</sup> Eigene Darstellung

Eine detaillierte Darstellung der einzelnen Metropolregionen erfolgt in Abbildung 28. Unter dieser Betrachtung fällt außerdem auf, dass durch keines dieser Szenarien Ladepunkte in Köln, in angemessenem Maße, angebunden werden. Daneben ist die Verteilung in Düsseldorf deutlich auffallend. Hier ist lediglich E-clearing.net prädominant vertreten. Auch in Leipzig ist allein eine Clearingstelle im Fokus. Lediglich Hubeject ist hier vertreten und hat eine Kooperation zu den städtischen Ladesäulenbetreibern.

Die Regionen Stuttgart und Dortmund hingegen stellen das gänzliche Gegenstück zu den zuvor erläuterten Ausprägungen dar. Hier sind alle drei Szenarien in vergleichsweise ähnlichem Maße aktiv und an die städtische Ladeinfrastruktur angebunden. Hervorzuheben sind außerdem die Städte Berlin, Hamburg und München. Hier ist zwar eine Anbindung über E-clearing.net dennoch am geeignetsten, dennoch sind Hubeject und Gireve zusätzlich vertreten.

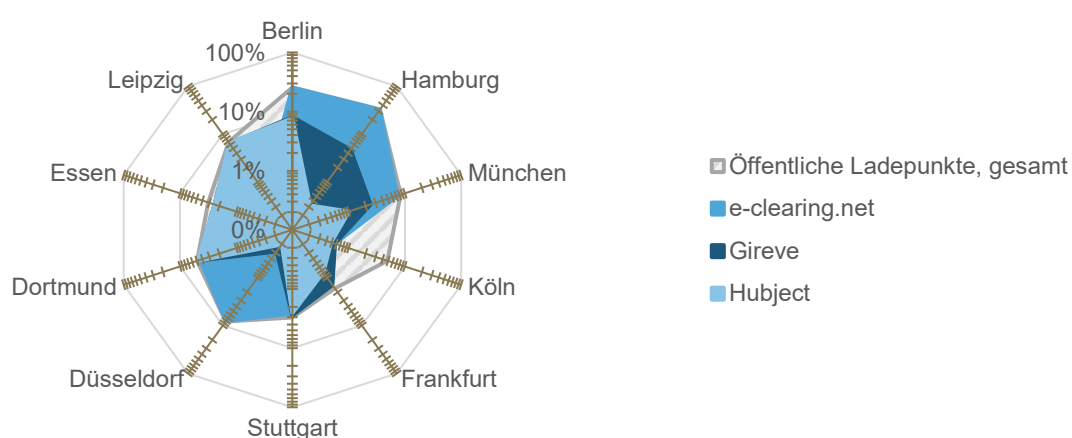


Abbildung 28: Anteil angebundener Ladepunkte der eRoaming-Szenarien pro Metropol-Region<sup>209</sup>

Der letzte Schlüsselfaktor der Kategorie Marktanbindung beinhaltet die Anzahl beziehungsweise die Abdeckung von Ladepunkten in Autobahnregionen. Auch an dieser Stelle bildet die zuvor durchgeführte Untersuchung der öffentlichen Ladepunkte in Deutschland die Grundlage. In Abschnitt 3.2 wurden bereits Betreiber und Anschlüsse der Ladepunkte mit direktem Zugang zu einer Autobahn identifiziert und analysiert. Abbildung 29 stellt bezüglich dieses Schlüsselfaktors die Ergebnisse dar. Es lässt sich feststellen, dass Hubeject am besten an das deutsche Autobahn-Ladenetz angebunden ist. Mit einem 96-prozentigen Anteil angebundener Ladepunkte in Autobahn-Regionen, deckt Hubeject nahezu jede Ladesäule an Deutschlands Autobahnen ab. Mit dem E-Clearing.net-Szenario würde ein Abdeckungsgrad von 62 Prozent der Autobahn-Ladepunkte erzielt werden. Mit dem Gireve-Szenario hingegen, würde lediglich zu 29 Prozent der Autobahn-Ladepunkte eine Kooperation entstehen.

<sup>209</sup> Eigene Darstellung

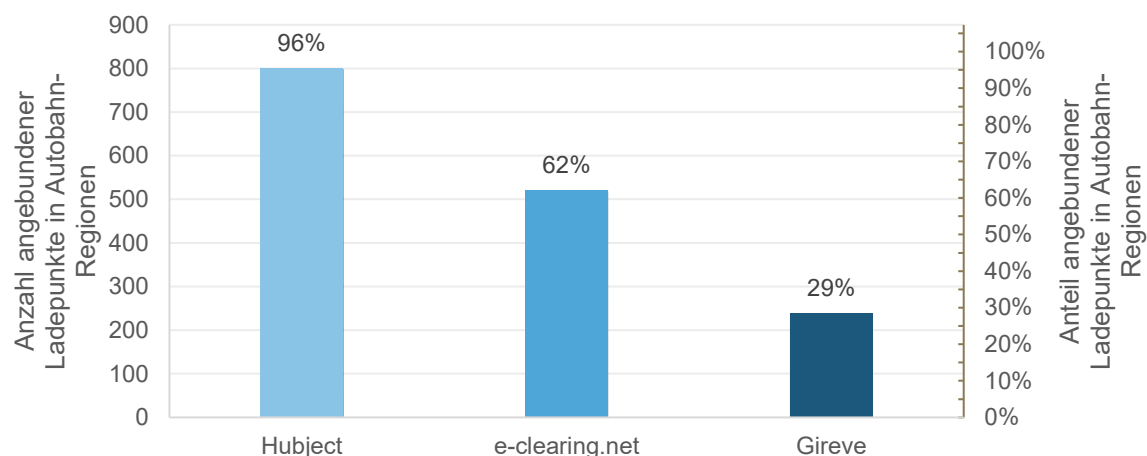


Abbildung 29: Auswertung des Autobahnindex der eRoaming-Szenarien<sup>210</sup>

Bei weiteren Untersuchungen bezüglich der Ladeleistungen ließ sich außerdem feststellen, dass einige der neuwertigen Ultraschnell-Ladepunkte, mit einer Ladeleistung von mindestens 150 kW, von keiner der Clearingstellen bislang angebunden sind. Lediglich die Hälfte dieser Ladepunkte sind durch das Hubject- und das Gireve-Szenario abzudecken. Allerdings kann mittels des E-clearing.net-Szenarios keiner der vorhandenen Ultraschnell-Ladepunkte in Deutschland abgedeckt werden.

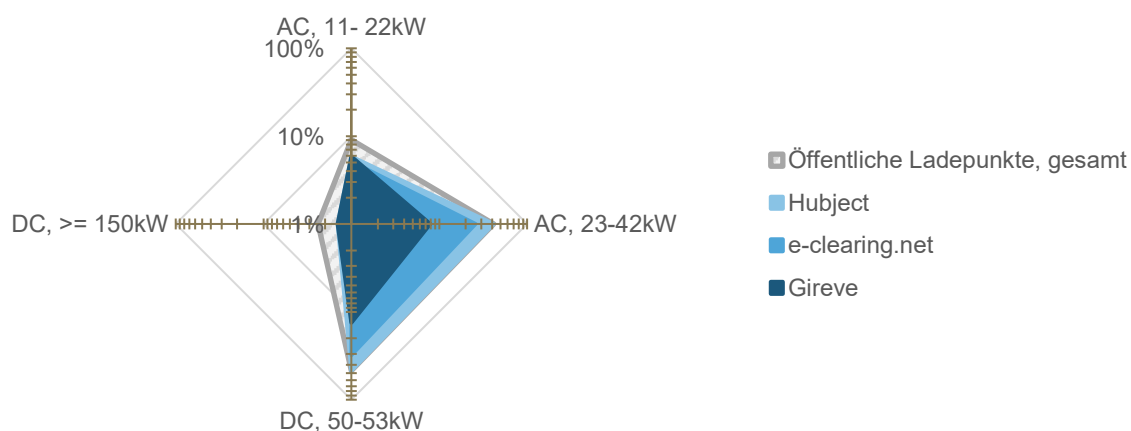


Abbildung 30: Anteil angegebener Ladepunkte der eRoaming-Szenarien in Autobahn-Regionen, sortiert nach Ladeleistung der Ladepunkte<sup>211</sup>

Detaillierte Informationen zu den Auswertungen des Metropol- und Autobahnindex sind in Anhang 4 dokumentiert und beschrieben.

<sup>210</sup> Eigene Darstellung

<sup>211</sup> Eigene Darstellung

Im Verlauf erfolgt eine zusammenfassende narrative Beschreibung dieser Szenarien:

- **Szenario A.1: Hubject:** Im Hubject-Szenario wird die Anbindung eines Elektromobilitätsdienstes über die Clearingstelle Hubject erfolgen. Die Kommunikation in diesem Szenario erfolgt über das OICP-Protokoll. Technologisch gesehen bietet dieses Kommunikationsprotokoll die Möglichkeit, Endkunden die anbieterübergreifende Reservierung von Ladepunkten anzubieten.<sup>212</sup> Zudem ist in dem OICP-Protokoll bereits heute eine Grundlage für die zukünftige Plug&Charge-Kommunikation geschaffen.<sup>213</sup> Jedoch ist bezüglich Smart Charging bislang keine Integration in dem unterstützten Kommunikationsprotokoll enthalten. Unter Gesichtspunkten der Marktanbindung ist in dem Hubject-Szenario eine hohe Abdeckung deutscher Ladepunkte gewährleistet. Insbesondere für einen Elektromobilitätsdienst, der seinen Fokus auf Ladepunkte in Autobahnregionen legt, ist die Anbindung über Hubject zu präferieren. Die Anbindung in metropolstädtischen Regionen hingegen ist eher geringfügig abgedeckt. Mit einem derartigen Fokus wäre lediglich die Hubject-Anbindung nicht empfehlenswert. Die CPO-Anbindung im Hubject-Szenario wäre für einen MSP europaweit sowie global betrachtet sehr positiv. Die davon abgegrenzte Betrachtung der Kooperationen zu lediglich deutschen CPOs fällt in diesem Szenario tendenziell schlechter aus. Aus Perspektive eines CPOs hingegen ist die MSP-Anbindung als positiv zu bewerten. Da Hubject mit einigen nennenswerten MSPs kooperiert, ist davon auszugehen, dass eine hohe Anzahl von Endkunden im Rahmen des Hubject-Szenarios erreicht werden.
- **Szenario A.2: E-clearing.net:** Im E-Clearing.net-Szenario wird die Anbindung eines Elektromobilitätsdienstes über die Clearingstelle e-clearing.net erfolgen. Die Kommunikation erfolgt in diesem Szenario daher über das OCHP-Protokoll. Unter technologischen Gesichtspunkten wird durch die Nutzung dieses Kommunikationsprotokolls auch im E-clearing-net-Szenario die Möglichkeit der Reservierung von Ladepunkten gegeben. Allerdings ist in dem OCHP-Protokoll bislang keine Grundlage für die zukünftige Plug&Charge-Kommunikation zwischen dem EV-Nutzer und der Ladesäule geschaffen. Auch eine entsprechende Kommunikationsgrundlage für künftige Smart Charging-Prozesse ist bislang in dem OCHP-Protokoll nicht etabliert. Lediglich in OCHPdirect ist diese Grundlage geschaffen. Dieses Kommunikationsprotokoll stellt allerdings nicht die Grundlage der Kommunikation über die Clearingstelle e-clearing.net dar.<sup>214</sup> <sup>215</sup> Unter detaillierter Betrachtung der Marktanbindungsfaktoren ist im E-clearing.net-Szenario

---

<sup>212</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018b.

<sup>213</sup> Vgl. Hubject GmbH, 2018g, S. 56.

<sup>214</sup> Vgl. e-clearing.net, 2016.

<sup>215</sup> Vgl. e-clearing.net, 2018a.

eine hohe Abdeckung deutscher Ladepunkte gewährleistet. Speziell für einen MSP oder CPO, der seinen Fokus auf Ladepunkte in metropolstädtischen Regionen legt, ist diese Anbindung zu favorisieren. Im Gegensatz hierzu ist allerdings die Anbindung zu autobahnnahen Ladepunkten eher als mittelmäßig zu bewerten. Aus Perspektive eines MSPs ist jedoch die CPO-Anbindung äußerst vorteilhaft. In dem E-clearing.net-Szenario entsteht für einen MSP Kontakt zu einer hohen Anzahl an CPOs und somit zu vielen Ladepunkten, insbesondere auf dem deutschen Markt. Europaweit oder auch global betrachtet, ist die CPO-Anbindung als mittelmäßig zu bewerten. Die MSP-Anbindung aus Perspektive eines CPOs ist in dem E-clearing.net Szenario als mittelmäßig zu beurteilen. Verglichen zu den anderen Szenarien entsteht in diesem Szenario ein eher geringer Kontakt zu Endkunden, beziehungsweise EV-Nutzern.

- **Szenario A.3: Gireve:** Im Gireve-Szenario wird die Anbindung eines Elektromobilitätsdienstes über die Clearingstelle Gireve erfolgen. Aus diesem Grund erfolgt hier die Kommunikation über das eMIP-Protokoll, das diesem System zugrunde liegt. Die Untersuchung der technologischen Faktoren ergab, dass basierend auf dem eMIP-Protokoll keine Möglichkeit der anbieterübergreifenden Reservierung von Ladepunkten gegeben ist. Außerdem besteht im Gireve-Szenario bislang keine Grundlage für die zukünftige Plug&Charge-Kommunikation. Dennoch ist durch die Kommunikation über das eMIP-Protokoll eine Grundlage für Smart Charging geschaffen.<sup>216</sup> Eingehende Untersuchungen der Charakteristik des Gireve-Szenarios bezüglich der Marktanbindung haben gezeigt, dass eine gesamte Abdeckung deutscher Ladepunkte eher als unzureichend angesehen werden kann. Jedoch ist die Anbindung metropolstädtischer Ladepunkte als mittelmäßig zu bewerten, da sich die Abdeckung dieser Regionen innerhalb des Gireve-Szenarios als höher herausgestellt hat, als jene in dem Hsubject-Szenario. Die Anbindung von Ladepunkten in Autobahn-Regionen hingegen, ist als eher negativ zu bewerten, da diese in den anderen Szenarien deutlich besser abschneidet. Die CPO-Anbindung ist im Gireve-Szenario alles in einem betrachtet als mittelmäßig zu bewerten. Die CPO-Anbindung innerhalb des europäischen und globalen Marktes ist zwar für einen MSP relativ vorteilhaft, da Gireve auf dieser Ebene mit einer eher hohen Anzahl von CPOs zusammenarbeitet. Dennoch ist die CPO-Anbindung in Deutschland in dem Gireve-Szenario eher negativ zu bewerten. Verglichen zu den anderen Szenarien ist hier lediglich eine geringe Kontaktmöglichkeit zu CPOs vorhanden. Die MSP-Anbindung ist für einen CPO jedoch bei Gireve sehr positiv zu bewerten. Da Gireve, genauso wie Hsubject mit einer vielen der nennenswerten MSPs kooperiert, ist

---

<sup>216</sup> Vgl. Gireve, 2016.



davon auszugehen, dass in diesem Szenario eine hohe Anzahl von EV-Nutzern erreicht werden, und somit die Anzahl von Ladevorgängen pro Ladesäule vergleichsweise hoch ausfällt.

#### 4.4.2.2 Das Peer-to-Peer-Szenario (B)

Aufgrund der zuvor erläuterten Störereignisse in Abschnitt 4.4.1 ist neben den eRoaming-Szenarien auch ein Peer-to-Peer-Szenario zu untersuchen. Wie an dieser Stelle bereits erläutert, handelt es sich bei dem Peer-to-Peer-Szenario um ein System, das auf der direkten Kommunikation zwischen MSP und CPO basiert. Diese Kommunikation ist mittels des offenen Kommunikationsstandards OCPI (Open Charge Point Interface) umsetzbar.

Eine zusammenfassende Auflistung der Ausprägungen der priorisierten Schlüsselfaktoren ist in Abbildung 31 zu finden.

		Peer-to-Peer-Szenario	
Szenariobezeichnung		B Peer-to-Peer	
Rahmen- bedingungen	Kommunikationsprotokoll	OCPI	
	Version	2.1.1	
	Stand	Januar 2017	
Schlüsselfaktoren	Technologie	eRoaming	Nein
		Reservierungsfunktion	Ja
		Smart Charging	Ja
		Ladepunktinformationen	Ja
		Plug&Charge	Nein
	Marktanbindung	Aktive Märkte	abhängig von MSP/CPO
		Ladepunkte (Gesamtnetz)	abhängig von MSP/CPO
		Abdeckungsgrad (Deutschland)	abhängig von MSP/CPO
		CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	abhängig von MSP/CPO
		CPO-Anbindung (Deutschland)	abhängig von MSP/CPO
		MSP-Anbindung	abhängig von MSP/CPO
		Metropolindex	abhängig von MSP/CPO
		Autobahnindex	abhängig von MSP/CPO

Abbildung 31: Zusammenfassung des entwickelten Peer-to-Peer-Szenarios<sup>217</sup>

Im Peer-to-Peer-Szenario erfolgt die Anbindung eines Elektromobilitätsdienstes nicht wie bei den vorherigen Szenarien über eine Clearingstelle, sondern über bilaterale Verträge einzelner CPOs und MSPs. Die Kommunikation in diesem Szenario erfolgt daher über das OCPI-Protokoll. Im Abschnitt 4.4.1 wurde bereits auf die technologischen Inhalte und Funktionen dieses

<sup>217</sup> Eigene Darstellung

Kommunikationsprotokolls eingegangen. Daher erfolgt an dieser Stelle lediglich eine zusammenfassende narrative Betrachtung der Charakteristiken des Szenarios bezüglich der einzelnen Schlüsselfaktoren. Technologisch gesehen bietet dieses Kommunikationsprotokoll die Möglichkeit den Endkunden eine anbieterübergreifende Reservierungsoption zu ermöglichen. Auch Grundlage für die Kommunikation zukünftiger Smart Charging Prozesse ist mit dem OCPI geschaffen. Jedoch bietet das OCPI keine Grundlage für den Datenaustausch bezüglich zukünftiger Plug&Charge Prozesse an. Zudem ist der Schlüsselfaktor Roaming in einem vorhandenen anbieterübergreifenden nicht gewährleistet, da lediglich Kontakt zu den Anbietern besteht mit denen auch ein bilateralen Vertrag abgeschlossen wird. Sobald diese Verträge abgeschlossen sind, bietet das Protokoll allerdings die Möglichkeit innerhalb dieses Systems anbieterübergreifend zu roamen. Lediglich das vorhandene Netzwerk ist nicht vorhanden.<sup>218</sup>

Unter Betrachtung der Schlüsselfaktoren, die Aussage über die Marktanbindung des jeweiligen Szenarios beinhalten, ist es an dieser Stelle nicht möglich eine genauere Bewertung abzugeben. Die Charakteristiken dieser Faktoren sind von dem jeweiligen Elektromobilitätsdienst abhängig. Sie verhalten sich fallbedingt und werden im Verlauf dieser Arbeit unter Berücksichtigung der Prämissen der einzelnen Anwendungsfälle festgelegt.

---

<sup>218</sup> Vgl. NKL, 2017.

## 5 Entwicklung von Anwendungsprofilen eines Elektromobilitätsdienstes

Um eine ganzheitliche Bewertung der Anbindungsszenarien durchzuführen, werden Anwendungsfälle aus Sichtweise eines Elektromobilitätsdienstes erstellt. Dazu ist es zunächst erforderlich die allgemeinen Anforderungen eines Anwendungsfalls, die User Factors, zu identifizieren (Abschnitt 5.1). Basierend auf den User Factors werden anschließend konkrete Anwendungsfälle, oder auch Use Cases genannt, abgeleitet (Abschnitt 5.2). Auf diese Weise lassen sich die unterschiedlichen Szenarien in einem speziellen Anwendungsfall miteinander vergleichen und schlussendlich auswerten.

### 5.1 Anforderungsdefinition

Ein Anwendungsfall beinhaltet eine Beschreibung darüber, was ein System leisten soll. Aufgrund dessen, dass die Leistung eines Systems immer mit den Nutzern des Systems in Zusammenhang steht, soll der Anwendungsfall dieses Zusammenwirken ausdrücken. Um Anwendungsfälle definieren zu können, ist es zunächst nötig aufkommende Anforderungen zu identifizieren.<sup>219</sup> Die User Factors beschreiben im Rahmen dieser Arbeit die Anforderungen an die unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten und basieren auf typischen Einsatzgebieten des Untersuchungsgegenstandes. Auf Basis der identifizierten Faktoren werden anschließend die konkreten Anwendungsfälle formuliert und somit einheitlich definiert.

Um an dieser Stelle die Anforderungen zu ermitteln, ist es nötig die Perspektive des Betreibers einzunehmen. Somit stützen die User Factors im Rahmen dieser Arbeit auf der Sichtweise der in Kapitel 4 eingeschlossenen Elektromobilitätsdiensten, also jener der MSPs und der CPOs.

Aktuell typische Profile auf dem Markt oder Einsatzgebiete beider Akteure sind MSPs bzw. CPOs, die lokal oder überregional vertreten sind. Lokal vertretene Akteure sind in der Regel lokale Stadtwerke. Sie haben durch die aufkommende Elektromobilität einen neuen Markt und somit die Chance auf Gewinnmaximierung entdeckt. Überregional vertretene Akteure hingegen sind in der Regel große Energieversorger oder Automobilhersteller und agieren auch zunehmend in der Rolle als MSP oder CPO am Markt.

Die Auflistung der User Factors folgt in Abbildung 32, zusammen mit einer kurzen Beschreibung. Prinzipiell wurde zusätzlich unterschieden, ob es sich um ein quantitatives oder ein qualitatives Merkmal handelt. Ebenso wurde eine Kategorisierung des jeweiligen User Factors

---

<sup>219</sup> Vgl. Staud, 2010, 269, 270.

durchgeführt, die Aussage darüber gibt aus welchem Betrachtungswinkel der Faktor von Relevanz ist.

User Factor		Eigenschaft des User Factors	Beschreibung	Perspektive	
				MSP	CPO
Allgemein	Umsatz [€]	quantitativ	Jährlicher Umsatz des Betreibers	x	x
	Aktive Märkte	quantitativ	Anzahl der Länder, in denen MSP/CPO aktiv ist	x	x
	Betrachtungszeitraum	quantitativ	Betrachtungszeitraum der Anbindungsuntersuchung	x	x
Technologie	eRoaming	qualitativ	Priorisierung des Roamings in einem vorhandenen Netzwerk	x	x
	Reservierungsfunktion	qualitativ	Priorisierung der Möglichkeit einer Reservierungsfunktion	x	x
	Smart Charging	qualitativ	Priorisierung der Grundlage für zukünftige Smart Charging-Kommunikation	x	x
	Ladepunktinformationen	qualitativ	Priorisierung der Möglichkeit des Austauschs von Ladepunktinformationen	x	x
	Plug&Charge	qualitativ	Priorisierung der Grundlage für zukünftige Plug&Charge-Kommunikation	x	x
Marktanbindung	Aktive Märkte (Länder)	qualitativ	Priorisierung der Anzahl der Länder, die in dem Gesamtnetz vertreten sind	x	x
	Ladepunkte (Gesamtnetz)	qualitativ	Priorisierung der Anzahl der Ladepunkte, die in dem Gesamtnetz vertreten sind	x	
	Abdeckungsgrad (Deutschland)	qualitativ	Priorisierung des Abdeckungsgrades öffentlicher Ladepunkte in Deutschland	x	
	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ	Priorisierung der Höhe von CPO-Kooperationen des Gesamtnetzwerks	x	
	CPO-Anbindung (Deutschland)	qualitativ	Priorisierung der Höhe von CPO-Kooperationen im deutschen Netzwerk	x	
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ	Priorisierung der Höhe von MSP-Kooperationen des Gesamtnetzwerks		x
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Stadt"	qualitativ	Priorisierung der Ladepunkt-Standorte in städtischen Regionen	x	x
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Autobahn"	qualitativ	Priorisierung der Ladepunkt-Standorte in Autobahn-Regionen	x	x
Netzwerk	Anzahl eigener Ladepunkte	quantitativ	Gesamtanzahl der eigenen EVSEs, die angebunden werden sollen		x
	Anzahl eigener Kundenverträge	quantitativ	Gesamtanzahl der eigenen Kundenverträge, die angebunden werden sollen	x	
	Netzwerkgröße	quantitativ	Ausprägung der Netzwerkgröße (Szenarioabhängig)	x	x
	Angebundene CPO-Netzwerke	qualitativ	Ausprägung der CPO-Anbindung (Szenarioabhängig)	x	
	Angebundene MSP-Netzwerke	qualitativ	Ausprägung der MSP-Anbindung (Szenarioabhängig)		x

Abbildung 32: Anforderungen typischer Profile von Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur<sup>220</sup>

## 5.2 Anwendungsfälle der Elektromobilitätsdienste

Gemeinsam mit den in Abschnitt 4.4 entwickelten Szenarien werden an dieser Stelle die kompletten Rahmenbedingungen für die anschließende Bewertung, basierend auf den zuvor identifizierten Anforderungen, vervollständigt.

Die ausgewählten Anwendungsfälle basieren auf realistischen und kennzeichnenden Profilen aktueller MSP- und CPO-Akteuren auf dem deutschen Markt. Wie bereits in Abschnitt 5.1 erläutert, zählen lokale Stadtwerke und überregionale Energieversorger bzw. OEMs (Original Equipment Manufacturer) zu den aktuell typischen Einsatzprofilen von MSPs und CPOs. Aus diesem Grunde wurde jeweils ein Anwendungsfall anhand eines beispielhaften lokalen Stadtwerks, sowie ein weiterer anhand eines beispielhaften großen Energieversorgers oder OEM definiert. Diese zwei Anwendungsfälle wurden jeweils für die Perspektive eines MSPs, als auch für die Perspektive eines CPOs bestimmt. Somit ergibt sich eine Gesamtsumme von insgesamt vier Anwendungsfällen.

<sup>220</sup> Eigene Darstellung

Die Einschätzungen und Inhalte der ermittelten Anwendungsfälle basieren auf P3 internen Expertenmeinungen (sh. Anhang 5), sowie ehemaligen Projektergebnissen, als auch auf Online-Recherchen und zuvor ermittelten Ergebnissen.

### 5.2.1 MSP-Anwendungsfälle

Die MSP-Use Cases orientieren sich anhand realer Akteure auf dem Markt. Der Anwendungsfall für einen lokalen MSP basiert auf Faktoren und Kennzahlen des Marktteilnehmers „Stadwerke Düsseldorf“. Die definierten Kennzahlen des überregionalen MSPs auf Daten von „ChargeNow“, die der BMW Group angehören. Abbildung 33 gibt einen kurzen Überblick über die Kennzahlen und Einschätzungen der MSP-Use Cases, in lokaler und überregionaler Region.

Da für eine Kostenkalkulation der Faktor Umsatz notwendig ist, wurde dieser als User Factor aufgenommen und an dieser Stelle beispielhaft auf dem jeweiligen Profil, auf welchem der Anwendungsfall basiert, übertragen. Die Anzahl aktiver Märkte als quantitativen Wert wurde ebenfalls pro Use Case festgelegt. Der allgemeine Betrachtungszeitraum für die Anbindung wurde hingegen für alle Use Cases auf 10 Jahre festgelegt.

Die technologischen, sowie die marktbezogenen Faktoren wurden für jeden Use Case adäquat priorisiert. Im Anwendungsfall eines lokalen MSPs wurden technologischen User Factors eRoaming, Reservierungsfunktion, Smart Charging und Ladepunktinformationen hoch priorisiert. Der Faktor Plug&Charge wurde in diesem Fall niedrig priorisiert, da dieser Faktor aufgrund des geringeren Geschäftsumfangs als weniger bedeutend eingeschätzt wurde. Aus Sichtweise eines überregional agierenden MSPs verhalten sich die technologischen Priorisierungen andersartig. Speziell der Faktor des eRoamings ist für ihn besonders bedeutsam, da auf diese Weise die Kontaktaufnahme zu möglichst vielen CPOs und Ladepunkten gewährleistet wird. Die restlichen technologischen User Factors wurden als „hoch“ priorisiert, da diese für einen überregionalen und größeren Akteur bedeutender sind als für einen kleineren, lokalen Akteur.

Die Faktoren im Bereich der Marktanbindung sind im Falle eines lokalen Akteurs sehr unterschiedlich priorisiert. Insbesondere der Abdeckungsgrad in Deutschland, sowie die angebundenen Ladepunkte mit dem Fokus „Stadt“ sind für ihn von besonders hoher Bedeutung. Aber auch die Ladepunkte des Gesamtnetzes und die CPO-Anbindung in Deutschland sind als „hoch“ priorisiert. Lediglich die Anzahl aktiver Märkte bzw. Länder, die CPO-Anbindung des Gesamtnetzes und die autobahnnah Lage von Ladepunkten sind für ihn weniger relevant und daher niedrig priorisiert. Aus Blickwinkel eines überregionalen Akteurs haben die meisten Faktoren bezüglich der Marktanbindung eine sehr hohe Bedeutung. Lediglich die deutschlandweite CPO-Anbindung, sowie die Ladepunkte mit einem städtischen Standort sind als mittelwertig priorisiert. Die gesamte CPO-Anbindung hingegen hat eine hohe Bedeutung.

Use Cases			MSP-Use Cases							
			Use Case 1 - lokal: "Stadtwerke Düsseldorf"				Use Case 2 - überregional: "ChargeNow" (BMW)			
Szenario			A.1	A.2	A.3	B	A.1	A.2	A.3	B
User Factor		Eigenschaft des User Factors								
Allgemein	Umsatz [€]	quantitativ	1,99 Milliarden Euro (Geschäftsbericht, 2017)				98,7 Milliarden Euro (Geschäftsbericht BMW, 2017)			
	Aktive Märkte	quantitativ	1 Land				10 Länder			
	Betrachtungszeitraum	quantitativ	10 Jahre				10 Jahre			
Technologie	eRoaming	qualitativ	Hohe Priorität				Sehr hohe Priorität			
	Reservierungsfunktion	qualitativ	Hohe Priorität				Hohe Priorität			
	Smart Charging	qualitativ	Hohe Priorität				Hohe Priorität			
	Ladepunkthinformationen	qualitativ	Hohe Priorität				Hohe Priorität			
	Plug&Charge	qualitativ	Niedrige Priorität				Hohe Priorität			
Marktanbindung	Aktive Märkte (Länder)	qualitativ	Niedrige Priorität				Sehr hohe Priorität			
	Ladepunkte (Gesamtnetz)	qualitativ	Hohe Priorität				Sehr hohe Priorität			
	Abdeckungsgrad (Deutschland)	qualitativ	Sehr hohe Priorität				Sehr hohe Priorität			
	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ	Niedrige Priorität				Hohe Priorität			
	CPO-Anbindung (Deutschland)	qualitativ	Hohe Priorität				Mittlere Priorität			
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ								
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Stadt"	qualitativ	Sehr hohe Priorität				Mittlere Priorität			
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Autobahn"	qualitativ	Niedrige Priorität				Sehr hohe Priorität			
Netzwerk	Anzahl eigener Ladepunkte	quantitativ								
	Anzahl eigener Kundenverträge	quantitativ	500*				5.000*			
	Netzwerkgröße	quantitativ	84.112	24.567	64.330	500*	84.112	24.567	64.330	10.000*
	Angebundene CPO-Netzwerke	qualitativ	sehr hoch	hoch	mittel	gering*	sehr hoch	hoch	mittel	mittel*
	Angebundene MSP-Netzwerke	qualitativ								

\* Annahmen

Abbildung 33: MSP-Anwendungsfälle <sup>221 222 223</sup>

Die Netzwerk-Kennwerte der MSP-Use Cases beinhaltet zunächst die Information über die Anzahl der Kundenverträge, die an das Netz angebunden werden sollen. Im Falle eines lokalen Akteurs wurden diese auf 500 Stück geschätzt. Die Anzahl der Kundenverträge seitens des überregionalen MSPs wurde mit 5.000 Stück angenommen. Die Kenngrößen der Netzwerkgröße und der CPO-Anbindung sind vom jeweiligen Szenario abhängig. Das jeweilige Verhalten der eRoaming-Szenarien A.1 – A.3 kann aus Abbildung 22 übertragen werden. Die Ausprägungen des Peer-to-Peer-Szenarios B ist allerdings abhängig von dem Profil des MSPs, was bereits in Abschnitt 4.4.2.2 erläutert wurde. Im Falle des lokalen MSPs wurde festgelegt, dass sich dieser ein bilaterales Netzwerk von insgesamt 500 Ladepunkten aufbauen wird und nur eine geringe Anzahl an CPO-Kooperationen eingehen wird. Im Falle eines überregionalen Akteurs wurde angenommen, dass dieser ein bilaterales Netzwerk von 10.000 Ladepunkten aufbauen wird, sowie eine mittlere Anzahl an CPO-Partnerschaften aufnehmen wird.

<sup>221</sup> Eigene Darstellung<sup>222</sup> Vgl. Stadtwerke Düsseldorf AG, 2017.<sup>223</sup> Vgl. Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft [BMW AG], 2017, S. 4.



## 5.2.2 CPO-Anwendungsfälle

Die Inhalte der CPO-Use Cases basieren ebenfalls auf Verhaltensweisen und Informationen realer Marktakteure. Der Anwendungsfall des lokalen CPOs basiert auf dem Akteur „Stadtwerke Augsburg“. Inhalte des überregionalen Use Cases stützen auf Kennwerten der des Marktteilnehmers „innogy“. Einen zusammenfassenden Überblick über festgelegte Kennzahlen und Annahmen der CPO-Use Cases ist in Abbildung 34 zu finden.

Auch bezüglich der CPO-Use Cases wurden zunächst die allgemeinen Use Factors definiert. Hierbei wurde der Umsatz am Leitbild des jeweiligen Use Cases orientiert. Die Anzahl aktiver Märkte wurde bezüglich des lokalen CPOs auf eins festgelegt und im Anwendungsfall des überregionalen CPOs auf zehn Länder. Der allgemeine Betrachtungszeitraum wurde, analog der MSP-Use Cases, auf 10 Jahre festgelegt.

Use Cases			CPO-Use Cases							
Szenario			Use Case 3 - lokal: "Stadtwerke Augsburg"				Use Case 4 - überregional: "innogy SE"			
			A.1	A.2	A.3	B	A.1	A.2	A.3	B
User Factor		Eigenschaft des User Factors								
Allgemein	Umsatz [€]	quantitativ	0,5846 Milliarden Euro (Geschäftsbericht, 2017)				43,14 Milliarden Euro (Geschäftsbericht, 2017)			
	Aktive Märkte	quantitativ	1 Land				10 Länder			
	Betrachtungszeitraum	quantitativ	10 Jahre				10 Jahre			
	eRoaming	qualitativ	Hohe Priorität				Sehr hohe Priorität			
Technologie	Reservierungsfunktion	qualitativ	Hohe Priorität				Hohe Priorität			
	Smart Charging	qualitativ	Mittlere Priorität				Sehr hohe Priorität			
	Ladepunktinformationen	qualitativ	Hohe Priorität				Hohe Priorität			
	Plug&Charge	qualitativ	Hohe Priorität				Hohe Priorität			
	Aktive Märkte (Länder)	qualitativ	Niedrige Priorität				Sehr hohe Priorität			
Marktanbindung	Ladepunkte (Gesamtnetz)	qualitativ								
	Abdeckungsgrad (Deutschland)	qualitativ								
	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ								
	CPO-Anbindung (Deutschland)	qualitativ								
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ	Sehr hohe Priorität				Sehr hohe Priorität			
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Stadt"	qualitativ	Sehr hohe Priorität				Mittlere Priorität			
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Autobahn"	qualitativ	Niedrige Priorität				Sehr hohe Priorität			
Netzwerk	Anzahl eigner Ladepunkte	quantitativ	11				7.000*			
	Anzahl eigener Kundenverträge	quantitativ								
	Netzwerkgröße	quantitativ	84.112	24.567	64.330	100*	84.112	24.567	64.330	12.000*
	Angebundene CPO-Netzwerke	qualitativ								
	Angebundene MSP-Netzwerke	qualitativ	hoch	mittel	sehr hoch	gering*	hoch	mittel	sehr hoch	mittel*

\* Annahmen

Abbildung 34: CPO-Anwendungsfälle<sup>224 225 226</sup>

Aus Sichtweise eines lokalen CPOs wurden alle technologischen Faktoren, bis auf den Faktor Smart Charging mit hoher Bedeutung definiert. Der Faktor Smart Charging hingegen, wurde mit einer mittleren Priorität bewertet. Im Falle eines überregionalen CPO-Akteurs sind die

<sup>224</sup> Eigene Darstellung

<sup>225</sup> Vgl. Stadtwerke Augsburg Holding GmbH, 2017, S. 4.

<sup>226</sup> Vgl. innogy SE, 2017, S. 2.

Merkmale eRoaming und Smart Charging als sehr bedeutsam bewertet worden. Alle weiteren Faktoren wurden außerdem mit einer hohen Priorität beurteilt.

Gemäß der Prioritätenanalyse aus Abschnitt 4.2 wurde die Bewertung aus CPO-Sichtweise alleinig anhand vier Merkmalen durchgeführt. Für den Use Case eines lokalen CPOs wurde eine sehr hohe Priorität für die MSP-Anbindung und den Faktor des städtischen Ladepunkt-Standortes festgelegt. Die Anzahl aktiver Märkte, sowie der Faktor des autobahnnahen Ladepunkt-Standortes wurden mit einer niedrigen Priorität gekennzeichnet. Im Anwendungsfall eines überregionalen CPOs wurden die Merkmale aktive Märkte, MSP-Anbindung sowie der Ladepunktstandort mit Autobahn-Fokus als sehr hoch eingeschätzt. Der Ladepunktstandort im städtischen Raum wurde hingegen mit mittlerer Priorität bewertet.

Die Kenngrößen der Kategorie Netzwerk beinhalten bezüglich der Anwendungsfälle eines CPOs zunächst die Anzahl der eigenen Ladepunkte, die an das Netz angebunden werden sollen. Seitens eines lokalen CPO-Akteurs wurde diese Kenngröße mit 11 Ladepunkten definiert. Diese Kenngröße ergibt sich aus der Ladepunktsumme der Stadtwerke Augsburg, entnommen aus der Ladesäulenkarte der Bundesnetzagentur.<sup>227</sup> Im Use Case eines überregionalen Akteurs wurden 7.000 Ladepunkte festgelegt, da dies der Anzahl der innogy-Ladepunkte darstellt.<sup>228</sup> Auch im Falle der CPO-Use Cases sind die Kenngrößen der Netzwerkgröße und der MSP-Anbindung abhängig der unterschiedlichen Szenarien. Die jeweilige Charakteristik der eRoaming-Szenarien kann ebenfalls aus Abbildung 22 übertragen werden. Das Verhalten des Peer-to-Peer-Szenarios ist jedoch von Akteur zu Akteur unterschiedlich. Daher wurde für den lokalen CPO-Fall ein bilaterales Netzwerk von 100 Ladepunkten mit lediglich geringen MSP-Kooperationen angenommen. Im Falle eines überregionalen CPOs wurde ein Peer-to-Peer-Netzwerk von 12.000 Ladepunkten, sowie eine mittelmäßig ausgeprägte MSP-Anbindung definiert.

---

<sup>227</sup> Vgl. BNetzA, 2018b.

<sup>228</sup> Vgl. innogy SE, 2018.



## 6 Ganzheitliche Bewertung aus Sichtweise eines Elektromobilitätsdienstes

Im Rahmen dieses Kapitels werden im abschließenden Schritt der Arbeit nach Entwicklung umsetzbarer Anbindungsszenarien, diese unter Berücksichtigung realistischer Anwendungsfälle überprüft, um geeignete und vielversprechende Lösungen zu identifizieren. Der Bewertungsprozess erfolgt jeweils für die vier ermittelten Anwendungsfällen aus Abschnitt 5.2. Auf diese Weise wird detailliert untersucht, wie sich die ermittelten Szenarien in Bezugnahme auf reale Anwendungsfälle verhalten.

Die ganzheitliche Bewertung dieses Kapitels erfolgt in Form einer wirtschaftlichen Kostenbetrachtung, sowie der Bewertung der Einflusskategorien Technologie und Marktanbindung. Vor dem Hintergrund eine objektive Bewertung der unterschiedlichen Anbindungsszenarien herzustellen, wurde diese basierend auf einer dreidimensionalen Nutzwertanalyse durchgeführt.

Die grundlegenden Bewertungskriterien der dreidimensionalen Nutzwertanalyse bilden die bereits in Abschnitt 4.2 ermittelten Schlüsselfaktoren. Die Gewichtung der Bewertungskriterien basiert auf den Priorisierungen der Anwendungsfälle, die in den Abschnitten 5.2.1 und 5.2.2 getroffen wurden (Abschnitt 6.1). Anschließend werden die Bestandteile der Anbindungsszenarien, also die Maßzahlen ( $m_i$ ), bestimmt. Zunächst erfolgt eine wirtschaftliche Gesamtkostenbetrachtung auf Basis einer Total Cost of Ownership Analyse (Abschnitt 2.2), welche eine Bewertungsdimension der Nutzwertanalyse darstellt (Abschnitt 6.2). Die technologischen und marktorientierten Bestandteile bilden die zwei weiteren Dimensionen der ganzheitlichen Betrachtung. Abschließend werden die Bewertungsergebnisse der Use Case-Beurteilungen übersichtlich und vergleichbar in Portfolioanalysen und Kostenverlaufsgrafiken dargestellt (Abschnitt 6.3), sowie in einer Anwendungsfall-übergreifenden Beurteilung zusammengefasst (Abschnitt 6.4).

### 6.1 Ermittlung der Gewichtungsfaktoren

Der Gewichtungsprozess der drei Bewertungsdimensionen unterscheidet in dieser Arbeit zwei Ebenen. Auf erster Ebene werden die Einflusskategorien ins Verhältnis gesetzt und ergeben somit einen Gewichtungsfaktor einer Einflusskategorie ( $g_j$ ). Hierbei erfolgt das Gewichtungsverhältnis analog der Konvention aus Abbildung 17 unter gerundeten Werten und ist in Abbildung 35 aufgezeigt.

Die zweite Ebene gewichtet die einzelnen Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse, also der einzelnen Schlüsselfaktoren innerhalb einer Einflusskategorie zueinander. Das Gewichtungsverhältnis ( $g_j$ ) der einzelnen Kriterien der Kategorien Technologie und Marktanbindung ermit-

telt sich abhängig der festgelegten Priorisierungen der einzelnen Anwendungsfälle aus Abschnitt 5.2. Prinzipiell wird eine niedrige Priorität mit „eins“ bewertet, eine mittlere Priorität mit „zwei“ eine hohe Priorität mit „drei“ und eine sehr hohe Priorität mit „vier“. Der Gewichtungsfaktor eines Kriteriums ( $g_{j;k}$ ) ergibt sich anschließend aus dem Verhältnis des jeweiligen Wertes eines einzelnen Kriteriums zum Summenwert der Einflusskategorie. Lediglich für Einflusskategorie Kosteneffizienz wurde eine standardisierte und Anwendungsfall-übergreifende Gewichtung festgelegt, welche ebenfalls in Abbildung 35 dargestellt wird.

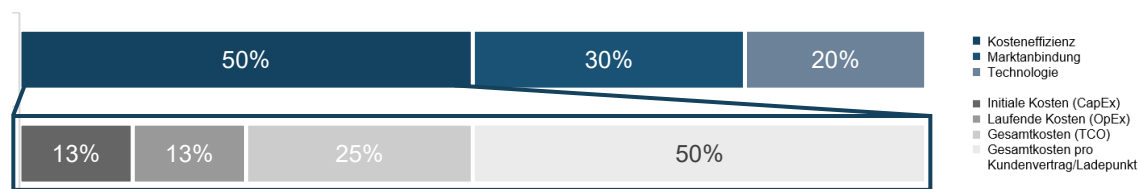


Abbildung 35: Gewichtungsergebnisse der Nutzwertanalyse auf Ebene Eins aller Einflusskategorien ( $g_j$ ) und Ebene Zwei der Einflusskategorie Kosteneffizienz ( $g_{j;k}$ )<sup>229</sup>

Analog nach dem beschriebenen Prinzip, wird der Gewichtungsprozess für jedes Bewertungskriterium der einzelnen Anwendungsfälle durchgeführt.

## 6.2 Wirtschaftliche Betrachtung

Die wirtschaftliche Bewertung der entwickelten Anbindungsszenarien wird mit Hilfe einer Total Cost of Ownership Analyse durchgeführt, um die Schlüsselfaktoren der Kategorie „Kosteneffizienz“ zu quantifizieren.

Das TCO-Modell, sowie die Daten- und Berechnungsgrundlage wurden basierend auf einer Recherche sowie realen Expertenmeinungen der P3 automotive GmbH entwickelt (sh. Anhang 6.1). Im nachfolgenden Kapitel werden zunächst konzeptionelle Entscheidungen bezogen auf die Entwicklung des TCO-Modells getroffen. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der Struktur des verwendeten Modells und der Einzelpositionen anfallender Kosten.

Um eine Grundlage für das TCO-Modell zu bilden, müssen zunächst grundsätzliche und konzeptionelle Entscheidungen getroffen werden, welche im Verlauf kurz genannt werden. Der Betrachtungszeitraum wird in diesem Modell auf 10 Jahre festgelegt. Das Konzept dieses Modells basiert auf einem monetary-based-Ansatz, wodurch festgelegt wird, dass lediglich monetäre Größen in das Modell einfließen. Als Rechengrößen werden kostenbasierte Bezugsgrößen gewählt, sowie eine Strukturierung dieser in initiale Investitionsaufwendungen (Capital Expenditure = CapEx) und laufende Betriebsaufwände (Operational Expenditure = OpEx). Die

<sup>229</sup> Eigene Darstellung

CapEx und OpEx unterteilen sich im jeweiligen Szenario außerdem in unterschiedliche Kostenpositionen. Abbildung 36 zeigt das übergeordnete Modell zur Abschätzung der Gesamtkosten (TCO) für die Anbindungsmöglichkeiten, die aus Perspektive eines MSPs oder CPOs entstehen. Einbezogen werden hierbei lediglich die Kostenpositionen, die in direktem Zusammenhang mit den Aufwendungen einer Netzanbindung und Kommunikation stehen. Alle weiteren Kostenpositionen, die sich aus Sicht eines CPOs oder MSPs ergeben, verhalten sich bezüglich der Anbindung nicht abweichend und werden daher innerhalb dieser Betrachtung nicht weiterverfolgt.

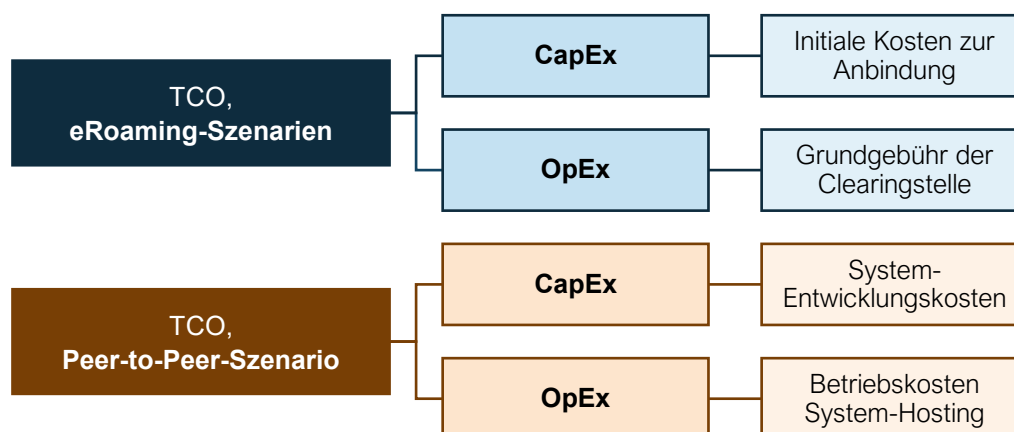


Abbildung 36: Struktur des verwendeten TCO-Ansatzes<sup>230</sup>

Zunächst wird auf die Untergliederung der Kostenpositionen eines eRoaming-Szenarios näher eingegangen. Prinzipiell umfassen in diesem Szenario die CapEx lediglich die initialen Kosten, die die jeweilige Clearingstelle zur Anbindung ausweist. Die OpEx umfassen wiederkehrende Aufwendungen eines Systems, welche somit die Grundgebühr der jeweiligen Clearingstelle beinhaltet.

Im Rahmen eines Peer-to-Peer-Szenarios sind die Kostenpositionen deutlich abweichend. Da in einem P2P-Szenario selbstständig ein System entwickelt werden muss, umfassen die CapEx die Entwicklungskosten dieses Systems. Die OpEx hingegen beinhalten die laufenden Betriebskosten des System-Hostings.

Die einzelnen Höhen von CapEx und OpEx sind wiederum zwischen den einzelnen Szenarien, sowie zwischen MSP und CPO unterschiedlich. Daher sind diese im Anhang 6.2 bis 6.5 ausführlich als TCO-Verlauf dargestellt. Im nachfolgenden Abschnitt, der Bewertung der einzelnen Anwendungsfälle erfolgt eine Zusammenfassung der TCO-Analyseergebnisse.

<sup>230</sup> Eigene Darstellung

### 6.3 Bewertung der Anwendungsfälle

Die Bewertung der Anwendungsfälle aus Abschnitt 5.2 erfolgt in Form einer dreidimensionalen Nutzwertanalyse. Um einen hohen Vertrauensgrad der Ergebnisse zu erzielen, sind Objektivität, Plausibilität, Robustheit, Sensibilität und Reproduzierbarkeit von hoher Priorität. Die Nutzwerte der einzelnen Szenarien resultiert aus der Multiplikation der zuvor bestimmten Gewichtungsfaktoren  $g$  mit der Maßzahl  $m_i$  des Kriteriums nach der folgenden Formel je Bewertungsdimension:

$$N_{Dimension} = \sum_{j=1}^{y_j} \left( \sum_{k=1}^{z_k} m_i * g_{j,k} \right) * g_j$$

Die Maßzahlen der einzelnen Anwendungsfälle basieren auf den Ergebnissen aus Abschnitt 4.4.2. Aus den Bewertungsergebnissen aus Abbildung 22 und Abbildung 31, sowie den Rahmenbedingungen aus Abbildung 33 und Abbildung 34 werden entsprechende Maßzahlen abgeleitet. Die Nutzwerte werden danach für das jeweilige Szenario in einer Nutzwertanalyse pro Anwendungsfall angegeben und im Anschluss in Form einer Portfolioanalyse zusammengeführt. Zusätzlich wird das Ergebnis der TCO-Analyse anhand einer Kostenverlaufsgrafik visualisiert. Eine vollständige Nutzwert-Tabelle der einzeln bewerteten Anwendungsfälle ist in Anhang 7 zusammengestellt.

Die Portfolioanalyse zeigt jeweils eine Eignungseinschätzung der eRoaming-Szenarien und des Peer-to-Peer-Szenarios auf, analog für die unterschiedlichen Anwendungsfälle. Hierbei zeigt die vertikale Achse des Portfolios die Nutzwerte der Kosteneffizienz der Szenarien auf. Die horizontale Achse zeigt die Nutzwerte der Szenarien in einem kombinierten Wert, der aus den zwei Dimensionen Technologie und Marktanbindung besteht. Je höher der Nutzwert eines Szenarios ausfällt, desto höher ist seine Eignung im jeweiligen Anwendungsfall. Diese Aussage ist anhand der Portfoliodarstellung im Verlauf dargestellt und durch den grün markierten Bereich des Portfolios gekennzeichnet.

Die Auswertungen sind unter Anwendung des entwickelten Vergleichsmodells erstellt worden. Dieses Modell kann je nach Anwendungsfall, abhängig unterschiedlicher Variablen, angepasst werden, wodurch die entsprechenden Kostenverläufe im TCO-Modell sowie die Portfolioanalyse dargestellt werden. Das Modell ist in Anhang 9 aufgeführt.

### 6.3.1 MSP-Anwendungsfälle

Abbildung 37 zeigt die Bewertungsergebnisse der Portfolioanalyse im Anwendungsfall eines lokalen MSPs.

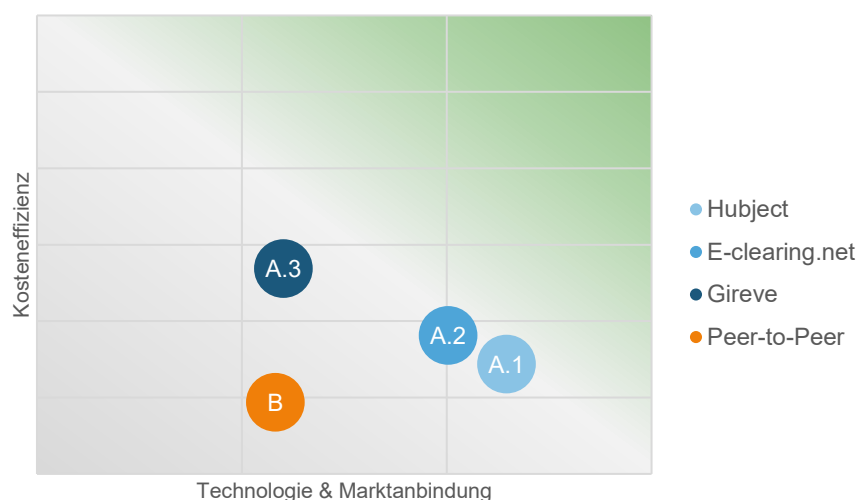


Abbildung 37: Bewertungsergebnisse für den lokalen MSP-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm<sup>231</sup>

Hieran wird deutlich, dass aufgrund der unterschiedlichen Kostenstrukturen aus Blickwinkel eines lokalen MSPs die Anbindung über das Gireve-Szenario die beste Kosteneffizienz darstellt. Dennoch verhalten sich in diesem Anwendungsfall aus wirtschaftlicher Sicht alle eRoaming-Szenarien kostengünstiger als das Peer-to-Peer-Szenario. Dies ist in den hohen initialen Aufwendungen des Peer-to-Peer-Szenarios begründet. Dieser Aspekt ist in der Kostenverlaufsgrafik aus Abbildung 38 deutlich ersichtlich. Trotz eines langfristigen Betrachtungszeitraums von 10 Jahren, ist in diesem Anwendungsfall wirtschaftlich gesehen eine Clearingstellen-Anbindung zu präferieren. Technologisch sowie marktorientiert würde hingegen Hubject die bestgeeignete Option darstellen. Das Gireve-Szenario, als kosteneffizientestes Szenario, wäre bezüglich seiner technologischen und marktanbindenden Faktoren die am wenigsten geeignete Wahl.

<sup>231</sup> Eigene Darstellung

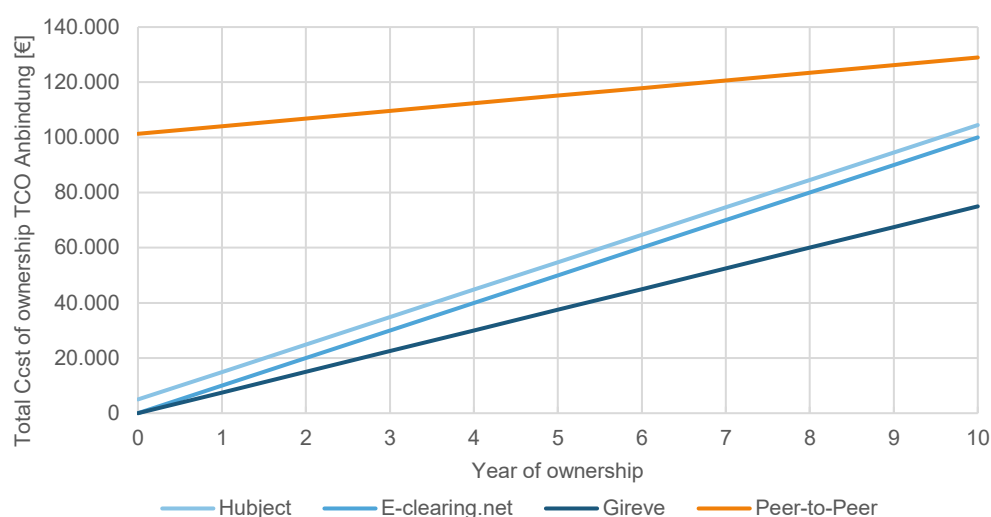


Abbildung 38: Kostenverlaufsgrafik für den lokalen MSP-Anwendungsfall<sup>232</sup>

Die Bewertungsergebnisse im Anwendungsfall eines überregionalen MSPs werden in Abbildung 39 veranschaulicht.

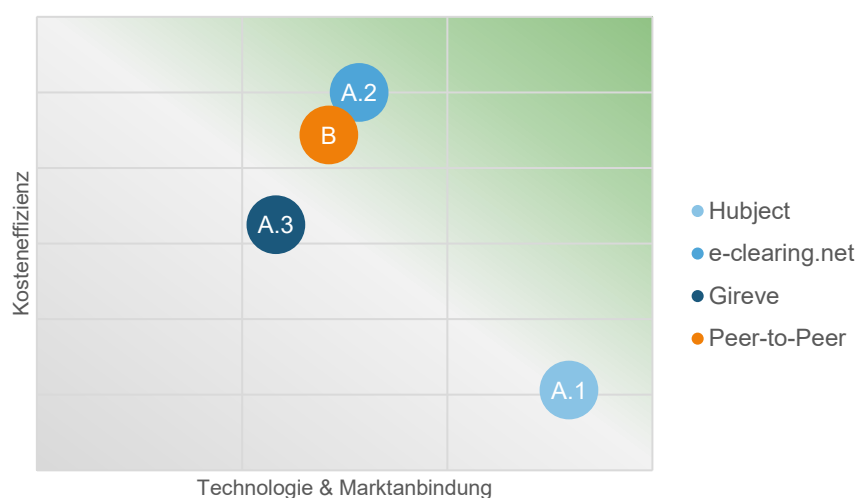


Abbildung 39: Bewertungsergebnisse für den überregionalen MSP-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm<sup>233</sup>

Anhand dieser Analyse wird deutlich, dass in unter Betrachtung des überregionalen MSP-Use Cases das E-clearing.net-Szenario eine unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die beste Variante darstellt. Dennoch ist in diesem Anwendungsfall das Peer-to-Peer-Szenario ebenfalls von Relevanz, da sich die Gesamtkosten (TCO) ähnlich effizient verhalten. Abbildung 40 zeigt

<sup>232</sup> Eigene Darstellung

<sup>233</sup> Eigene Darstellung

an dieser Stelle, dass aufgrund der hohen initialen Aufwendungen des P2P-Szenarios, dieses erst ab dem neunten Jahr die kostengünstigere Variante darstellt. Eine Anbindung über Hubject ist in diesem Fall die wirtschaftlich gesehen die Alternative, die mit den höchsten Anbindungskosten verbunden ist. Diese starke Kostendifferenz der unterschiedlichen Szenarien ist ihren äußerst unterschiedlich aufgebauten Kostenstrukturen geschuldet. Unter Betrachtung der horizontalen Eigenschaften ist jedoch festzustellen, dass das Hubject-Szenario, als kostenintensivste Option, jedoch die am besten ausgereifte technologische, sowie marktorientierte Variante darstellt. Die zwei kosteneffizienten Varianten A.2 und B sind allerdings auch bezüglich der Faktoren Technologie und Marktanbindung mittelmäßig bewertet.

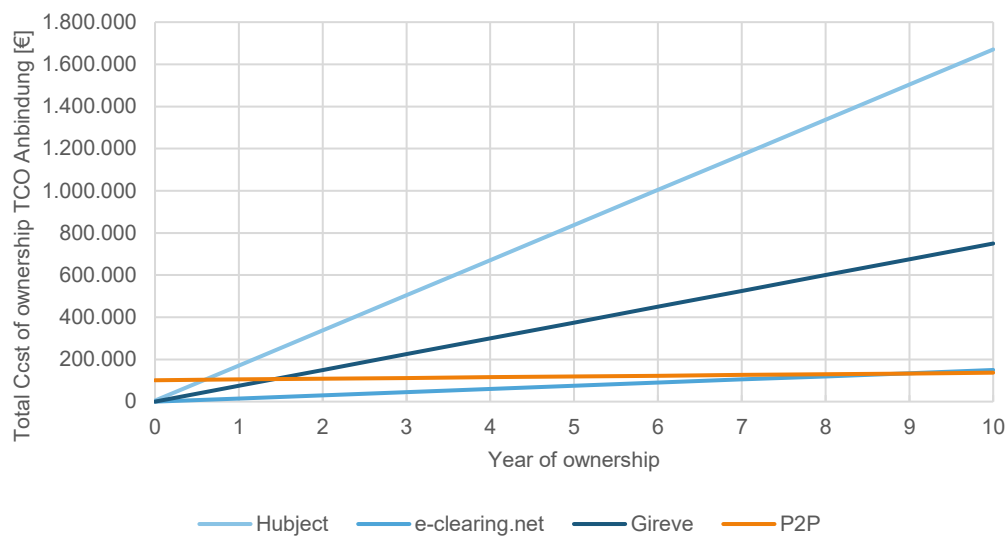


Abbildung 40: Kostenverlaufsgrafik für den überregionalen MSP-Anwendungsfall<sup>234</sup>

### 6.3.2 CPO-Anwendungsfälle

Die Ergebnisse Nutzwertanalyse für die CPO-Anwendungsfälle wurden analog der zuvor genannten Konvention ermittelt. Abbildung 41 stellt hierbei die Bewertungsergebnisse der Portfolioanalyse anhand des lokalen CPO-Use Cases dar.

<sup>234</sup> Eigene Darstellung

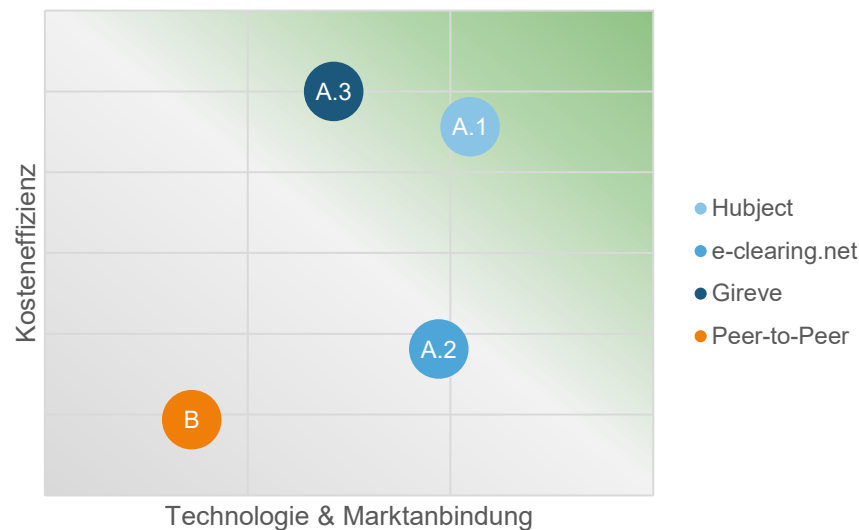


Abbildung 41: Bewertungsergebnisse für den lokalen CPO-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm<sup>235</sup>

Bezüglich dieses Anwendungsfalls sind zwei Szenarien deutlich zu präferieren. Eine wichtige Erkenntnis liefert die Kostenanalyse des Gireve-Szenarios. Im Falle einer CPO-Netzanbindung bietet dieses Szenario keinerlei Kostenaufwendungen und beschreibt somit in jedem CPO-Use Case die wirtschaftlich betrachtete beste Anbindungsmöglichkeit. Neben dem Gireve-Szenario bietet auch das Hubject-Szenario eine zu bevorzugende Anbindungsmöglichkeit dar. Unter wirtschaftlichem Blickwinkel ist auch das Hubject-Szenario positiv beurteilt. Zudem sind hier Technologie und Marktanbindung mit hohen Nutzwerten beurteilt. Das E-clearing.net-Szenario ist als mittelmäßig zu beurteilen. Zwar sind hierbei Technologie und Marktanbindung als positiv und geeignet zu bewerten, dennoch ist aus wirtschaftlicher Perspektive diese Anbindung nicht zu bevorzugen. In Abbildung 42 ist zudem deutlich zu entnehmen, dass sich die Kostenstrukturen des Gireve- und des Hubject-Szenarios relativ günstig verhalten. Außerdem ist zu erkennen, dass das P2P-Szenario sich gegenüber einem eRoaming-Szenario, aufgrund der deutlich höheren CapEx nicht als vorteilhaft erweisen wird. Seine technologischen und marktorientierten Merkmale sind zudem unterdurchschnittlich bewertet.

<sup>235</sup> Eigene Darstellung



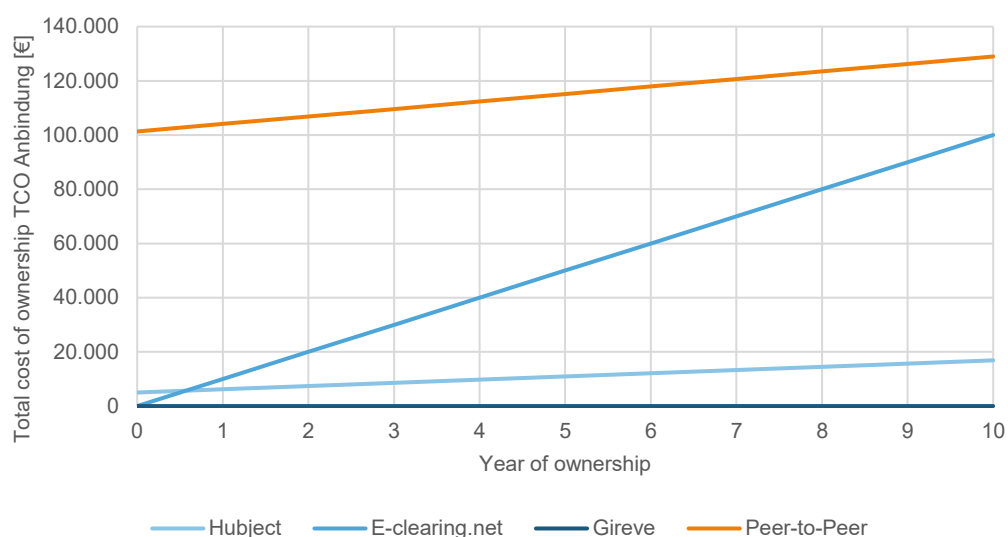


Abbildung 42: Kostenverlaufsgrafik für den lokalen CPO-Anwendungsfall<sup>236</sup>

Die Ergebnisse der Bewertung des überregionalen MSP-Use Cases sind in Abbildung 43 visualisiert.

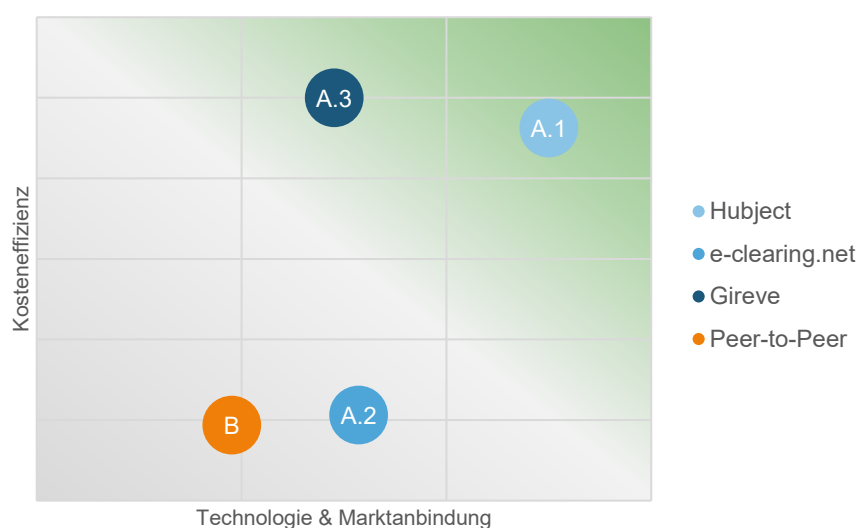


Abbildung 43: Bewertungsergebnisse für den überregionalen CPO-Anwendungsfall im Portfoliodiagramm<sup>237</sup>

In diesem CPO-Anwendungsfall ist ebenfalls das Gireve- und Hubject-Szenario deutlich zu präferieren. Wirtschaftlich betrachtet bieten diese Szenarien einen eindeutigen Vorteil gegenüber einer Peer-to-Peer-Anbindung oder der über E-clearing.net. Unter Betrachtung der technischen und marktorientierten Faktoren wird ebenfalls Hubject als äußerst vorteilhaft bewertet. Eine Gegenüberstellung zu dem lokalen CPO-Use Case ergibt, dass sich aus überregionaler

<sup>236</sup> Eigene Darstellung

<sup>237</sup> Eigene Darstellung

Perspektive zudem die E-clearing.net-Anbindung als weniger geeignet darstellt. Diese ist wirtschaftlich gesehen, aufgrund einer höheren Anzahl an Ladesäulen, weniger kosteneffizient als für einen lokalen Akteur. Das Peer-to-Peer-Szenario erweist sich ebenfalls als weniger geeignet. Wie in Abbildung 44 ersichtlich, ist dieses erst nach einer Laufzeit von neun Jahren lukrativer gegenüber dem E-clearing.net-Szenario, jedoch nicht gegenüber den anderen beiden eRoaming-Anbindungsmöglichkeiten. Unter Berücksichtigung der technologischen und markt-orientierten Aspekte schneidet das P2P-Szenario ebenfalls am unpassendsten für den über-regionalen CPO-Anwendungsfall ab.

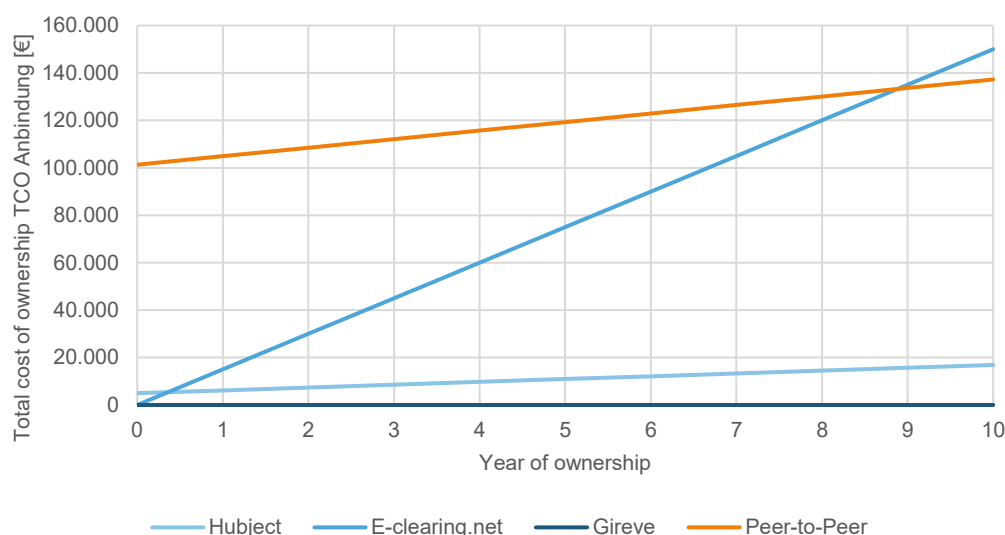


Abbildung 44: Kostenverlaufsgrafik für den überregionalen CPO-Anwendungsfall<sup>238</sup>

## 6.4 Bewertungsergebnisse

Im Anschluss an die separaten Auswertungen der einzelnen Anwendungsfälle werden die Nutzwerte der Bewertungsdimensionen Technologie, Marktanbindung und Kosteneffizienz nun in sogenannten Radar-Diagrammen zusammengeführt, um die Szenarien miteinander zu vergleichen. Um einen übergreifenden Blick auf die unterschiedlichen Szenarien zu erlangen, wird an dieser Stelle auf die dimensionsübergreifende Bewertung eingegangen. Die Radar-Diagramme der einzelnen Bewertungsdimensionen sind im Anhang 8 aufgeführt.

Die Ergebnisse der Bewertungsdimensionen sind in Abbildung 45 mit der höchsten Nutzwert-Gesamtsumme dargestellt. Im Vergleich mit dem Peer-to-Peer-Szenario wird klar ersichtlich, dass die eRoaming-Szenarien in den CPO-Anwendungsfällen signifikant besser beurteilt werden. Deutlich stärker ausgeprägt sind die Bewertungsergebnisse des Hubject- und des Gireve-

<sup>238</sup> Eigene Darstellung

Szenarios, was aus der vorteilhaften Kostenstruktur sowie dem positiven markt- und technologieverhalten dieser Szenarien resultiert. Die Anbindungskosten beider Szenarien gestalten sich unabhängig der Anzahl anzubindender Ladepunkte und haben daher besondere Relevanz. Innerhalb der Betrachtung der CPO-Anwendungsfälle verhält sich lediglich die Performance des E-clearing.net-Szenarios einem lokalen Akteur gegenüber unterschiedlich als einem überregionalen gegenüber. Dies ist sowohl in den kostengünstigeren Anbindungsaufwendungen für einen lokalen, kleineren Akteur begründet, als auch aufgrund der lokalen Marktanbindung bezüglich der Lokalität seines Netzwerks. Die große Herausforderung innerhalb eines Peer-to-Peer-Szenarios ist es, die hohen initialen Kosten durch die niedrigen laufenden Betriebskosten im Laufe mehrerer Jahre auszugleichen. Aus Perspektive eines CPOs ist selbst nach einem Betrachtungszeitraum von 10 Jahren eine Peer-to-Peer-Anbindung gegenüber einer eRoaming-Anbindung nicht lohnenswert.

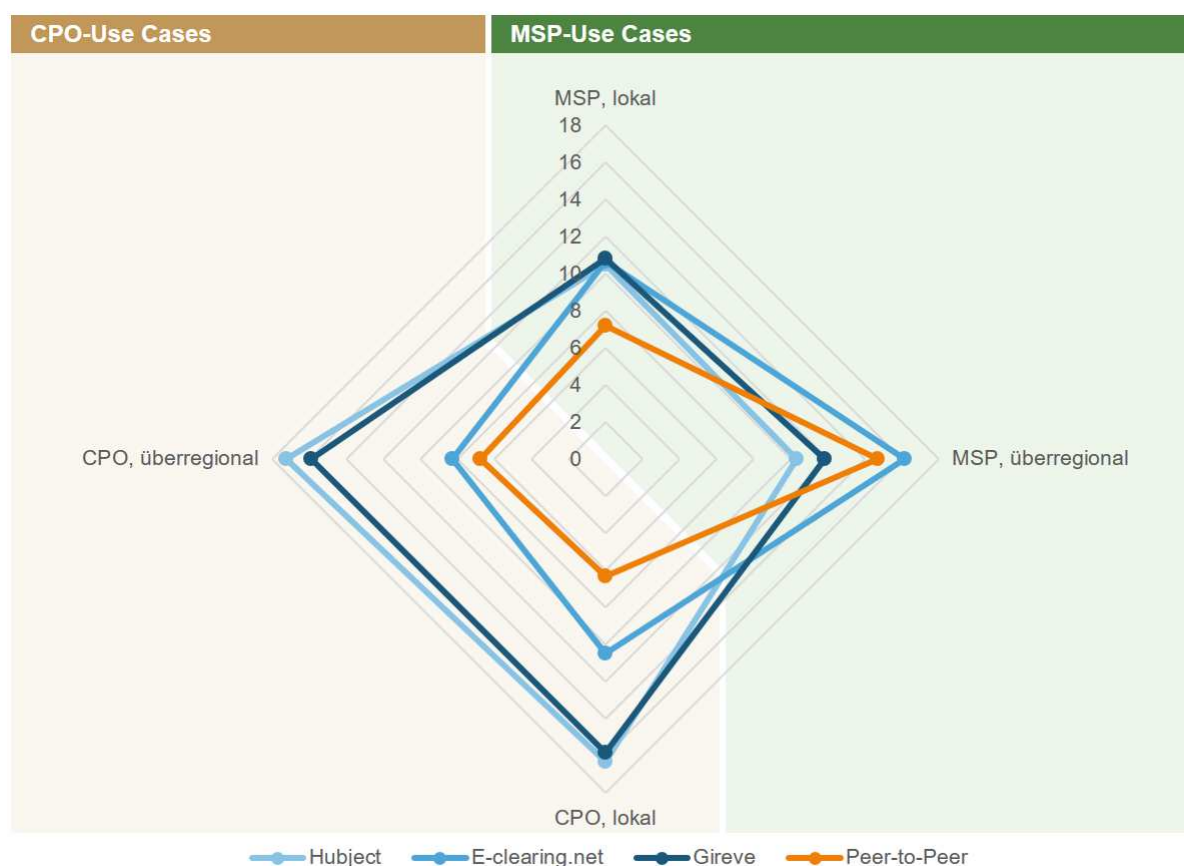


Abbildung 45: Dimensionsübergreifende Bewertungsergebnisse im Radar-Diagramm<sup>239</sup>

Gegenüber den CPO-Anwendungsfällen fällt unter Betrachtung der Bewertungsergebnisse der MSP-Use Cases zunächst auf, dass die Nutzwerte im Diagramm deutlich unterschiedlich

<sup>239</sup> Eigene Darstellung

verteilt sind. In dem lokalen MSP-Anwendungsfall sind die eRoaming-Szenarien im Allgemeinen besser beurteilt, die gesamte Nutzwertbandbreite ist jedoch nicht besonders weit. Daher ist davon auszugehen, dass sich die unterschiedlichen Szenarien verhältnismäßig ähnlich verhalten. Die Bewertungsergebnisse der einzelnen Dimensionen zeigen, dass sich die hohen Anbindungsaufwendungen des Hsubject-Szenarios aufgrund der sehr positiv beurteilten Markt-anbindungs- und Technikfaktoren ausgleichen. Die hohen initialen Kosten des Peer-to-Peer-Szenarios sind im Anwendungsfall eines lokalen MSPs nicht rentabel gegenüber einer eRoaming-Anbindung, woraus die mittelmäßige Beurteilung dieses Szenarios resultiert. Deutlich stärker ausgeprägt sind die Bewertungsergebnisse der Szenarien im Anwendungsfall eines überregionalen MSPs. Die Ergebnisse machen unter den getroffenen Annahmen deutlich, dass lediglich in diesem Anwendungsfall das Peer-to-Peer-Szenario eine adäquate Anbindungsmöglichkeit darstellt. Zwar ist E-clearing.net kostentechnisch besser beurteilt, aber dennoch ist an Abbildung 40 zu erkennen, dass sich die Gesamtkosten der Peer-to-Peer-Anbindung bereits ab einem Betrachtungszeitraum von neun Jahren günstiger verhalten. Die niedrigere Beurteilung im Radar-Diagramm resultiert dennoch aus den hohen initialen Kosten in Kombination mit der Gewichtung dieses Kriteriums.

Anwendungsfall-übergreifend bietet zudem die Nutzung einer mehrdimensionalen Nutzwertanalyse den Vorteil einer individuellen Schwerpunktsetzung bei der Entscheidungsfindung. Dementsprechend liefert die Gesamtsumme der Nutzwerte alle Bewertungsdimensionen lediglich einen Hinweis auf insgesamt positiv beurteilte Szenarien, bzw. Anbindungsmöglichkeiten. In der Realität können Elektromobilitätsdienste jedoch beispielsweise technologisch überlegene Kommunikationsstandards mit parallel positiveren Ausprägungen der Marktanbindung gegenüber den kostengünstigeren Anbindungsalternativen bevorzugen. Infolgedessen liefert diese Arbeit entsprechende Vorschläge und Beurteilungen technologischer Anbindungsmöglichkeiten für Elektromobilitätsdienste entsprechend einer ganzheitlichen Bewertungslogik.

## 7 Schlussbetrachtung der Arbeit

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Arbeit zusammengefasst und deren wissenschaftlicher Mehrwert sowie Neuheitsgrad aufgezeigt. Anschließend werden Anknüpfungspunkte für weiterführende Forschungsarbeiten und mögliche Schnittstellen beschrieben.

### 7.1 Zusammenfassung und Fazit

Die Elektromobilität stellt einen wesentlichen Stellhebel des Verkehrssektors zur Vermeidung des globalen Klimawandels und zur Verbrauchsverringerung fossiler Brennstoffe dar. Im Bereich der Ladeinfrastruktur etablieren sich stets neu hinzukommende Akteure angrenzender Industriebereiche und entwickeln sich zu Elektromobilitätsdiensten, wodurch unbekannte und komplexe Marktstrukturen aufgewiesen werden. Diese zunehmende Komplexität in Kombination mit einer geringen Verfügbarkeit durchgängiger Standards, führt zu einem Mangel an Transparenz, sowie einer hohen Volatilität des Sektors Ladeinfrastruktur.

Die unterschiedlichen Möglichkeiten der technischen Anbindung repräsentiert eines dieser intransparenten Felder eines Elektromobilitätsdienstes mit Ladeinfrastruktur. Nicht nur Kostenintensivität, sondern auch Technik und Marktanbindung sind ausschlaggebende Faktoren bei der Entscheidung einer technischen Netzanbindung. Dementsprechend sind umfassende Analysen der Anforderungen im Rahmen eines strukturierten Entwicklungs- und Bewertungsprozesses technischer Anbindungsmöglichkeiten erfolgsentscheidend für einen Elektromobilitätsdienst.

Zur Bearbeitung der ersten Forschungsfrage wurde eine spezielle Methodik mit folgenden Teilschritten konkretisiert:

- Analyse der angrenzenden Teilbereiche technischer Anbindungsmöglichkeiten
- Entwicklung technischer Anbindungsszenarien
- Bewertung technischer Anbindungsszenarien

Im ersten Schritt wurden umfassende Analysen des gesamten Ökosystems eines Elektromobilitätsdienstes mit Ladeinfrastruktur durchgeführt. Hierbei hat sich herausgestellt, dass der gesamte Markt mit einem Mangel an Durchsichtigkeit und Nachvollziehbarkeit behaftet ist. Lediglich durch intensive Recherchen konnten Zusammenhänge und Relationen identifiziert werden. Nach Durchführung der Analysen wurden im zweiten Schritt technische Anbindungsszenarien entwickelt. Somit wurde die zweite Forschungsfrage, wie realisierbare Möglichkeiten der Anbindung definiert werden können, hinreichend beantwortet.

Der dritte und abschließende Schritt beinhaltet einen umfangreichen Bewertungsprozess anhand einer mehrdimensionalen Nutzwertanalyse, der basierend auf praxisorientierten Anwendungsfällen ausgewertet wurde. Das Ergebnis dieser Bewertung verdeutlicht, dass die isolierte Betrachtung einer Bewertungsdimension allein nicht zielführend ist. Eine ganzheitliche Betrachtung zur Auswertung des Nutzens einer Anbindung unter Einbeziehung von Kosten, technologischen Potentialen, sowie der Auswirkungen auf das jeweilige Netzwerk bezogen auf die Marktanbindung, liefert dagegen eine objektive Entscheidungsgrundlage. Somit wurde ebenfalls auf die dritte Forschungsfrage ein anwendungsorientiertes Ergebnis erarbeitet.

Zusammenfassend lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den entwickelten Szenarien aufzeigen, die großen Einfluss auf die Bewertung der Möglichkeiten haben. Eine signifikante Erkenntnis der Untersuchung ist, dass sich die Eignung einer eRoaming- oder Peer-to-Peer-Anbindung unterschiedlich je nach Struktur des Marktes verhält. Um das Ziel einer hohen Marktabdeckung zu erreichen, ist eine entsprechende Vernetzung mit kooperierenden Partnern vonnöten. Handelt es sich um einen heterogenen Markt, weist eine der eRoaming-Anbindungen eine höhere Sinnhaftigkeit auf. Ist der Markt hingegen mit einer hohen Homogenität der Akteure behaftet, kann sich eine Peer-to-Peer-Anbindung als sinnvoll erweisen. Der deutsche Markt der Elektromobilitätsdienste mit Ladeinfrastruktur beinhaltet eine Vielzahl einzelner Akteure und verhält sich somit stark heterogen. Im Falle einer Peer-to-Peer-Anbindung müsste somit eine Vielzahl bilateraler Verträge zwischen den einzelnen Akteuren eingegangen werden, was einen hohen initialen Aufwand erfordert. Da die Untersuchung lediglich auf den deutschen Markt beschränkt wurde, lies sich hierbei feststellen, dass aufgrund der hohen Anzahl von Akteuren, also der Heterogenität am Markt, grundsätzlich die eRoaming-Anbindung eine höhere Angemessenheit aufweist.

Eine nähere Betrachtung der drei Entscheidungskriterien veranschaulichte zudem weitere wesentliche Erkenntnisse in den einzelnen Bereichen. Die Bewertung der technologischen Faktoren zeigte deutlich, dass das Hsubject-Szenario mit seinem Kommunikationsprotokoll aufgrund seiner funktionalen und anwendungsorientierten Eigenschaften als klarer Vorreiter positioniert. Die Untersuchung der Ladesäulenabdeckung innerhalb des deutschen Marktes basiert auf den jeweiligen Kooperationen innerhalb der Szenarien. Die Abdeckung einer Peer-to-Peer-Anbindung erfolgt entsprechend der eingehenden Kooperationen im jeweiligen Anwendungsfall. Im eRoaming hingegen, erfolgt die Abdeckung jedes Szenarios je nach zugänglichem Netzwerk, das die Clearingstelle mittlerweile aufgebaut hat. Die Ausprägungen der einzelnen Netzwerke erweisen sich als äußerst unterschiedlich. Während Hsubject über das größte aktuell verfügbare Roaming-Netzwerk, die stärkste CPO-Anbindung sowie über die höchste Ladesäulenabdeckung in Autobahn-Regionen verfügt, punktet E-clearing.net mit der besten städtischen Ladesäulenabdeckung. Das Gireve-Szenario schneidet tendenziell vergleichsweise mittelmäßig ab. Da diese Clearingstelle seine Ursprünge in Frankreich hat, weist

sie hingegen eine gute europäische Ladesäulenanbindung auf. Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit ergab, dass eine Peer-to-Peer-Anbindung mit sehr hohen initialen Kosten für den Systemaufbau verbunden ist, welche sich erst nach einer Laufzeit von mindestens zehn Jahren gegenüber einer eRoaming-Anbindung als lukrativ erweist. Im eRoaming schneidet Gireve im Anwendungsfall eines CPOs am besten ab. Im Falle eines MSPs ist hingegen die Anbindung über E-clearing.net zu bevorzugen.

## 7.2 Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein ganzheitlicher Ansatz zur Entwicklung und Bewertung technischer Anbindungsmöglichkeiten basierend auf umfangreichen Analysen erarbeitet. Mit Hilfe eines strukturierten Prozesses wurden interdisziplinär in Zusammenarbeit mit der P3 automotive GmbH technisch umsetzbare und besonders geeignete Anbindungsmöglichkeiten für Elektromobilitätsdienste identifiziert und bewertet.

Jedoch wird sich in den kommenden Jahren im Ökosystem „Ladeinfrastruktur“ weiterhin viel verändern. Es werden neue Partnerschaften und Kooperationen der einzelnen Akteure entstehen. Entwickelt sich die Zukunft des deutschen Lademarktes in Richtung einer einheitlichen Konsolidierung, so verringert sich die aktuelle Heterogenität am Markt. In diesem Falle würden eRoaming-Plattformen gänzlich vom Markt verdrängt werden, da sie sich als überflüssig erweisen würden.

Zudem entwickeln sich parallel technologische Forschungsgebiete stetig weiter. So könnten künftig Ladevorgänge über das sogenannte Blockchain-Prinzip einzeln und sicher abgerechnet werden. Diese Technologie würde ebenfalls das aktuelle eRoaming-Kommunikationsmodell ablösen, da auf diese Weise jeder Ladevorgang einzeln und direkt mit dem jeweiligen Anbieter abgerechnet werden könnte, ohne dass Verträge zwischen den Akteuren abgeschlossen werden müssten. Im Hinblick auf die Etablierung der Blockchain-Technologie könnten in weiteren Arbeiten zukünftige Potentiale und Risiken untersucht werden.

Die Elektromobilität in Deutschland, aber auch weltweit, ist und bleibt ein durchaus spannendes Themengebiet, welches sich in den kommenden Jahren weiterhin stark verändern wird.

## Literaturverzeichnis

- Abolhassan, F. (Hrsg.). (2013). *Der Weg zur modernen IT-Fabrik. Industrialisierung - Automatisierung - Optimierung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Al Agha, K., Carcelle, X. & Pujolle, G. (Hrsg.). (2008). *Home Networking*. Paris, France: Springer Science + Business Media.
- Amazon Web Services. (2018a). *Amazon Web Services Simple Monthly Calculator*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://calculator.s3.amazonaws.com/index.html>
- Amazon Web Services. (2018b). *Preise für Amazon Aurora*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://aws.amazon.com/de/rds/aurora/pricing/>
- Amazon Web Services. (2018c). *Transit Gateway Preise*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://aws.amazon.com/de/api-gateway/pricing/>
- Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft. (2017). *Geschäftsbericht 2017. Wir gestalten die Mobilität der Zukunft*.
- Bertrand, P. (2018). *Last Trends in Communication Standards for E-Mobility. Vector E-Mobility Engineering Day Stuttgart 04-12-2018* (Smartfuture, Hrsg.). Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter [https://vector.com/portal/medien/cmc/events/emob/Presentations/02\\_Last\\_Trends\\_in\\_Communication\\_Standards\\_for\\_E-Mobility\\_Bertrand.pdf](https://vector.com/portal/medien/cmc/events/emob/Presentations/02_Last_Trends_in_Communication_Standards_for_E-Mobility_Bertrand.pdf)
- Boston Consulting Group, Collie, B.; Rose, J. & Wegscheider, A. K. (Mitarbeiter). (2017). *The Reimagined Car. Shared, Autonomous, and Electric Vehicle*. Zugriff am 22.01.2019. Verfügbar unter <https://www.bcg.com/publications/2017/reimagined-car-shared-autonomous-electric.aspx>
- Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen. (2018). *Definitionen - FAQ zu "Förderung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge"*. Zugriff am 03.10.2018. Verfügbar unter [https://www.bav.bund.de/DE/3\\_Aufgaben/6\\_Foerderung\\_Ladeinfrastruktur/4\\_Fragen\\_und\\_Antworten/2\\_Definitionen/Fragen\\_zu\\_Definitionen\\_node.html](https://www.bav.bund.de/DE/3_Aufgaben/6_Foerderung_Ladeinfrastruktur/4_Fragen_und_Antworten/2_Definitionen/Fragen_zu_Definitionen_node.html)
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2016). *Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile (Ladesäulenverordnung - LSV)*. LSV. Zugriff am 29.09.2018. Verfügbar unter <http://www.gesetze-im-inter-net.de/lsv/LSV.pdf>



- Bundesministerium für Umwelt. (2008). *Die EU-Verordnung zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen*. Zugriff am 10.10.2018. Verfügbar unter [https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eu\\_verordnung\\_co2\\_emissionen\\_pkw.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eu_verordnung_co2_emissionen_pkw.pdf)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz & Bau und Reaktorsicherheit. (2015). *Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. Zugriff am 07.12.2018. Verfügbar unter [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2017). *Erste Verordnung zur Änderung der Ladesäulenverordnung. Vom 1. Juni 2017*. Zugriff am 03.10.2018. Verfügbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/aenderungsverordnung-zur%20ladesaeulenverordnung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/V/aenderungsverordnung-zur%20ladesaeulenverordnung.pdf?__blob=publicationFile&v=4)
- Bundesnetzagentur. (2018a). *Anzeigen von Ladepunkten*. Zugriff am 12.12.2018. Verfügbar unter [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulen/Anzeige\\_Ladepunkte\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulen/Anzeige_Ladepunkte_node.html)
- Bundesnetzagentur. (2018b). *Ladesäulenkarte*. Zugriff am 12.12.2018. Verfügbar unter [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte\\_node.html;jsessionid=0C848684EF16AE45DF607DFBF4DAF85D](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html;jsessionid=0C848684EF16AE45DF607DFBF4DAF85D)
- Christ, P., Hahn, C., Henze, S., Hesse, T., Kaul, R., Kazubski, S. et al. (2015). *Good E-Roaming Practice. Praktischer Leitfaden zur Ladeinfrastruktur-Vernetzung in den Schaufenstern Elektromobilität* (Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (BuW), Hrsg.). Zugriff am 01.10.2018. Verfügbar unter [https://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente\\_der\\_begleit\\_und\\_wirkungsforschung/Ergebnispapier\\_Nr\\_5\\_Good\\_E-Roaming\\_Practice.pdf](https://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/Ergebnispapier_Nr_5_Good_E-Roaming_Practice.pdf)
- COMM/DG/UNIT. (2018). *Pariser Übereinkommen - Klimapolitik - European Commission*. Zugriff am 07.12.2018. Verfügbar unter [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_de#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de#tab-0-0)
- Diekhans, T. (2017). *Forschungsbeitrag zur Mobilität. Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen mit beidseitiger Leistungsregelung* (Stiftung Werner-von-Siemens-Ring, Hrsg.). Zugriff am 10.10.2018. Verfügbar unter [https://siemens-ring.de/wp-content/uploads/2017/03/Juwi\\_2015\\_Diekhans.pdf](https://siemens-ring.de/wp-content/uploads/2017/03/Juwi_2015_Diekhans.pdf)

- DKE / AK EMOBILITY.60. (2016). *Der Technische Leitfaden. Ladeinfrastruktur Elektromobilität* (Version 2). Zugriff am 10.10.2018. Verfügbar unter <https://www.vde.com/resource/blob/988408/750e290498bf9f75f50bb86d520caba7/leitfaden-elektromobilitaet-2016--data.pdf>
- E-clearing.net (smartlab & ElaadNL, Hrsg.). (2016). *OCHP. Open Clearing House Protocol 1.4*. Zugriff am 07.10.2018. Verfügbar unter <https://github.com/e-clearing-net/OCHP/blob/master/OCHP.md>
- E-clearing.net. (2018a). *Open platform | Europe's borderless charging network*. Zugriff am 16.12.2018. Verfügbar unter <https://e-clearing.net/e-clearing-net/open-platform>
- E-clearing.net. (2018b). *Partners - Europe's borderless charging network*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://e-clearing.net/partners>
- E-clearing.net. (2018c). *Pricing | Europe's borderless charging network*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://e-clearing.net/partners/pricing>
- ElaadNL. (2017). *EV related protocol study. Original study report*. Version 1.1 (ElaadNL, Hrsg.). Arnhem, Netherlands. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter [https://www.elaad.nl/uploads/files/EV\\_related\\_protocol\\_study\\_v1.1.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/EV_related_protocol_study_v1.1.pdf)
- ElektroMobilität NRW. (2016). *Elektromobilität kurz erklärt*. Jülich. Zugriff am 27.09.2018. Verfügbar unter [https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/broschuere\\_elektromobilitaet\\_kurz\\_erklaert\\_01.17.pdf](https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/broschuere_elektromobilitaet_kurz_erklaert_01.17.pdf)
- Europäische Kommission. (2016). *Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine europäische Strategie für emissionsarme Mobilität*. Zugriff am 23.01.2019. Verfügbar unter <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/DE/1-2016-501-DE-F1-1.PDF>
- Europäisches Parlament. (2014). *Richtlinie 2014/94/EU des europäischen Parlaments und des Rates. vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe*. Zugriff am 28.09.2018. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32014L0094>
- European Alternative Fuels Observatory. (2018). *Charging infra stats*. Zugriff am 12.12.2018. Verfügbar unter <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/electricity/charging-infra-stats>
- Funken, J. (2016). *ladenetz.de und e-clearing.net* (smartlab, Hrsg.). Zugriff am 07.10.2018. Verfügbar unter [http://files.messe.de/abstracts/72930\\_1430\\_Ladenetz\\_de\\_Funken\\_D.pdf](http://files.messe.de/abstracts/72930_1430_Ladenetz_de_Funken_D.pdf)

- Gireve (Hrsg.). (2016). *eMIP Protocol. Protocol Description*. Version v1.0.2 / 0.7.4. Zugriff am 07.10.2018. Verfügbar unter [https://www.gireve.com/wp-content/uploads/2017/02/Gireve\\_Tech\\_eMIP-V0.7.4\\_ProtocolDescription\\_1.0.2\\_en.pdf](https://www.gireve.com/wp-content/uploads/2017/02/Gireve_Tech_eMIP-V0.7.4_ProtocolDescription_1.0.2_en.pdf)
- Gireve. (2018a). *GIREVE - Boost*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://www.gireve.com/en/our-offers/boost>
- Gireve. (2018b). *GIREVE - Open*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://www.gireve.com/en/our-offers/open>
- Gireve. (2018c). *GIREVE - Our partners and R&D projects*. Zugriff am 16.12.2018. Verfügbar unter <https://www.gireve.com/en/nos-partenaires>
- Götze, U. & Weber, T. (2008). *ZP-Stichwort: Total Cost of Ownership* (Nr. 2). *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung* (S. 249–257). Zugriff am 06.12.2018.
- Gropengießer, F. & Sattler, K.-U. (2014). *Database Backend as a Service: Automatic Generation, Deployment, and Management of Database Backends for Mobile Applications* (Nr. 2). *Datenbank-Spektrum* (S. 85–95). Zugriff am 17.02.2019.
- Hahn, C. (2017). *Plug&Charge ISO 15118. ISO 15118 enables simple and intelligent charging*. EVS 30, Stuttgart October 2017 (Hubject GmbH, Hrsg.). Zugriff am 05.10.2018.
- Has.to.be GmbH. (2015). *Die Welt hinter der Ladestation. Leitfaden für die Errichtung von vernetzten Lade-Infrastrukturen*. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter <https://beenergy-sed.azureedge.net/2016/10/DE-Beyond-the-station.pdf>
- Hubject GmbH. (2018a). *eRoaming – Ein offenes Marktmodell für Elektromobilität*. Zugriff am 26.06.2018. Verfügbar unter <https://www.hubject.com/ueber-uns/eroaming/>
- Hubject GmbH. (2018b). *eRoaming mit der Hubject-Plattform*. Zugriff am 16.12.2018. Verfügbar unter <https://www.hubject.com/warum-hubject/>
- Hubject GmbH. (2018c). *intercharge - charge wherever you like. Fahrstromangebote*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <http://www.intercharge.eu/index.php?id=21&L=%270%3D1>
- Hubject GmbH. (2018d). *intercharge - charge wherever you like. Stationsfinder*. Zugriff am 10.10.2018. Verfügbar unter <http://www.intercharge.eu/index.php?id=13>
- Hubject GmbH. (2018e). *intercharge CPO*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://www.hubject.com/loesungen/intercharge-cpo/>

- Hubject GmbH. (2018f). *intercharge EMP*. Zugriff am 16.02.2019. Verfügbar unter <https://www.hubject.com/loesungen/intercharge-emp/>
- Hubject GmbH. (2018g). *Open InterCharge Protocol for Charge Point Operators. Version 2.2*. Zugriff am 06.10.2018. Verfügbar unter [https://www.hubject.com/wp-content/uploads/2018/07/OICP-2.2\\_CPO\\_final\\_v002.pdf](https://www.hubject.com/wp-content/uploads/2018/07/OICP-2.2_CPO_final_v002.pdf)
- Hubject GmbH. (2018h). *Open InterCharge Protocol for Emobility Service Providers. Version 2.2*. Zugriff am 06.10.2018. Verfügbar unter [https://www.hubject.com/wp-content/uploads/2018/07/OICP-2.2\\_EMP\\_final\\_v002.pdf](https://www.hubject.com/wp-content/uploads/2018/07/OICP-2.2_EMP_final_v002.pdf)
- Hubject GmbH. (2018i). *Über uns | Hubject - kundenfreundliche Elektromobilität*. Zugriff am 16.12.2018. Verfügbar unter <https://www.hubject.com/ueber-uns/>
- Innogy SE. (2017). *Geschäftsbericht 2017*. Zugriff am 17.12.2018. Verfügbar unter <https://www.innogy.com/web/cms/mediablob/de/3875780/data/0/4/Geschaeftsbericht-2017.pdf>
- Innogy SE. (2018). *E-Auto-Ladesäulen für Ihre Tankstelle. Strom für Ihre Kunden mit Elektroautos*. Zugriff am 18.12.2018. Verfügbar unter <https://www.innogy.com/web/cms/de/3874298/fuer-unternehmen/elektromobilitaet-nutzen/individuelle-branchenloesungen/tankstellen/>
- Ji, S., Ma, H., Liang, Y., Leung, H. & Zhang, C. (2017). *A whitelist and blacklist-based co-evolutionary strategy for defending against multifarious trust attacks* (Nr. 4). *Applied Intelligence* (S. 1115–1131). Zugriff am 17.02.2019.
- Komarnicki, P., Haubrock, J. & A. Styczynski, Z. (2018). *Elektromobilität und Sektorenkoppelung. Infrastruktur- und Systemkomponenten*. Berlin: Springer Vieweg.
- Kuhnert, F. & Stürmer, C. (2018). *Five trends transforming the Automotive Industry* (pwc, Hrsg.). Zugriff am 07.12.2018. Verfügbar unter [https://www.pwc.at/de/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/eascy-five-trends-transforming-the-automotive-industry\\_2018.pdf](https://www.pwc.at/de/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/eascy-five-trends-transforming-the-automotive-industry_2018.pdf)
- Ladenetz.de. (2014). *Marktstart von e-clearing.net auf der eCarTec*. Das Geschäftsmodell und die Partner von e-clearing.net. Zugriff am 16.12.2018. Verfügbar unter <https://www.ladenetz.de/home/news/2014/10/21/marktstart-von-e-clearing-net-auf-der-ecartec>
- Le Bris, J. & Michl, T. (2018). *Elektromobilitätskonzept Augsburg. Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Augsburg*. Zugriff am 03.10.2018. Verfügbar unter

- [https://www.augsburg.de/fileadmin/user\\_upload/umwelt\\_soziales/umwelt/e-mobilitaet/lad-einfrastruktur%20augsburg%20180119.pdf](https://www.augsburg.de/fileadmin/user_upload/umwelt_soziales/umwelt/e-mobilitaet/lad-einfrastruktur%20augsburg%20180119.pdf)
- Liebl, J. (Hrsg.). (2017). *Netzintegration der Elektromobilität 2017. Mobilitätswandel konsequent entwickeln*. 2. Internationale ATZ-Fachtagung. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Lierzer, S. (2016). *E-Roaming in Germany and the EU. From isolated charging stations to a nation and European Union wide network*. Stuttgart: BridgingIT GmbH.
- Living Lab Smart Charging. (2017). *Elektromobilität & Smart Charging. Fahren mit Wind im Rücken der Sonne entgegen!* Zugriff am 14.12.2018. Verfügbar unter [https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/z3r2zxopa4uuqpww5a4ju/livinglab/files/Smart%20Charging%20boek/170701\\_Handbuch%20Smart%20Charging%20DE-WEB.pdf](https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/z3r2zxopa4uuqpww5a4ju/livinglab/files/Smart%20Charging%20boek/170701_Handbuch%20Smart%20Charging%20DE-WEB.pdf)
- Maerz, M. (2016). *Induktives Laden - heute und morgen*. Fraunhofer IISB. Zugriff am 01.10.2018. Verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/307979960\\_Induktives\\_Laden\\_-\\_heute\\_und\\_morgen](https://www.researchgate.net/publication/307979960_Induktives_Laden_-_heute_und_morgen)
- McKinsey&Company. (2017). *The automotive revolution is speeding up. Perspectives on the emerging personal mobility landscape*. Zugriff am 22.01.2019.
- Mietzner, D. (2009). *Strategische Vorausschau und Szenarioanalysen. Methodenevaluation und neue Ansätze*. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Nationale Plattform Elektromobilität. (2013). *Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur* (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), Hrsg.). Zugriff am 20.09.2018. Verfügbar unter <https://www.din.de/blob/97246/c0cbb8df0581d171e1dc7674941fe409/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-data.pdf>
- Nationale Plattform Elektromobilität. (2015). *Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015* (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), Hrsg.). Zugriff am 30.09.2018. Verfügbar unter [http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/NPE\\_AG3\\_Statusbericht\\_LIS\\_2015\\_barr\\_bf.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG3_Statusbericht_LIS_2015_barr_bf.pdf)
- Nationale Plattform Elektromobilität. (2017). *Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020. AG 4 - Normung, Standardisierung und Zertifizierung* (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), Hrsg.). Zugriff am 01.10.2018. Verfügbar unter [http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/Publikationen/NormungsRoadmap\\_Elektromobilitaet\\_2020\\_bf.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Publikationen/NormungsRoadmap_Elektromobilitaet_2020_bf.pdf)

- Nationale Plattform Elektromobilität. (2018). *Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase* (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), Hrsg.). Berlin. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter [http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/NPE\\_Fortschrittsbericht\\_2018\\_barrierefrei.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_Fortschrittsbericht_2018_barrierefrei.pdf)
- Nauck, E. (2014). *Die Ladestation als Knoten im Smart Grid - Vergleich aktueller Kommunikationsstandards* (Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK, Hrsg.). Zugriff am 03.10.2018. Verfügbar unter [https://www.esk.fraunhofer.de/content/dam/esk/dokumente/Whitepaper\\_Protokollvergleich.pdf](https://www.esk.fraunhofer.de/content/dam/esk/dokumente/Whitepaper_Protokollvergleich.pdf)
- Nederland Elektrisch. (2018). *Charging infrastructure*. Zugriff am 14.12.2018. Verfügbar unter <https://nederlandelektrisch.nl/charging-infrastructure>
- Netherlands Knowledge Platform for Charging Infrastructure. (2017). *Open Charge Point Interface 2.1.1*. Zugriff am 14.12.2018. Verfügbar unter [https://www.nklnederland.com/uploads/files/OCPI\\_2.1.1-RC1.pdf](https://www.nklnederland.com/uploads/files/OCPI_2.1.1-RC1.pdf)
- NOW GmbH. (2014). *Öffentliche Ladeinfrastruktur. Für Städte, Kommunen und Versorger*. Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Hrsg.). Zugriff am 03.10.2018. Verfügbar unter [https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20140207-erfolgreiche-konferenz-elektromobilitaet-vor-ort-fachkonferenz-fuer-kommunale-vertreter/oeffentliche\\_ladeinfrastruktur\\_fuer\\_staedte\\_\\_kommunen\\_und\\_versorger.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20140207-erfolgreiche-konferenz-elektromobilitaet-vor-ort-fachkonferenz-fuer-kommunale-vertreter/oeffentliche_ladeinfrastruktur_fuer_staedte__kommunen_und_versorger.pdf)
- P3 automotive GmbH. (2018a). *Management Summary - Charging Ecosystem Porsche*. (P3 internes Dokument).
- P3 automotive GmbH. (2018b). *Marktrecherche Roaming-Plattform E-clearing.net*. (P3 internes Dokument).
- P3 automotive GmbH. (2018c). *Marktrecherche Roaming-Plattform Gireve*. (P3 internes Dokument).
- P3 automotive GmbH. (2018d). *Marktrecherche Roaming-Plattform Hubject*. (P3 internes Dokument).
- P3 automotive GmbH. (2018e). *MSP Recherche - Markt Deutschland*. (P3 internes Dokument).
- P3 automotive GmbH. (2018f). *Practitioner Training Charging Technology. Welcome to our world of charging*. (P3 internes Dokument).

- Porter, M. E. (1999). *Wettbewerbsstrategie. Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten* = (*Competitive strategy*) (10. Aufl.). Frankfurt am Main: Campus-Verl.
- Rist, M. & Pizzica, A. J. (2015). *Financial Ratios for Executives. How to assess company strength, fix problems, and make better decisions*. New York: Springer Science + Business Media.
- Sauthoff, M. (2010). *Öffentliche Straßen. Straßenrecht - Straßenverkehrsrecht - Verkehrssicherungspflichten* (2., völlig überarb. Aufl.). München: Beck.
- Schnaars, S. P. (1989). *Megamistakes. Forecasting and the myth of rapid technolog. change* (1<sup>st</sup> ed.). New York: Free Press.
- Schumann, D. (2017). *Status quo Ladeinfrastruktur 2016. Workshop Dokumentation* (Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (BuW), Hrsg.). Zugriff am 01.10.2018.
- Schuster, T. & Rüdert von Collenberg, L. (2017). *Investitionsrechnung: Kapitalwert, Zinsfuß, Annuität, Amortisation* (Lehrbuch). Berlin: Springer Gabler.
- SLAM. (2017). *Übersicht Marktentwicklung und Bedarf zu eRoaming und Ad-hoc-Laden. Infobroschüre Zugangs- und Abrechnungssysteme* (ika - Institut für Kraftfahrzeuge & RWth Aachen University, Hrsg.). Zugriff am 01.10.2018. Verfügbar unter <http://www.slam-projekt.de/downloads/ap4-adhoc-laden.pdf>
- Smartlab (Hrsg.). (2018). *Open Clearing House Protocol (OCHP). What is OCHP?*. Zugriff am 07.10.2018. Verfügbar unter <http://www.ochp.eu/>
- Smatrix. (2017). *Roaming und Interoperabilität in der Elektromobilität. Ein Überblick*. Zugriff am 16.12.2018. Verfügbar unter <https://e-mobilitaet.cc/wp-content/uploads/2017/10/Hinrichs.pdf>
- Sonntag & Alexander. (2015). *Instrument Paarweiser Vergleich. PROMIDIS Handlungsleitfaden*. Zugriff am 06.12.2018. Verfügbar unter <https://www.inf.uni-hamburg.de/de/inst/ab/itmc/research/completed/promidis/instrumente/paarweiser-vergleich>
- Stadtwerke Augsburg Holding GmbH. (2017). *Geschäftsbericht 2017*. Zugriff am 19.12.2018. Verfügbar unter [https://www.sw-augsburg.de/fileadmin/content/6\\_pdf\\_Downloadcenter/4\\_Unternehmen/swaGB2017.pdf](https://www.sw-augsburg.de/fileadmin/content/6_pdf_Downloadcenter/4_Unternehmen/swaGB2017.pdf)

- Stadtwerke Düsseldorf AG. (2017). *Geschäftsbericht 2017. Erneut positives Geschäftsergebnis*. Zugriff am 17.12.2018. Verfügbar unter <https://www.swd-ag.de/ueber-uns/presse/2018/geschaeftsbericht-2017/>
- Statistisches Bundesamt. (2017). *Städte (Alle Gemeinden mit Stadtrecht) nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am 31.12.2017*. Zugriff am 12.12.2018. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/Aktuell/05Staedte.html>
- Staud, J. L. (2010). *Unternehmensmodellierung. Objektorientierte Theorie und Praxis mit UML 2.0*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Technische Universität Graz. (2016). *Smart Charging of EV. Flexible Load and Future Potential of Balancing Power*. Zugriff am 17.02.2019. Verfügbar unter [https://www.tu-graz.at/fileadmin/user\\_upload/Events/Eninnov2016/files/pr/Stream\\_G/Session\\_G2/PR\\_Schauer.pdf](https://www.tu-graz.at/fileadmin/user_upload/Events/Eninnov2016/files/pr/Stream_G/Session_G2/PR_Schauer.pdf)
- Technische Universität München. (2012). *Ökonomische Bewertung von Vehicle-to-Grid in Deutschland*. Zugriff am 17.02.2019. Verfügbar unter <http://www.i6.in.tum.de/Main/Publications/ref7.pdf>
- The Mobility House. (2018). *Ladekabelarten und Steckertypen für E-Autos | Ratgeber*. Zugriff am 17.02.2019. Verfügbar unter [https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/ratgeber/elektromobilitat-ladekabelarten-und-steckertypen](https://www.mobilityhouse.com/de_de/ratgeber/elektromobilitat-ladekabelarten-und-steckertypen)
- Thomas, O., Nüttgens, M. & Fellmann, M. (Hrsg.). (2017). *Smart Service Engineering. Konzepte und Anwendungsszenarien für die digitale Transformation*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Universität Stuttgart. (2009). *Entwicklungsstand und Perspektiven der Elektromobilität*. Zugriff am 23.01.2019. Verfügbar unter [http://www.zfes.uni-stuttgart.de/deutsch/downloads/Elektromobilit%C3%A4t\\_Endbericht\\_IER.pdf](http://www.zfes.uni-stuttgart.de/deutsch/downloads/Elektromobilit%C3%A4t_Endbericht_IER.pdf)
- V2G Clarity. (08.2018). *The road to IEC 63110 and how you can impact the international standard*. Zugriff am 05.10.2018. Verfügbar unter <http://www.v2g-clarity.com/en/blog/the-road-to-iec-63110-and-how-you-can-impact-the-international-standard/>
- VDA Verband der Automobilindustrie. (2015). *Ladeinfrastruktur-Aufbau in Deutschland*. Zugriff am 30.09.2018. Verfügbar unter <https://www.vda.de/dam/vda/publications/VDA-Positionspapier-zur-Ladeinfrastruktur/VDA%20Positionspapier%20zur%20Ladeinfrastruktur.pdf>



VDA Verband der Automobilindustrie. (2018). *Elektromobilität. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur ist wichtiger Bestandteil der Elektromobilität. Die Attraktivität von Elektrofahrzeugen hängt aus Kundensicht von der Einfachheit der Nutzung ab.* Ladeinfrastruktur. Verfügbar unter <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/elektromobilitaet/Ladeinfrastruktur.html>

VDE Verband der Elektrotechnik. (2017). *Studie „Ad-hoc-Laden und spontanes Bezahlen“. Wie sich „punktuelles Aufladen“ umsetzen lässt.* Zugriff am 12.12.2018. Verfügbar unter [https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/IKT-EM/ikt3-OVAL%20Studie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/IKT-EM/ikt3-OVAL%20Studie.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

VdS Schadenverhütung GmbH. (2015). *Ladestationen für Elektrostraßenfahrzeuge* (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV), Hrsg.). Zugriff am 28.09.2018. Verfügbar unter <https://shop.vds.de/de/download/2ec917b889370b8bde3cb66b0523af01/>

Weber, C. (2002). *XML-Grundlagen* (Seminar TU Kaiserslautern, Hrsg.). Zugriff am 17.02.2019.

## Anhang

<b>ANHANG 1</b>	<b>LISTE ÖFFENTLICHER LADEPUNKTE (BUNDESNETZAGENTUR).....</b>	<b>XXII</b>
Anhang 1.1	Liste öffentlicher Ladepunkte, vollständige Liste .....	XXII
Anhang 1.2	Liste öffentlicher Ladepunkte, Auszug Metropol-Regionen .....	XXII
Anhang 1.3	Liste öffentlicher Ladepunkte, Auszug Autobahn-Regionen.....	XXII
<b>ANHANG 2</b>	<b>PAARWEISER VERGLEICH .....</b>	<b>XXIII</b>
Anhang 2.1	Bewertungsmatrix: Paarweiser Vergleich Einflusskategorien ....	XXIII
Anhang 2.2	Paarweiser Vergleich Einflusskategorien, Perspektive MSP .....	XXIII
Anhang 2.3	Paarweiser Vergleich Einflusskategorien, Perspektive CPO.....	XXIV
Anhang 2.4	Bewertungsmatrix: Paarweiser Vergleich Einflussfaktoren .....	XXV
Anhang 2.5	Paarweiser Vergleich Einflussfaktoren, Perspektive MSP.....	XXVI
Anhang 2.6	Paarweiser Vergleich Einflussfaktoren, Perspektive CPO.....	XXVII
<b>ANHANG 3</b>	<b>VERNETZUNGSMATRIX.....</b>	<b>XXVIII</b>
Anhang 3.1	Bewertungsmatrix: Vernetzungsmatrix Einflussfaktoren.....	XXVIII
Anhang 3.2	Vernetzungsmatrix, Perspektive MSP .....	XXIX
Anhang 3.3	Vernetzungsmatrix, Perspektive CPO .....	XXX
<b>ANHANG 4</b>	<b>DATENBASIS SZENARIO-ANALYSE (MARKTANBINDUNG) .....</b>	<b>XXXI</b>
<b>ANHANG 5</b>	<b>ANWENDUNGSFÄLLE .....</b>	<b>XXXII</b>
Anhang 5.1	Priorisierung MSP-Anwendungsfälle .....	XXXII
Anhang 5.2	Priorisierung CPO-Anwendungsfälle .....	XXXII
<b>ANHANG 6</b>	<b>WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG.....</b>	<b>XXXIII</b>
Anhang 6.1	TCO-Berechnungsgrundlage .....	XXXIII
Anhang 6.2	TCO-Betrachtung Anwendungsfall 1 (MSP, lokal).....	XXXIV
Anhang 6.3	TCO-Betrachtung Anwendungsfall 2 (MSP, überregional) .....	XXXV
Anhang 6.4	TCO-Betrachtung Anwendungsfall 3 (CPO, lokal).....	XXXVI
Anhang 6.5	TCO-Betrachtung Anwendungsfall 4 (CPO, überregional) .....	XXXVII
<b>ANHANG 7</b>	<b>BEWERTUNG DER ANWENDUNGSFÄLLE.....</b>	<b>XXXVIII</b>
Anhang 7.1	Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 1 (MSP, lokal) .....	XXXVIII
Anhang 7.2	Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 2 (MSP, überregional).....	XXXIX
Anhang 7.3	Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 3 (CPO, lokal) .....	XL
Anhang 7.4	Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 4 (CPO, überregional).....	XLI

---

<b>ANHANG 8</b>	<b>BEWERTUNGSERGEBNISSE .....</b>	<b>XLII</b>
<b>Anhang 8.1</b>	<b>Radar-Diagramm der Bewertungsdimension Technologie.....</b>	<b>XLII</b>
<b>Anhang 8.2</b>	<b>Radar-Diagramm der Bewertungsdimension Marktanbindung ...</b>	<b>XLIII</b>
<b>Anhang 8.3</b>	<b>Radar-Diagramm der Bewertungsdimension Kosteneffizienz.....</b>	<b>XLIV</b>
<b>ANHANG 9</b>	<b>VERGLEICHSMODELL .....</b>	<b>XLV</b>
<b>ANHANG 10</b>	<b>NICHT VERÖFFENTLICHTE QUELLEN UND INTERNETQUELLEN ..</b>	<b>XLV</b>

---

**ANHANG 1                    LISTE ÖFFENTLICHER LADEPUNKTE (BUNDESNETZAGENTUR)**

**Anhang 1.1                Liste öffentlicher Ladepunkte, vollständige Liste**

Siehe beigefügte CD

**Anhang 1.2                Liste öffentlicher Ladepunkte, Auszug Metropol-Regionen**

Siehe beigefügte CD

**Anhang 1.3                Liste öffentlicher Ladepunkte, Auszug Autobahn-Regionen**

Siehe beigefügte CD

## ANHANG 2 PAARWEISER VERGLEICH

### Anhang 2.1 Bewertungsmatrix: Paarweiser Vergleich Einflusskategorien

		Einflusskategorien			Summe	Wert [%]	Rangfolge
		Technologie	Marktanbindung	Kosten			
Einflusskategorien	Technologie			0			
	Marktanbindung						
	Kosten						
Summe							

### Anhang 2.2 Paarweiser Vergleich Einflusskategorien, Perspektive MSP

Bewertung: Christoph Parsiegla (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

		Einflusskategorien			Summe	Wert [%]	Rangfolge
		Technologie	Marktanbindung	Kosten			
Einflusskategorien	Technologie		1	0	1	17%	3
	Marktanbindung	1		1	2	33%	2
	Kosten	2	1		3	50%	1
Summe					6	100%	

**Anhang 2.3****Paarweiser Vergleich Einflusskategorien, Perspektive CPO**

Bewertung:

Christoph Parsiegla (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

		Einflusskategorien			Summe	Wert [%]	Rangfolge
		Technologie	Marktanbindung	Kosten			
Einflusskategorien	Technologie		1	0	1	17%	3
	Marktanbindung	1		1	2	33%	2
	Kosten	2	1		3	50%	1
Summe					6	100%	

### Bewertungsmatrix: Paarweiser Vergleich Einflussfaktoren

		Technologie						Marktanbindung						Kosten						
		eRoaming	Reservierungsfunktion	Smart Charging	Ladepunktinformationen	Plug&Charge	Abrechnungsservice	Navigationsdaten	Aktive Märkte	Ladepunkte	Abdeckungsgrad Deutschland	CPO-Anbindung	MSP-Anbindung	Metropolindex	Autobahnindex	Initiale Kosten	Laufende Kosten	Zusätzliche kosten	Summe	Wert [%]
Technologie	eRoaming																			
	Reservierungsfunktion																			
	Smart Charging																			
	Ladepunktinformationen																			
	Plug&Charge																			
	Abrechnungsservice																			
	Navigationsdaten																			
Summe																		100%		
Marktanbindung	Aktive Märkte																			
	Ladepunkte																			
	Abdeckungsgrad Deutschland																			
	CPO-Anbindung																			
	MSP-Anbindung																			
	Metropolindex																			
	Autobahnindex																			
Summe																		100%		
Kosten	Initiale Kosten																			
	Laufende Kosten																			
	Zusätzliche Kosten																			
Summe																		100%		

## Anhang 2.5

## Paarweiser Vergleich Einflussfaktoren, Perspektive MSP

Bewertung:

Christoph Parsieglä (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

		Technologie							Marktanbindung							Kosten					
		eRoaming	Reservierungsfunktion	Smart Charging	Ladepunktinformationen	Plug&Charge	Abrechnungsservice	Navigationsdaten	Aktive Märkte	Ladepunkte	Abdeckungsgrad Deutschland	CPO-Anbindung	MSP-Anbindung	Metropolindex	Autobahnindex	Initiale Kosten	Laufende Kosten	Zusätzliche Kosten			
Technologie	eRoaming		2	2	2	2	2	2											12	29%	1
	Reservierungsfunktion	0		1	0	1	2	2											6	14%	3
	Smart Charging	0	1		0	1	2	2											6	14%	3
	Ladepunktinformationen	0	2	2		2	2	2											10	24%	2
	Plug&Charge	0	1	1	0		2	2											6	14%	3
	Abrechnungsservice	0	0	0	0	0		1											1	2%	4
	Navigationsdaten	0	0	0	0	0	1												1	2%	4
Summe																			42	100%	
Marktanbindung	Aktive Märkte									0	0	0		1	1				2	7%	4
	Ladepunkte								2		1	2		2	2				9	30%	1
	Abdeckungsgrad Deutschland								2	1		2		1	1				7	23%	2
	CPO-Anbindung								2	0	0			0	0				2	7%	4
	MSP-Anbindung																				
	Metropolindex								1	0	1	2			1				5	17%	3
	Autobahnindex								1	0	1	2		1					5	17%	3
Summe																			30	100%	
Kosten	Initiale Kosten															1	1		2	33,3%	1
	Laufende Kosten															1		1	2	33,3%	1
	Zusätzliche Kosten															1	1		2	33,3%	1
Summe																			6	100%	



## Anhang 2.6

## Paarweiser Vergleich Einflussfaktoren, Perspektive CPO

Bewertung:

Christoph Parsieglä (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

		Technologie							Marktanbindung							Kosten			Summe			Wert [%]			Rangfolge		
		eRoaming	Reservierungsfunktion	Smart Charging	Ladepunktinformationen	Plug&Charge	Abrechnungsservice	Navigationsdaten	Aktive Märkte	Ladepunkte	Abdeckungsgrad Deutschland	CPO-Anbindung	MSP-Anbindung	Metropolindex	Autobahnindex	Initiale Kosten	Laufende Kosten	Zusätzliche kosten									
Technologie	eRoaming		2	1	2	2	2	2												11	26%	1					
	Reservierungsfunktion	0		0	1	1	2	2												6	14%	2					
	Smart Charging	1	2		2	2	2	2												11	26%	1					
	Ladepunktinformationen	0	1	0		1	2	2												6	14%	2					
	Plug&Charge	0	1	0	1		2	2												6	14%	2					
	Abrechnungsservice	0	0	0	0	0		1												1	2%	3					
	Navigationsdaten	0	0	0	0	0	1													1	2%	3					
Summe																			42	100%							
Marktanbindung	Aktive Märkte											0	1	1						2	17%	2					
	Ladepunkte																										
	Abdeckungsgrad Deutschland																										
	CPO-Anbindung																										
	MSP-Anbindung								2					2	2					6	50%	1					
	Metropolindex								1				0		1					2	17%	2					
	Autobahnindex								1					0	1					2	17%	2					
Summe																			12	100%							
Kosten	Initiale Kosten															1	1		2	33,3%	1						
	Laufende Kosten															1		1	2	33,3%	1						
	Zusätzliche Kosten															1	1		2	33,3%	1						
Summe																			6	100%							

## VERNETZUNGSMATRIX

### Anhang 3.1 Bewertungsmatrix: Vernetzungsmatrix Einflussfaktoren

[illegible]

## Anhang 3.2

## Vernetzungsmatrix, Perspektive MSP

Bewertung: Christoph Parsiegla (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

		Technologie					Marktanbindung						Kosten			Aktivsumme
		eRoaming	Reservierungsfunktion	Smart Charging	Ladepunktinformationen	Plug&Charge	Aktive Märkte	Ladepunkte	Abdeckungsgrad Deutschland	CPO-Anbindung	Metropolindex	Autobahnindex	Initiale Kosten	Laufende Kosten	Zusätzliche Kosten	
Technologie	eRoaming		0	0	0	0	2	2	1	2	1	1	2	2	0	13
	Reservierungsfunktion	0		0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	4
	Smart Charging	0	0		1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	2	7
	Ladepunktinformationen	0	1	1		2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	7
	Plug&Charge	0	0	2	0		0	0	0	1	0	0	1	1	2	7
Marktanbindung	Aktive Märkte	1	0	0	0	0		1	1	2	0	0	2	2	0	9
	Ladepunkte	0	0	0	0	0	1		2	1	1	1	1	1	0	8
	Abdeckungsgrad Deutschland	0	0	0	0	0	1	0		1	0	0	1	1	0	4
	CPO-Anbindung	1	1	1	0	1	1	2	2		1	1	2	2	0	15
	Metropolindex	0	0	0	0	0	0	1	0	1		1	1	1	0	5
	Autobahnindex	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1		1	1	0	5
Kosten	Initiale Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
	Laufende Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	Zusätzliche Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Passivsumme		2	2	4	2	4	5	7	6	12	5	5	12	13	5	

**Anhang 3.3****Vernetzungsmatrix, Perspektive CPO**

Bewertung: Christoph Parsiegla (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

		Technologie					Marktanbindung				Kosten			Aktivsumme
		eRoaming	Reservierungsfunktion	Smart Charging	Ladepunktinformationen	Plug&Charge	Aktive Märkte	MSP-Anbindung	Metropolindex	Autobahnindex	Initiale Kosten	Laufende Kosten	Zusätzliche Kosten	
Technologie	eRoaming		0	0	0	0	2	2	1	1	2	2	0	10
	Reservierungsfunktion	0		0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	4
	Smart Charging	0	0		1	1	0	1	0	0	1	1	2	7
	Ladepunktinformationen	0	1	1		2	0	1	1	1	0	0	0	7
	Plug&Charge	0	0	2	0		0	1	0	0	1	1	2	7
Marktanbindung	Aktive Märkte	1	0	0	0	0		2	0	0	2	2	0	7
	MSP-Anbindung	1	1	1	0	1	1		1	1	2	2	0	11
	Metropolindex	0	0	0	0	0	0	1		1	1	1	0	4
	Autobahnindex	0	0	0	0	0	0	1	1		1	1	0	4
Kosten	Initiale Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
	Laufende Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	Zusätzliche Kosten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Passivsumme		2	2	4	2	4	3	10	4	4	10	11	5	

**ANHANG 4                    DATENBASIS SZENARIO-ANALYSE (MARKTANBINDUNG)**

Datenbasis der Einflusskategorie „Marktanbindung“ sowie detaillierte Informationen bzgl. der Auswertungen des Metropol- und Autobahnindex innerhalb der eRoaming-Szenarien.

Siehe beigefügte CD

## ANHANG 5 ANWENDUNGSFÄLLE

### Anhang 5.1 Priorisierung MSP-Anwendungsfälle

Bewertung: Christoph Parsiegla (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

Use Cases			MSP-Use Cases	
			Use Case 1 - lokal: "Stadtwerke Düsseldorf"	Use Case 2 - überregional: "ChargeNow" (BMW)
User Factor		Eigenschaft des User Factors		
Technologie	eRoaming	qualitativ	Hohe Priorität	Sehr hohe Priorität
	Reservierungsfunktion	qualitativ	Hohe Priorität	Hohe Priorität
	Smart Charging	qualitativ	Hohe Priorität	Hohe Priorität
	Ladepunktinformationen	qualitativ	Hohe Priorität	Hohe Priorität
	Plug&Charge	qualitativ	Niedrige Priorität	Hohe Priorität
Marktanbindung	Aktive Märkte (Länder)	qualitativ	Niedrige Priorität	Sehr hohe Priorität
	Ladepunkte (Gesamtnetz)	qualitativ	Hohe Priorität	Sehr hohe Priorität
	Abdeckungsgrad (Deutschland)	qualitativ	Sehr hohe Priorität	Sehr hohe Priorität
	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ	Niedrige Priorität	Hohe Priorität
	CPO-Anbindung (Deutschland)	qualitativ	Hohe Priorität	Mittlere Priorität
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ		
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Stadt"	qualitativ	Sehr hohe Priorität	Mittlere Priorität
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Autobahn"	qualitativ	Niedrige Priorität	Sehr hohe Priorität

### Anhang 5.2 Priorisierung CPO-Anwendungsfälle

Bewertung: Christoph Parsiegla (P3 Experte, IKT Ladeinfrastruktur)

Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

Use Cases			CPO-Use Cases	
			Use Case 3 - lokal: "Stadtwerke Augsburg"	Use Case 4 - überregional: "innogy SE"
User Factor		Eigenschaft des User Factors		
Technologie	eRoaming	qualitativ	Hohe Priorität	Sehr hohe Priorität
	Reservierungsfunktion	qualitativ	Hohe Priorität	Hohe Priorität
	Smart Charging	qualitativ	Mittlere Priorität	Sehr hohe Priorität
	Ladepunktinformationen	qualitativ	Hohe Priorität	Hohe Priorität
	Plug&Charge	qualitativ	Hohe Priorität	Hohe Priorität
Marktanbindung	Aktive Märkte (Länder)	qualitativ	Niedrige Priorität	Sehr hohe Priorität
	Ladepunkte (Gesamtnetz)	qualitativ		
	Abdeckungsgrad (Deutschland)	qualitativ		
	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ		
	CPO-Anbindung (Deutschland)	qualitativ		
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)	qualitativ	Sehr hohe Priorität	Sehr hohe Priorität
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Stadt"	qualitativ	Sehr hohe Priorität	Mittlere Priorität
	Angebundene Ladepunkte mit Fokus "Autobahn"	qualitativ	Niedrige Priorität	Sehr hohe Priorität

**ANHANG 6                    WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG****Anhang 6.1                TCO-Berechnungsgrundlage**

Bewertung:                Peter Gessler (P3 Experte, IT-Backend Kommunikation)

                                Theresa Gündling (P3 Masterandin, Ladeinfrastruktur)

Siehe beigefügte CD

(Inhalte vgl. Amazon Web Services, 2018a, 2018b, 2018c; e-clearing.net, 2018c; Gireve, 2018a, 2018b; Hubject GmbH, 2018e, 2018f)

## Anhang 6.2

## TCO-Betrachtung Anwendungsfall 1 (MSP, lokal)

MSP	Year of ownership	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hubject	Capex	5.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €
	Gesamtkosten	5.000,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €	9.948,00 €
	TCO	5.000,00 €	14.948,00 €	24.896,00 €	34.844,00 €	44.792,00 €	54.740,00 €	64.688,00 €	74.636,00 €	84.584,00 €	94.532,00 €	104.480,00 €
E-clearing.net	Capex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
	Gesamtkosten	- €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
	TCO	- €	10.000,00 €	20.000,00 €	30.000,00 €	40.000,00 €	50.000,00 €	60.000,00 €	70.000,00 €	80.000,00 €	90.000,00 €	100.000,00 €
Gireve	Capex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €
	Gesamtkosten	- €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €	7.500,00 €
	TCO	- €	7.500,00 €	15.000,00 €	22.500,00 €	30.000,00 €	37.500,00 €	45.000,00 €	52.500,00 €	60.000,00 €	67.500,00 €	75.000,00 €
Peer-to-Peer	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
System-Entwicklungskosten	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Betriebskosten AWS Hosting	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
API Gateway	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
ELB (Elastic Load Balancing)	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
EC2 (Virtuelle Server in der Cloud)	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
MySQL Datenbank	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gesamtkosten (kumuliert)	Capex	101.300,00 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €
	Opex	- €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €
	Gesamtkosten	101.300,00 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €
	TCO	101.300,00 €	104.746,22 €	108.192,44 €	111.638,66 €	115.084,88 €	118.531,10 €	121.977,32 €	125.423,55 €	128.869,77 €	132.315,99 €	135.762,21 €



## Anhang 6.3

## TCO-Betrachtung Anwendungsfall 2 (MSP, überregional)

MSP	Year of ownership	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hubject	Capex	5.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €
	Gesamtkosten	5.000,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €	166.548,00 €
	TCO	5.000,00 €	171.548,00 €	338.096,00 €	504.644,00 €	671.192,00 €	837.740,00 €	1.004.288,00 €	1.170.836,00 €	1.337.384,00 €	1.503.932,00 €	1.670.480,00 €
E-clearing.net	Capex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €
	Gesamtkosten	- €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €
	TCO	- €	15.000,00 €	30.000,00 €	45.000,00 €	60.000,00 €	75.000,00 €	90.000,00 €	105.000,00 €	120.000,00 €	135.000,00 €	150.000,00 €
Gireve	Capex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €
	Gesamtkosten	- €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €
	TCO	- €	75.000,00 €	150.000,00 €	225.000,00 €	300.000,00 €	375.000,00 €	450.000,00 €	525.000,00 €	600.000,00 €	675.000,00 €	750.000,00 €
Peer-to-Peer	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	System-Entwicklungskosten	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	IT-Architekt	12.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Datenarchitekt	39.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Projektleiter	6.600,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Softwareentwickler	18.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Cloudarchitekt	4.500,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Scrum Master	4.200,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Testingenieur	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	IT Security Experte	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Betriebskosten AWS Hosting	- €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €
	API Gateway	- €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €
	ELB (Elastic Load Balancing)	- €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €
	EC2 (Virtuelle Server in der Cloud)	- €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €
	MySQL Datenbank	101.300,00 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €
	Gesamtkosten	101.300,00 €	105.574,97 €	109.849,94 €	114.124,91 €	118.399,88 €	122.674,85 €	126.949,82 €	131.224,79 €	135.499,76 €	139.774,73 €	144.049,70 €
	TCO	101.300,00 €	105.574,97 €	109.849,94 €	114.124,91 €	118.399,88 €	122.674,85 €	126.949,82 €	131.224,79 €	135.499,76 €	139.774,73 €	144.049,70 €

## Anhang 6.4

## TCO-Betrachtung Anwendungsfall 3 (CPO, lokal)

CPO	Year of ownership	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hubject	Capex	5.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €
	TCO	5.000,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €
	Gesamtkosten (kumuliert)	5.000,00 €	6.188,00 €	7.376,00 €	8.564,00 €	9.752,00 €	10.940,00 €	12.128,00 €	13.316,00 €	14.504,00 €	15.692,00 €	16.880,00 €
E-clearing.net	Capex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
	TCO	- €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
	Gesamtkosten (kumuliert)	- €	10.000,00 €	20.000,00 €	30.000,00 €	40.000,00 €	50.000,00 €	60.000,00 €	70.000,00 €	80.000,00 €	90.000,00 €	100.000,00 €
Gireve	Capex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten (kumuliert)	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Peer-to-Peer	Capex	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Gesamtkosten (kumuliert)	17.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
System-Entwicklungskosten	IT-Architekt	14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Datenarchitekt	3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Projektleiter	12.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Softwareentwickler	39.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Cloudarchitektur	Cloudarchitekt	6.600,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Scrum Master	18.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Testingenieur	4.500,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	IT Security Experte	4.200,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Betriebskosten AWS Hosting	API Gateway	- €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €
	ELB (Elastic Load Balancing)	- €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €
	EC2 (Virtuelle Server in der Cloud)	- €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €	1.657,50 €
	MySQL Datenbank	- €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €
Gesamtkosten	Capex	101.300,00 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €
	Opex	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	101.300,00 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €	3.446,22 €
	Gesamtkosten (kumuliert)	101.300,00 €	104.746,22 €	108.192,44 €	111.638,66 €	115.084,88 €	118.531,10 €	121.977,32 €	125.423,55 €	128.869,77 €	132.315,99 €	135.762,21 €

## Anhang 6.5

## TCO-Betrachtung Anwendungsfall 4 (CPO, überregional)

CPO	Hubject	Year of ownership	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CPO	Capex	Initiale Kosten Plattform Anbindung	5.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	Grundgebühr Plattform	- €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €
	Opex	Gesamtkosten	5.000,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €	1.188,00 €
	TCO	Gesamtkosten (kumuliert)	5.000,00 €	6.188,00 €	7.376,00 €	8.564,00 €	9.752,00 €	10.940,00 €	12.128,00 €	13.316,00 €	14.504,00 €	15.692,00 €	16.880,00 €
E-clearing.net	Capex	Initiale Kosten Plattform Anbindung	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	Grundgebühr Plattform	- €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €
	Opex	Gesamtkosten	- €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €
	TCO	Gesamtkosten (kumuliert)	- €	15.000,00 €	30.000,00 €	45.000,00 €	60.000,00 €	75.000,00 €	90.000,00 €	105.000,00 €	120.000,00 €	135.000,00 €	150.000,00 €
Gireve	Capex	Initiale Kosten Plattform Anbindung	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	Grundgebühr Plattform	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	Gesamtkosten	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	TCO	Gesamtkosten (kumuliert)	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Peer-to-Peer	Capex	System-Entwicklungskosten											
	IT-Architekt		14.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Datenarchitekt		3.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Projektleiter		12.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Softwareentwickler		39.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Cloudarchitekt		6.600,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Scrum Master		18.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Testingenieur		4.500,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	IT Security Experte		4.200,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
	Opex	Betriebskosten AWS Hosting											
	API Gateway		- €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €	592,59 €
	ELB (Elastic Load Balancing)		- €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €	456,09 €
	EC2 (Virtuelle Server in der Cloud)		- €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €	2.486,25 €
	MySQL Datenbank		- €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €	740,04 €
	Gesamtkosten		101.300,00 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €	4.274,97 €
	TCO	Gesamtkosten (kumuliert)	101.300,00 €	105.574,97 €	109.849,94 €	114.124,91 €	118.399,88 €	122.674,85 €	126.949,82 €	131.224,79 €	135.499,76 €	139.774,73 €	144.049,70 €

## ANHANG 7

## BEWERTUNG DER ANWENDUNGSFÄLLE

## Anhang 7.1

## Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 1 (MSP, lokal)

eRoaming										Peer-to-Peer-Szenario		
A.1				A.2			A.3		B			
HUBject				E-clearing.net			Gireve		Peer-to-Peer			
Kriterien	Gewichtung	Gewichtung	Gewichtung	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	
	$g_j$	$g_{jk}$	$g_j * g_{jk}$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	
Technologie		0,333										
	eRoaming		0,231	0,077	10	0,769	10	0,769	10	0,769	0	0,000
	Reservierungsfunktion		0,231	0,077	10	0,769	10	0,769	0	0,000	10	0,769
	Smart Charging		0,231	0,077	0	0,000	0	0,000	10	0,769	10	0,769
	Ladepunktinformationen		0,231	0,077	10	0,769	10	0,769	10	0,769	10	0,769
	Plug&Charge (Authentifizierung)		0,077	0,026	10	0,256	0	0,000	0	0,000	0	0,000
Zwischensumme		1			2,564		2,308		2,308		2,308	
Marktanbindung		0,667										
	Aktiver Märkte		0,059	0,039	9	0,353	6	0,235	8	0,314	1	0,039
	Ladepunkte (Gesamtnetz)		0,176	0,118	10	1,176	3	0,353	8	0,941	1	0,118
	Abdeckungsgrad (Deutschland)		0,235	0,157	8	1,255	8	1,255	5	0,784	1	0,157
	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)		0,059	0,039	5	0,196	4	0,157	4	0,157	2	0,078
	CPO-Anbindung (Deutschland)		0,176	0,118	10	1,176	9	1,059	2	0,235	8	0,941
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)		0,000	0,000	9	0,000	7	0,000	10	0,000	0	0,000
	Metropolindex		0,235	0,157	3	0,471	9	1,412	4	0,627	10	1,569
	Autobahnindex		0,059	0,039	10	0,392	6	0,235	1	0,039	3	0,118
	Zwischensumme	1	1			5,020		4,706		3,098		3,020
Summe	1				7,584		7,014		5,406		5,327	
Anfolge												

eRoaming										Peer-to-Peer-Szenario							
										A.3		B					
										A.2		Gireve		Peer-to-Peer			
										A.1		Hubject					
Kriterien	Gewichtung	Gewichtung	Gewichtung	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert		
	$g_i$	$g_{jk}$	$g_j * g_{jk}$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$		
<b>Kosteneffizienz</b>																	
TCO	0,500																
				10	0,125	10	1,25	10	1,25	10	1,25	1	0,125	1	0,125		
Initiale Kosten (CapEx)		0,250	0,125	1	0,125	1	0,125	3	0,375	3	0,375	7	0,875	7	0,875		
Laufende Betriebskosten (OpEx)		0,250	0,125	3	0,75	3	0,75	5	1,25	5	1,25	1	0,25	1	0,25		
Gesamtkosten (TCO)		0,500	0,250														
Zwischensumme		1			2,125		2,125		2,875		2,875		1,25		1,25		
Kennwert	0,500			3	1,5	3	1,5	5	2,5	5	2,5	1	0,5	1	0,5		
Gesamtkosten pro Kundenvertrag		1,000	0,500														
Zwischensumme		1			1,5		1,5		2,5		2,5		0,5		0,5		
Summe	1				3,625		3,625		5,375		5,375		1,75		1,75		
Rangfolge				2		2		1				4					

## Anhang 7.2

## Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 2 (MSP, überregional)

eRoaming												Peer-to-Peer-Szenario	
Kriterien	A.1			A.2			A.3			B			
	Hubject			e-clearing.net			Gireve			Peer-to-Peer			
	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	
Technologie		$g_j$	$g_{jk}$	Gewichtung	Gewichtung	$g_j * g_{jk}$							
		0,333											
	eRoaming		0,250	0,083	10	0,833	10	0,833	10	0,833	0	0,000	
	Reservierungsfunktion		0,188	0,063	10	0,625	10	0,625	0	0,000	10	0,625	
	Smart Charging		0,188	0,063	0	0,000	0	0,000	10	0,625	10	0,625	
	Ladepunktinformationen		0,188	0,063	10	0,625	10	0,625	10	0,625	10	0,625	
Marktanbindung	Plug&Charge (Authentifizierung)		0,188	0,063	10	0,625	0	0,000	0	0,000	0	0,000	
	Zwischensumme		1		2,708	2,083		2,083		2,083	1,875		
		0,667											
	Aktiver Märkte		0,174	0,116	9	1,043	6	0,696	8	0,928	4	0,464	
	Ladepunkte (Gesamtnetz)		0,174	0,116	10	1,159	3	0,348	8	0,928	2	0,232	
	Abdeckungsgrad (Deutschland)		0,174	0,116	8	0,928	8	0,928	5	0,580	9	1,043	
Kosten	CPO-Anbindung (Gesamtnetz)		0,130	0,087	5	0,435	4	0,348	4	0,348	5	0,435	
	CPO-Anbindung (Deutschland)		0,087	0,058	10	0,580	9	0,522	2	0,116	5	0,290	
	MSP-Anbindung (Gesamtnetz)		0,000	0,000	9	0,000	7	0,000	10	0,000	0	0,000	
	Metropolindex		0,087	0,058	3	0,174	9	0,522	4	0,232	6	0,348	
	Autobahnindex		0,174	0,116	10	1,159	6	0,696	1	0,116	10	1,159	
	Zwischensumme		1		5,478	4,058	6	0,696	3,246	3,971	5,846		
Summe		1		8,187	6,141		2	4		3			
Rangfolge													
					1								
eRoaming												Peer-to-Peer-Szenario	
Kriterien	A.1			A.2			A.3			B			
	Hubject			e-clearing.net			Gireve			Peer-to-Peer			
	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$	
Kostenineffizienz		$g_j$	$g_{jk}$	Gewichtung	Gewichtung	$g_j * g_{jk}$							
		0,500											
	Initiale Kosten (CapEx)		0,250	0,125	10	1,25	10	1,25	10	1,25	1	0,125	
	Laufende Betriebskosten (OpEx)		0,250	0,125	1	0,125	10	1,25	6	0,75	10	1,25	
	Gesamtkosten (TCO)		0,500	0,250	1	0,25	10	2,5	6	1,5	10	2,5	
	Zwischensumme		1		1,625	5		3,5		3,875			
Kennwert		0,500											
	Gesamtkosten pro Kundenvertrag		1,000	0,500	1	0,5	10	5	6	3	10	5	
	Zwischensumme		1		0,5	5		3		5			
	Summe		1		2,125	10		6,5		8,875			
Rangfolge													
					4								



### Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 3 (CPO, lokal)

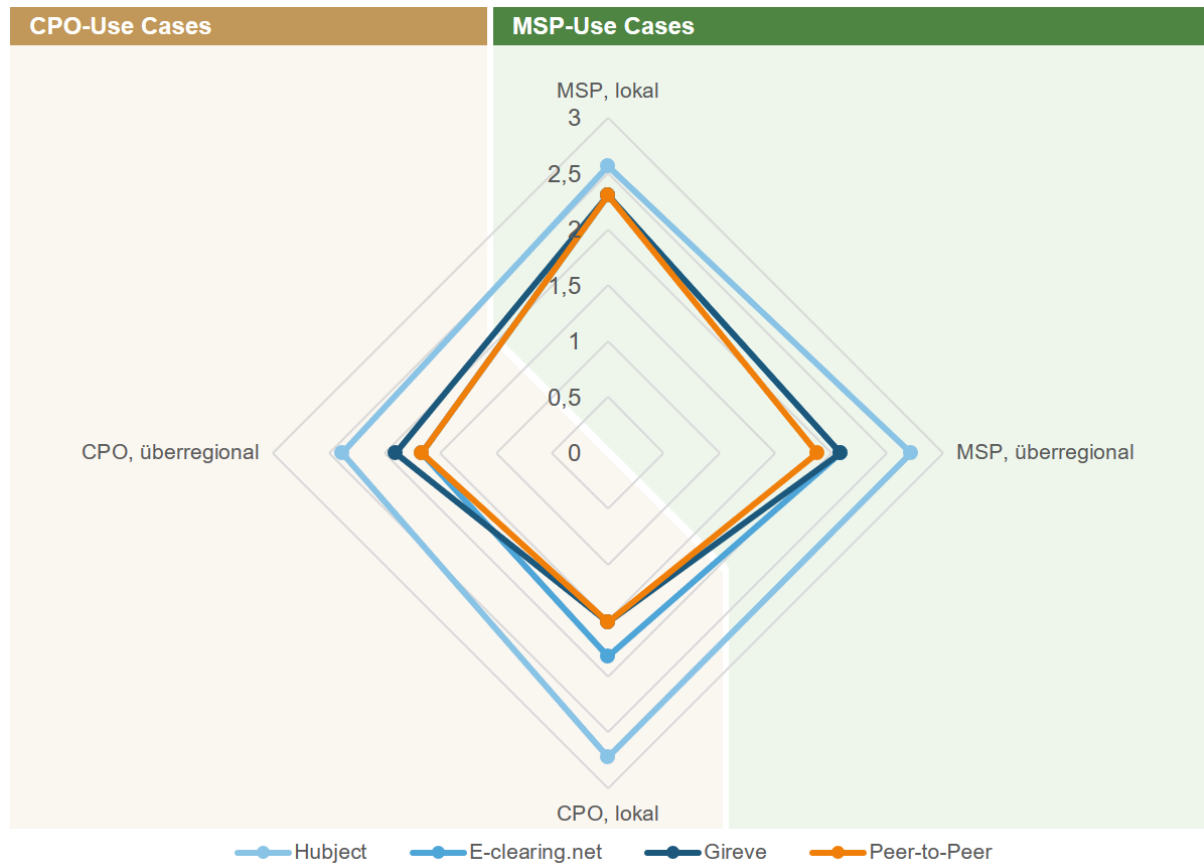
eRoaming												Peer-to-Peer-Szenario	
A.1				A.2				A.3				B	
Hubject				e-clearing.net				Gireve				Peer-to-Peer	
Kriterien	Gewichtung	Gewichtung	Gewichtung	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert
	$g_j$	$g_{jk}$	$g_j * g_{jk}$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$
<b>Kosteneffizienz</b>	0,500												
TCO													
		0,250	0,125	10	1,25	10	1,25	10	1,25	1	0,125	1	0,125
Initiale Kosten (CapEx)		0,250	0,125	9	1,125	1	0,125	10	1,25	7	0,875	7	0,875
Laufende Betriebskosten (OpEx)		0,500	0,250	9	2,25	3	0,75	10	2,5	1	0,25	1	0,25
Gesamtkosten (TCO)		1			4,625		2,125		5		1,25		1,25
Zwischensumme													
Kennwert	0,500	1,000	0,500	9	4,5	3	1,5	10	5	1	0,5	1	0,5
Gesamtkosten pro Ladepunkt		1			4,5		1,5		5		0,5		0,5
Zwischensumme					9,125		3,625		10		1,75		1,75
Summe	1												
Rangfolge				2		3		1		4			

## Anhang 7.4

## Nutzwertanalyse, Anwendungsfall 4 (CPO, überregional)

eRoaming													Peer-to-Peer-Szenario	
A.1				A.2				A.3				B		
Hubject				e-clearing.net				Gireve				Peer-to-Peer		
Kriterien	Gewichtung	Gewichtung	Gewichtung	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	Maßzahl	Nutzwert	
				$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$	$m_i$	$g_j * g_{jk} * m_i$			
Technologie	0,333													
		eRoaming		0,235	0,078	10	0,784	10	0,784	10	0,784	0	0,000	
		Reservierungsfunktion		0,176	0,059	10	0,588	10	0,588	0	0,000	10	0,588	
		Smart Charging		0,235	0,078	0	0,000	0	0,000	10	0,784	10	0,784	
		Ladepunktinformationen		0,176	0,059	10	0,588	10	0,588	10	0,588	10	0,588	
		Plug&Charge (Authentifizierung)		0,176	0,059	10	0,588	0	0,000	0	0,000	0	0,000	
Zwischensumme				1		2,549		1,961		2,157		1,961		
Marktanbindung	0,667													
		Aktiver Märkte		0,286	0,190	9	1,714	6	1,143	8	1,524	4	0,762	
		Ladepunkte (Gesamtnetz)		0,000	0,000	10	0,000	3	0,000	8	0,000	2	0,000	
		Abdeckungsgrad (Deutschland)		0,000	0,000	8	0,000	8	0,000	5	0,000	10	0,000	
		CPO-Anbindung (Gesamtnetz)		0,000	0,000	5	0,000	4	0,000	4	0,000	0	0,000	
		CPO-Anbindung (Deutschland)		0,000	0,000	10	0,000	9	0,000	2	0,000	0	0,000	
		MSP-Anbindung (Gesamtnetz)		0,286	0,190	9	1,714	7	1,333	10	1,905	0	0,000	
		Metropolindex		0,143	0,095	3	0,286	9	0,857	4	0,381	6	0,571	
		Autobahnindex		0,286	0,190	10	1,905	6	1,143	1	0,190	10	1,905	
		Zwischensumme	1				5,619		4,476		4,000		3,238	
Summe	1				8,168		6,437		6,157		5,199			
Rangfolge				1		2		3			4			

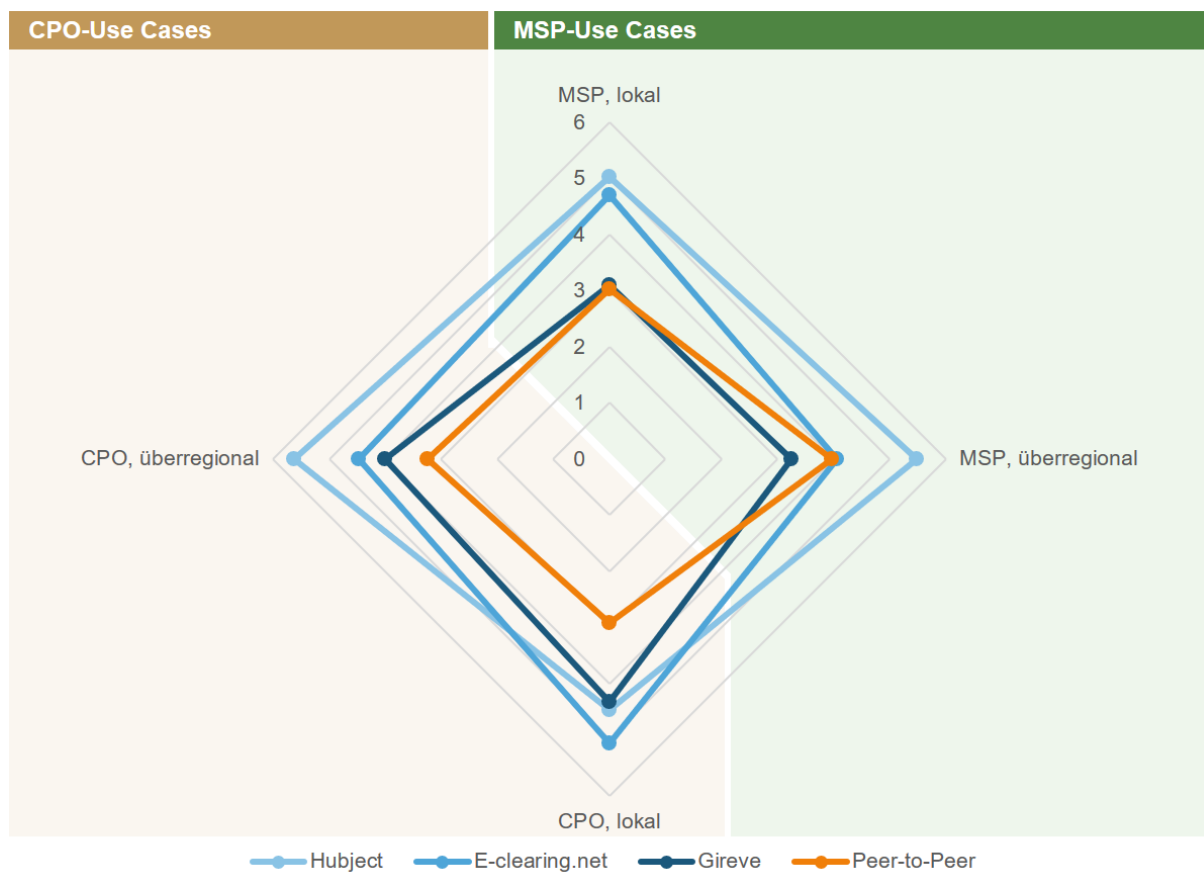
eRoaming												Peer-to-Peer-Szenario			
Kriterien	A.1				A.2				A.3		B				
	Hubject				e-clearing.net				Gireve		Peer-to-Peer				
	Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$		Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$		Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$		Maßzahl	Nutzwert	$g_j * g_{jk} * m_i$
Kosteneffizienz															
	TCO														
Kennwert															
Summe															
Rangfolge															

**ANHANG 8      BEWERTUNGSERGEBNISSE****Anhang 8.1      Radar-Diagramm der Bewertungsdimension Technologie**



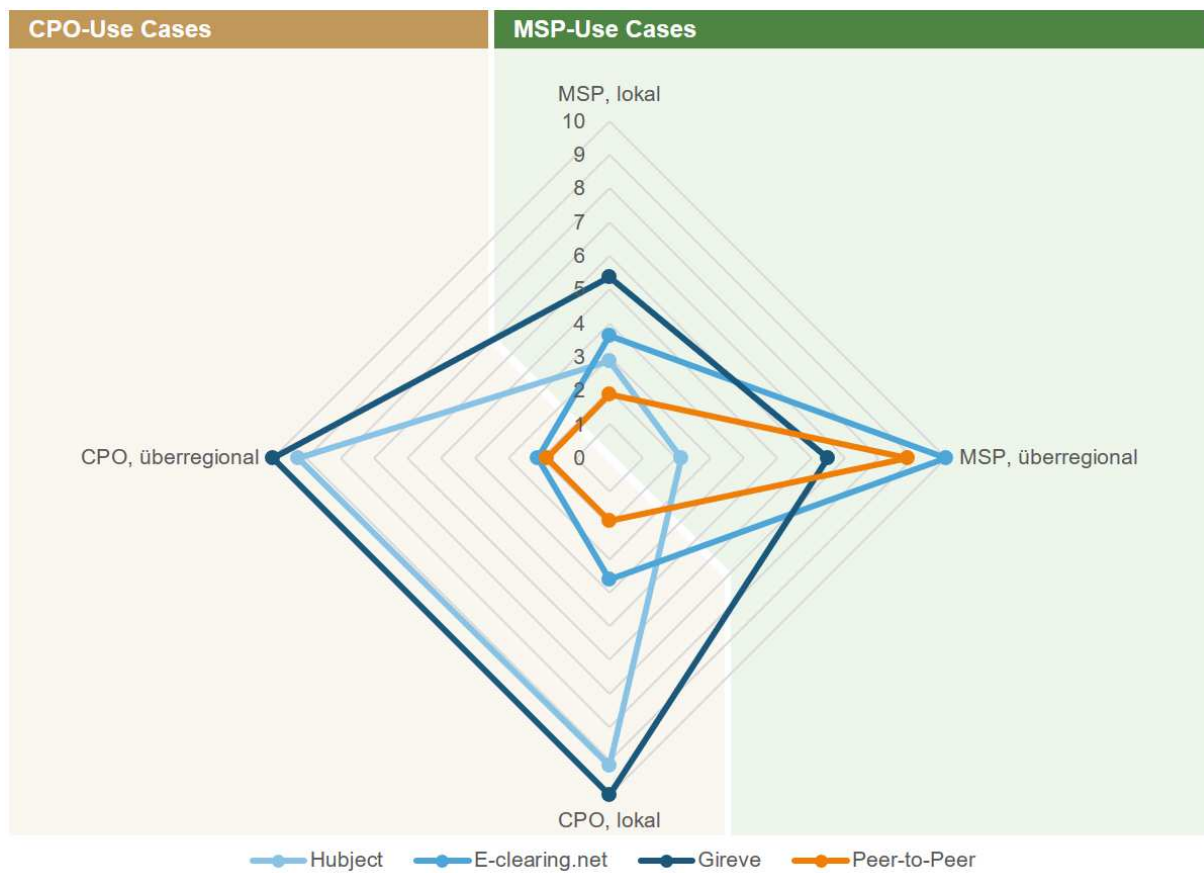
## Anhang 8.2

## Radar-Diagramm der Bewertungsdimension Marktanbindung



## Anhang 8.3

## Radar-Diagramm der Bewertungsdimension Kosteneffizienz



## **ANHANG 9            VERGLEICHSMODELL**

Siehe beigefügte CD

## **ANHANG 10            NICHT VERÖFFENTLICHTE QUELLEN UND INTERNETQUELLEN**

Siehe beigefügte CD

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, Theresa Gündling, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel

„Entwicklung eines marktorientierten Vergleichsmodells zur technischen  
Anbindungsmöglichkeit von Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur“

selbstständig verfasst, noch nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt, keine anderen  
als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt und wörtliche sowie sinngemäße Zitate  
als solche gekennzeichnet haben.

München, den 21.02.2019

---

Theresa Gündling

## Lebenslauf

## THERESA GÜNDLING



## PERSÖNLICHE DATEN

Anschrift  
Telefon  
E-Mail  
Geburtsdatum  
Geburtsort  
Staatsangehörigkeit

Schleißheimer Str. 189, 80797 München  
01590 1034664  
theresa\_guendling@gmx.de  
14. Mai 1991  
Bad Neustadt a. d. Saale  
deutsch

## FACHLICH THEORETISCHE QUALIFIKATION

## STUDIUM:

**Hochschule München**

Fakultät: Wirtschaftsingenieurwesen  
Technische Fachrichtung: Maschinenbau  
Angestrebter Abschluss: Master of Engineering  
(Ø-Note: 1,9)

seit 03.2016

**Masterarbeit**

„Entwicklung eines marktorientierten Vergleichsmodells  
zur technischen Anbindungsmöglichkeit von  
Elektromobilitätsdiensten mit Ladeinfrastruktur“  
Unternehmen: P3 automotive GmbH, München  
Themenfeld: Elektromobilität, Ladeinfrastruktur (E-Roaming)

04.2018 – 02.2019

**Fachhochschule Würzburg – Schweinfurt**

Abteilung: Schweinfurt  
Fakultät: Wirtschaftsingenieurwesen  
Technische Fachrichtung: Maschinenbau  
Wirtschaftlicher Schwerpunkt: International Business  
Abschluss: Diplom-Wirtschaftsingenieur (FH)  
(Ø-Note: 1,8)

10.2010 – 10.2015

**Diplomarbeit**

„Optimierung der Personalplanung, sowie Erstellung  
eines Soll-Prozesses zum koordinierten Personalwechsel  
in der kundennahen Serienerprobung des BMW-Werks  
in München“  
Unternehmen: BMW AG, München  
Fachabteilung: Qualitätsaudit  
(Ø-Note: 1,7)

09.2014 – 05.2015

## PRAKTISCHE QUALIFIKATION

### PRAKTIKA:

<b>BMW AG, München</b> Schwerpunkt: Qualitätssicherung und Fahrzeugtests am Gesamtfahrzeug	03.2014 – 08.2014
<b>Siemens AG, Bad Neustadt</b> Schwerpunkt: Kenntnisse über Fertigungsverfahren, sowie technische und organisatorische Zusammenhänge im Betrieb	08.2011 – 01.2012
<b>Siemens AG, Bad Neustadt</b> Schwerpunkt: Grundlagen der Metall- und Elektrotechnik	06.2009 – 08.2009

### SONSTIGE TÄTIGKEITEN:

<b>DRIVE-E-Akademie, München</b>	09.2018
<b>IC Service GmbH, München</b> Anstellung: Werkstudentin Abteilung: Sales Schwerpunkt: Kundenberatung und Neukundenakquise	05.2017 – 09.2017
<b>Siemens AG, Bad Neustadt</b> Anstellung: Ferienarbeiterin Abteilung: Produktion Schwerpunkt: Organisatorische Unterstützung des 5S-Projekts	06.2010 – 07.2010

### AUSLANDSERFAHRUNG

<b>Auslandssemester, Schweden</b> Universität: University of Borås	09.2017 – 01.2018
<b>Work and Travel, Australien</b>	09.2009 – 05.2010

### BESONDERE KENNTNISSE & INTERESSEN

Deutsch (Muttersprache) Englisch (Sehr gute Kenntnisse) Schwedisch (Grundkenntnisse) Spanisch (Grundkenntnisse)	<b>Fremdsprachen</b>
Sehr gute MS-Office-Kenntnisse (PowerPoint, Excel, Word) Simulation von Produktionsprozessen (Plant Simulation) 2D / 3D-CAD-Kenntnisse SAP-Kenntnisse	<b>Digitale Kompetenz</b>
Volleyball Reisen / fremde Länder und Kulturen Asiatische Küche Nachhaltigkeit & Elektromobilität Kreatives Gestalten	<b>Interessen</b>

München, 21.02.2019

