

Ùcæ• ÆÓ^ åæ Å } åÀÙd æ^* ã } Á>|Á
Ò|^\ d[{ [àãæc• Æsã^ã ÷æ d^\ c |Á Å
Ø^ã cææÙæ&@^} Á

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	- 1 -
1.1 Hintergrund	- 1 -
1.2 Ziel der Studie	- 2 -
1.3 Schwerpunkte und Vorgehen	- 3 -
2 Aktueller Stand der Elektromobilität im Freistaat Sachsen	- 6 -
2.1 Spezifika in Sachsen	- 6 -
2.2 Verbreitung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur	- 12 -
2.2.1 Elektrofahrzeuge	- 12 -
2.2.2 Ladeinfrastruktur	- 13 -
2.2.3 Ausbaugrade und Erreichbarkeiten Elektromobilität	- 17 -
2.2.4 Durchführbarkeit von Strecken	- 21 -
2.2.5 Detailanalyse vorhandener Ladeinfrastruktur	- 24 -
2.3 Vergleich innerhalb Europas	- 27 -
3 Marktentwicklung und Prognosen in der Elektromobilität	- 32 -
3.1 Einflussgröße Elektrofahrzeuge	- 32 -
3.2 Einflussgröße Ladeinfrastruktur	- 37 -
3.2.1 Ausbaupläne und Anforderungen an Ladeinfrastruktur	- 38 -
3.2.2 Nutzungsverhalten an öffentlicher Ladeinfrastruktur	- 39 -
3.3 Meinungsbild der Akteure	- 41 -
4 Vorgehensweise zur Prognose benötigter Ladeinfrastruktur	- 44 -
4.1 Bisherige Ansätze	- 45 -
4.2 Datengrundlage der Modellierung	- 47 -
4.3 Konzept der Bedarfsprognose	- 48 -
5 Abschätzung der gegenwärtig und zukünftig benötigten Ladeinfrastruktur	- 52 -
5.1 Derzeitige Anzahl an Ladevorgängen	- 52 -
5.1.1 Normalladeinfrastruktur	- 52 -
5.1.2 Schnellladeinfrastruktur	- 53 -
5.2 Prognostizierter zukünftiger Bedarf an Ladeinfrastruktur	- 54 -
5.2.1 Normalladeinfrastruktur	- 55 -
5.2.2 Schnellladeinfrastruktur	- 56 -

5.3	Clusterung	- 58 -
5.4	Geschäftsmodell Ladeinfrastruktur	- 60 -
5.5	Zwischenfazit	- 65 -
6	Fazit und Handlungsempfehlungen.....	- 66 -
6.1	Fazit.....	- 66 -
6.2	Handlungsempfehlungen.....	- 68 -
6.2.1	Öffentliche Hand.....	- 70 -
6.2.2	Betreiber mit Fokus auf Ladeinfrastrukturbetrieb	- 73 -
6.2.3	Betreiber mit Fokus auf Ladeinfrastruktur als Marketinginstrument.....	- 74 -
	Literaturverzeichnis	VIII
	Anhang.....	XV
Anhang I	Absolute Anzahl Elektrofahrzeuge und LIS nach Bundesländern	XV
Anhang II	Datengrundlage – Analyse LIS Sachsen	XVI
Anhang III	Durchführbarkeit von Fahrtstrecken mit Elektrofahrzeugen.....	XVIII
Anhang IV	Parkgebühren nach Betreibern	XX
Anhang V	eRoaming-Angebot an sächsischen Ladeorten	XXI
Anhang VI	Eingangsdaten Modell	XXII
Anhang VII	Anzahl und räumliche Verteilung der Elektrofahrzeuge	XXIV
Anhang VIII	Wegelänge, -häufigkeit und -zweck.....	XXVII
Anhang IX	Räumliche Verteilung der Ladevorgänge	XXVIII
Anhang X	Anzahl der Ladevorgänge	XXXI
Anhang XI	Methodik und Ergebnisse der Clusteranalyse.....	XXXIII
Anhang XII	Simulationsergebnisse Normalladebedarf der Gemeinden	XXXV
Anhang XIII	Simulationsergebnisse: Schnellladebedarf der Gemeinden.....	XLV

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Studie	4 -
Abbildung 2: Verwaltungsgliederung des Freistaates Sachsen.....	7 -
Abbildung 3: Entwicklung der Bevölkerungsstruktur 1981 bis 2030	8 -
Abbildung 4: Bestand an KFZ je 1 000 EW nach kreisfreien Städten und Landkreisen.....	10 -
Abbildung 5: Ladepunktdichte (Anzahl der Ladepunkte pro 1 000 Einwohner).....	15 -
Abbildung 6: Ladepunktdichte (Anzahl der Ladepunkte pro km ²).....	16 -
Abbildung 7: Erreichbarkeit Normalladeinfrastruktur (≤ 11 kW) basierend auf kürzester Fahrt	18 -
Abbildung 8: Erreichbarkeit Tankstellen in Sachsen	19 -
Abbildung 9: Täglicher durchschnittlicher KFZ-Verkehr auf der Autobahn nach Bundesländern	20 -
Abbildung 10: Zeitlicher Mehraufwand von BEV gegenüber konventionellen PKW	23 -
Abbildung 11: Ladeorte in Sachsen nach Betreibern (n = 325).....	25 -
Abbildung 12: 24/7-Nutzbarkeit öffentlich zugänglicher Ladeorte in SN (n = 325).....	25 -
Abbildung 13: Möglichkeiten zur Authentifizierung an den Ladeorten in SN (n = 325)	26 -
Abbildung 14: Verfügbarkeit eines eRoaming-Angebots (n = 325).....	27 -
Abbildung 15: Internationaler Vergleich der vorhandenen LIS im Kontext zur EWD	29 -
Abbildung 16: BEV- und PHEV-Neuzulassungen und Bestand 2006-2017	32 -
Abbildung 17: Fahrzeugentwicklungen bis 2020.....	34 -
Abbildung 18: Einflussfaktoren auf den Markthochlauf	37 -
Abbildung 19: Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte und Anzahl EV im Zeitverlauf ..-	38 -
Abbildung 20: Struktur über die Einbeziehung und Verknüpfung der verwendeten Datensätze	47 -
Abbildung 21: Schema des mehrstufigen Modellansatzes	50 -
Abbildung 22: Normalladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen zum Stand 01.01.2017	53 -
Abbildung 23: Schnellladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen zum Stand 01.01.2017	54 -
Abbildung 24: Normalladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario A1	55 -
Abbildung 25: Normalladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario C.....	56 -
Abbildung 26: Schnellladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario A1	57 -

Abbildung 27: Schnellladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario C.....	- 58 -
Abbildung 28: Ergebnisse der k-Means Clusteranalyse	- 59 -
Abbildung 29: Anzahl PHEV und BEV nach Bundesländern	XV
Abbildung 30: Anzahl Ladeorte und -punkte nach Bundesländern	XV
Abbildung 31: Übersicht zum Umfang der verwendeten Datenbasis (Stand Nov. 2016).....	XVI
Abbildung 32: Erhebung von Parkgebühren für Ladeorte in Sachsen (n = 325)	XX
Abbildung 33: Ergebnisse der Clusteranalyse	XXXIII

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebietsstand und Bevölkerungszahlen	- 7 -
Tabelle 2: Kennziffern Mobilität im Freistaat Sachsen.....	- 11 -
Tabelle 3: Verteilung von Elektro-PKW in Sachsen nach Landkreisen	- 17 -
Tabelle 4: Benötigte Anzahl Ladeorte zum flächendeckenden Ausbau	- 18 -
Tabelle 5: Durchschnittlicher Mehraufwand nach Szenarien	- 22 -
Tabelle 6: Detailanalyse bestehender Ladeorte in Sachsen (n = 325)	- 24 -
Tabelle 7: Vergleich E-Fahrzeuge – Länder Deutschland, Niederlande und Norwegen	- 27 -
Tabelle 8: Überblick über staatliche Förderungen für E-Fahrzeuge im Ländervergleich.....	- 28 -
Tabelle 9: Vergleich LIS-Länder Deutschland, Niederlande und Norwegen	- 30 -
Tabelle 10: Einflussfaktoren auf den Markthochlauf	- 36 -
Tabelle 11: Anteil verschiedener Ladeorte an der Gesamtzahl aller Ladevorgänge.....	- 39 -
Tabelle 12: Ansätze zur Standortmodellierung von Ladeinfrastruktur in Deutschland.....	- 46 -
Tabelle 13: Übersicht der zugrunde liegenden Datensätze	- 48 -
Tabelle 14: Übersicht der im Modell verwendeten Parameter und Annahmen	- 51 -
Tabelle 15: Berechnete Ladevorgänge zum Ist-Stand und für alle Szenarien.....	- 54 -
Tabelle 16: Kosten für Ladeinfrastrukturaufbau- und Betrieb (NPE 2015).....	- 62 -
Tabelle 17: Ladedauer je Ladevorgänge und -säule in Abhängigkeit von der Strommenge-	63 -
Tabelle 18: Bruttomarge je verkaufte Strommenge	- 64 -
Tabelle 19: Notwendige Ladevorgänge an der Wirtschaftlichkeitsgrenze	- 64 -
Tabelle 20: Ergebnisse der Tourenplanung	XVIII
Tabelle 21: eRoaming-Angebot unter sächsischen Anbietern	XXI
Tabelle 22: Eingangsdaten für die Modellierung	XXII
Tabelle 23: Stand und Prognose zur Anzahl von BEV + PHEV in Deutschland und Sachsen .	XXV
Tabelle 24: Einflusskriterien und Faktoren für die Berechnung des EV-Scores	XXVI
Tabelle 25: Prozentualer Anteil der Wege eines MIV-Fahrers nach Wegezweck und -länge	XXVII
Tabelle 26: Angenommene Anzahl an Ladevorgängen pro Weg abhängig von dessen Länge	XXXI
Tabelle 27: Mittelwerte der Variablen für jedes Cluster (basierend auf nicht-transformierten Eingangswerten).....	XXXIV
Tabelle 28: Normalladevorgänge in Sachsen nach Gemeinden.....	XXXV
Tabelle 29: Schnellladevorgänge in Sachsen nach Gemeinden	XLV

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
AFA	Absetzung für Abnutzung
AG	Arbeitsgruppe
API	Application programming interface (Programmierschnittstelle)
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BEV	Battery Electric Vehicle
BEW	Bergische Energie- und Wasser GmbH
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CAM	Center of Automotive Management
CAPEX	Capital expenditure
CCS	Combined Charging System
CHAdEMO	Charge de Move
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrsforschung
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohner
GIS	Geografische Informationssysteme, Geoinformationssysteme
Infas	Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH
ISI	Institut für System- und Innovationsforschung
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KFZ	Kraftfahrzeug
LIS	Ladeinfrastruktur
LIST	Gesellschaft für Verkehrswesen und ingenieurtechnische Dienstleistungen mbH
LKW	Lastkraftwagen
LP	Ladepunkt
LO	Ladeort
LSV	Ladesäulenverordnung
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr

NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NKL	National Charging Infrastructure Knowledge Platform Foundation
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
OEM	Original Equipment Manufactur
OPEX	Operational expenditure
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
OSM	Open Street Map
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PKW	Personenkraftwagen
POI	Point of Interest
POS	Point of Sale
REEV	Range Extended Electric Vehicle
RFID	Radio-Frequency Identification
SMWA	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
SN	Sachsen
SoC	State of Charge
STELLA	Standortfindungsmodell für elektrische LIS in Deutschland
STLA	Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen
SUV	Sport Utility Vehicle
SUN	Stadtwerke Union Nordhessen
SW BB	Stadtwerke Bietigheim-Bissingen
SWL	Stadtwerke Leipzig GmbH
SW LB	Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH
TEN-T	Trans-European Transport Network
TNM	The New Motion
VNG	Verbundnetz Gas AG
Z.E.	Zero Emission

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Bereitstellung einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur (LIS) gilt als eine wesentliche Bedingung für den Markthochlauf der automobilen Elektromobilität in der gesamten Bundesrepublik sowie den einzelnen Bundesländern. Auch für den Freistaat Sachsen (SN) gilt die systematisch angelegte Schaffung flächendeckender, bedarfsgerechter, moderner sowie einfach anwendbarer und abrechenbarer Lademöglichkeiten als ein zentraler Schwerpunkt innerhalb der weiteren Forcierung der Entwicklung von Elektromobilität.

Die Elektromobilität hat hinsichtlich der Fahrzeugentwicklung in den letzten Jahren eine positive Entwicklung durchlaufen, wobei sich Fahrzeugbestand und Zulassungen absolut gesehen immer noch auf sehr geringem Niveau bewegen. Es existieren Defizite, welche eine relevante Marktdurchdringung im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen verhindern. Um die automobilen Elektromobilität in Sachsen zu fördern, sollte auch die Errichtung bzw. der Ausbau einer anbieterübergreifenden, bedarfsgerecht dimensionierten Ladeinfrastruktur fokussiert werden.

Bisherige Studien und Analysen verdeutlichen, dass ein Konflikt in quantitativer und qualitativer Hinsicht besteht: Die nach wie vor geringen Zulassungszahlen von E-Fahrzeugen stellen für (potenzielle) Ladeinfrastrukturbetreiber ein erhebliches wirtschaftliches Risiko dar. Auf der anderen Seite gilt der Mangel an Ladeinfrastruktur als einer der wesentlichsten Vorbehalte gegenüber E-Fahrzeugen.

Da die Voraussetzungen der einzelnen Bundesländer, der aktuelle Ausbaugrad und die zu erwartenden zukünftigen Investitionen unterschiedlich sind, hat die Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH die TU Dresden mit der vorliegenden Studie beauftragt. Korrespondierend zu der Studie wurden Strategien erarbeitet und operative Unterstützung bei der Ansprache der Marktakteure in erheblichem Umfang geleistet.

1.2 Ziel der Studie

Die Studie konkretisiert, welchen Status der Ausbaustand aufweist, in welcher Höhe Ladebedarfe zukünftig erwartet werden, welche innersächsischen Standorte sich für den geplanten Infrastrukturausbau aus welchen Gesichtspunkten eignen und welche unterstützenden Maßnahmen für die beteiligten Akteure empfohlen werden. Die Erkenntnisse sollen in strategischen Handlungsempfehlungen münden.

Die Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland des BMVI soll bzgl. der Auswirkungen thematisiert werden.

1.3 Schwerpunkte und Vorgehen

Der Fokus der Untersuchungen ist auf privat und gewerblich zugelassene PKW ausgerichtet. Die vorliegende Studie adressiert den Markthochlauf in den nächsten drei bis fünf Jahren und die für die Bedarfsdeckung benötigte öffentliche Ladeinfrastruktur.

In Flotten eingesetzte gewerbliche Fahrzeuge und schwere Nutzfahrzeuge werden die bis dahin benötigte öffentliche Ladeinfrastruktur voraussichtlich in lediglich geringem Umfang nutzen. Daher und aufgrund der partiell mangelnden Verfügbarkeit an Fahrzeugen für Flotten und im Segment der schweren Nutzfahrzeuge werden diese Gruppen nicht berücksichtigt. Anfallende Arbeitskosten für Wartezeit während der Ladedauer, bei geringer Verbreitung von Schnellladeinfrastruktur, sprechen gegen die häufige Verwendung öffentlicher Ladeinfrastruktur in gewerblichen Nutzungsszenarien.¹ Für einen Ladevorgang von 30 Minuten ist mit Mindestarbeitskosten von 6,50 € und im Mittel von 12,32 € zu rechnen. In Anbetracht des Fachkräftemangels wird dies nur in Ausnahmefällen stattfinden. Feste Nutzungsumläufe mit privater Ladeinfrastruktur oder Destinationsladen in unmittelbarer Nähe zum Ziel sind denkbar. Die Risiken von ggf. notwendigen Suchzeiten durch Belegung der Ladesäulen bestehen und bedeuten einen weiteren kalkulatorischen Aufschlag. Die Auswirkungen dieser Fahrzeuge hinsichtlich des Bedarfs an öffentlich zugänglicher LIS werden im Betrachtungszeitraum als gering eingeschätzt.

Der Inhalt der vorliegenden Studie ist eine umfassende Bestandsaufnahme zu vorhandenen und zukünftig potenziellen Ladeinfrastrukturbedarfen im Freistaat Sachsen – ausgehend von der gegenwärtigen Marktsituation, Prognosen und Einflussfaktoren auf die Entwicklung im Bereich der Elektromobilität. Darüber hinaus sind die Themengebiete tragbarer Betreiber- und Geschäftsmodelle und ein vergleichender Blick zu anderen Bundesländern sowie europäischen Nachbarländern in Form von Best-Practice-Beispielen von Relevanz.

Die in erster Linie nutzerseitig orientierte Analyse zur Ermittlung einer flächendeckenden und bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur wird in sechs Kapiteln erarbeitet (vgl. Abbildung 1).

¹ Bezugnehmend auf den aktuellen Brutto-Mindestlohn von 8,84 €/h, eine Wochenarbeitszeit von 40 Stunden, eine durchschnittliche Wochenanzahl von 4,33 Wochen/Monat, 10 Krankheitstage (Jahr 2015) und einen gesetzlichen Mindesturlaubsanspruch von 24 Tagen ergeben sich bereinigte Arbeitgeberbruttokosten je geleisteter Arbeitsstunde von 13,01 €. Bei der Annahme des durchschnittlichen Bruttomonatsverdiensts in Sachsen von 2 899 € (Jahr 2015) liegt der Wert bei 24,64 € (vgl. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2016)).

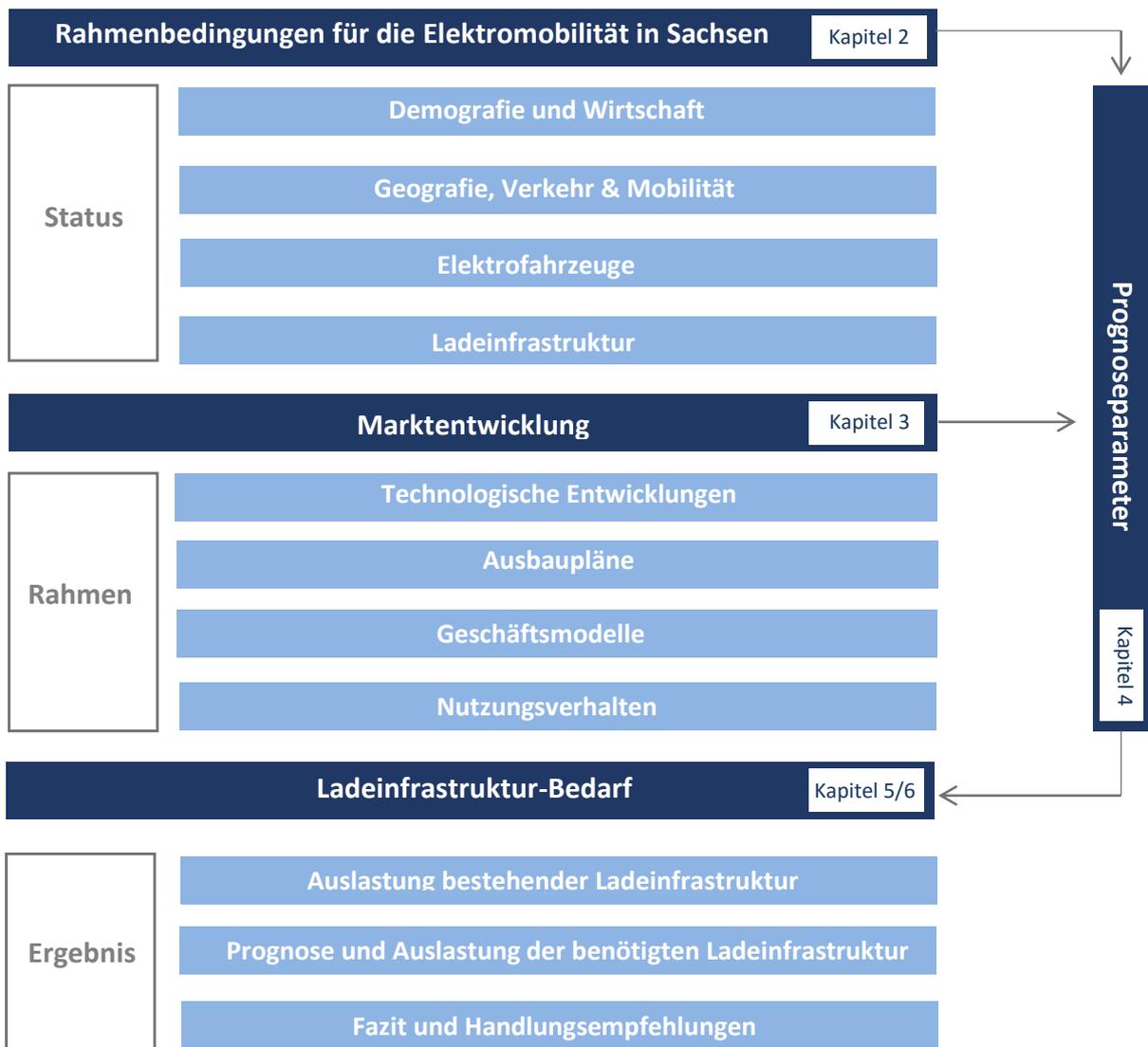


Abbildung 1: Aufbau der Studie

Die vorherrschenden Rahmenbedingungen im Freistaat Sachsen bilden die Grundlage für die weiteren Betrachtungen. In Kapitel 2 erfolgt die Darstellung wichtiger sächsischer Kennzahlen, anhand derer nachfolgend wesentliche Erkenntnisse für die Elektromobilität hinsichtlich der Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur abgeleitet und in einer bundesweiten Gegenüberstellung eingeordnet werden können. Darüber hinaus wird die bisher vorhandene LIS² hinsichtlich Betreiberstrukturen und Standortfaktoren untersucht. In einem nächsten Schritt wird jeweilig auf Marktentwicklungen eingegangen (vgl. Kapitel 3).

Die Ableitung von Prognosen und Szenarien – in Verbindung mit dem bereits erarbeiteten Ist-Stand – dient im weiteren Verlauf der Modellentwicklung, um zukünftige Ladebedarfe und -potenziale im Freistaat zu ermitteln. Dabei erfolgt eine Bedarfsuntersuchung für Normal- und Schnellladeinfrastruktur für alle Gemeinden in Sachsen.

² Alle Ergebnisse zur Ladeinfrastruktur beziehen sich, soweit nicht anders angegeben, auf den Stand von November 2016.

Ein Fazit mit Handlungsempfehlungen für die zu beteiligenden Akteure rundet die Studie mit dem sechsten Kapitel ab.

In der Studie werden zwei Arten von Ladeinfrastruktur differenziert:

- Ladeinfrastruktur auf öffentlich zugänglichem Grund,
- Ladeinfrastruktur (mit privater Nutzung) auf privatem Grund.

Zur Ladeinfrastruktur auf privatem Grund gehören Ladeorte am Eigenheim oder in der privaten Garage (Privatladen) sowie nicht öffentlich zugängliche Ladeorte auf dem Grund des Arbeitgebers (Arbeitgeberladen). Zur öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur zählen sowohl die öffentliche Ladeinfrastruktur (auf öffentlichem Grund, z. B. Straßenrand, öffentliche Parkplätze) als auch die halböffentliche Ladeinfrastruktur (auf halböffentlichem Grund, z. B. Parkhäuser, Kundenparkplätze an Einkaufszentren oder Supermärkten).³

Beim Privatladen werden üblicherweise Wallboxen installiert, die einen Ladevorgang mit 3,7 kW bis 11 kW, einige Modelle auch bis 22 kW, ermöglichen. Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur bietet eine höhere Bandbreite an Ladeleistungen. Differenziert wird hierbei in Läden bis 22 kW (Normalladen) und Schnellladen (ab 22 kW), wobei dies sowohl mit der AC- als auch DC-Technologie möglich ist. Für die Studie wird bezüglich Schnellladen später abweichend mit folgender Differenzierung gearbeitet:

- ≤ 11 kW (alle Steckertypen mit Ladeleistung kleiner gleich 11 kW),
- 22 – 43 kW (alle Steckertypen mit Ladeleistung von 22 – 42 kW sowie 43 kW Typ2 AC),
- ≥ 43 kW (Schnelllader mit einer Ladeleistung größer gleich 43 kW DC).

³ Die vorliegende Studie betrachtet diese LIS unabhängig von einer Zugänglichkeit rund um die Uhr (24/7).

2 Aktueller Stand der Elektromobilität im Freistaat Sachsen

Die spezifischen Besonderheiten des Freistaates Sachsen bestimmen die vorherrschenden Rahmenbedingungen für die Verbreitung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur im Bundesland. Diese werden sowohl für die Prognose der benötigten Ladeinfrastruktur als auch für den gezielten Ausbau benötigt und sind Ausgangslage für die Diskussionen beteiligter Interessensträger. Dazu werden folgende Rahmenbedingungen betrachtet:

- demografische und wirtschaftliche Spezifika,
- verkehrliche und geografische Spezifika,
- aktuelle Verbreitung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur,
- Analyse der Ladeinfrastruktur,
- Vergleich mit Best-Practice-Ländern.

2.1 Spezifika in Sachsen

Der Freistaat Sachsen ist das östlichste Bundesland der Bundesrepublik Deutschland. Im deutschlandweiten Vergleich steht Sachsen mit ca. 18 500 km² flächenmäßig an zehnter Position.

Das Land umfasst zehn Landkreise sowie die drei kreisfreien Städte Dresden (Landeshauptstadt), Leipzig und Chemnitz. Insgesamt setzt sich der Freistaat aus 423 politisch selbstständigen Gemeinden zusammen, die 170 Städte beinhalten (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Gebietsstand und Bevölkerungszahlen⁴

Bundesland, kreisfreie Stadt und Landkreis	Anzahl Gemeinden	darunter Städte	Bevölkerung ⁵	Fläche in km ²	Einwohner je km ²
Chemnitz, Stadt	1	1	248 645	221	1 125
Dresden, Stadt	1	1	543 825	328	1 656
Leipzig, Stadt	1	1	560 472	298	1 882
Erzgebirgskreis	60	27	347 665	1 828	190
Mittelsachsen	53	21	312 450	2 116	148
Vogtlandkreis	37	16	232 318	1 412	164
Zwickau	33	14	324 534	950	342
Bautzen	58	15	306 273	2 396	128
Görlitz	53	14	260 000	2 111	123
Meißen	28	10	245 244	1 455	169
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	36	19	247 412	1 654	150
Leipzig	32	20	258 408	1 651	156
Nordsachsen	30	11	197 605	2 028	97
Freistaat Sachsen	423	170	4 084 851	18 449	221

Die kreisfreien Städte Dresden, Leipzig und Chemnitz sowie die Landkreise Zwickau, Meißen und Leipzig sind die bevölkerungsreichsten Verwaltungseinheiten. Abbildung 2 visualisiert die sächsische Verwaltungsgliederung.

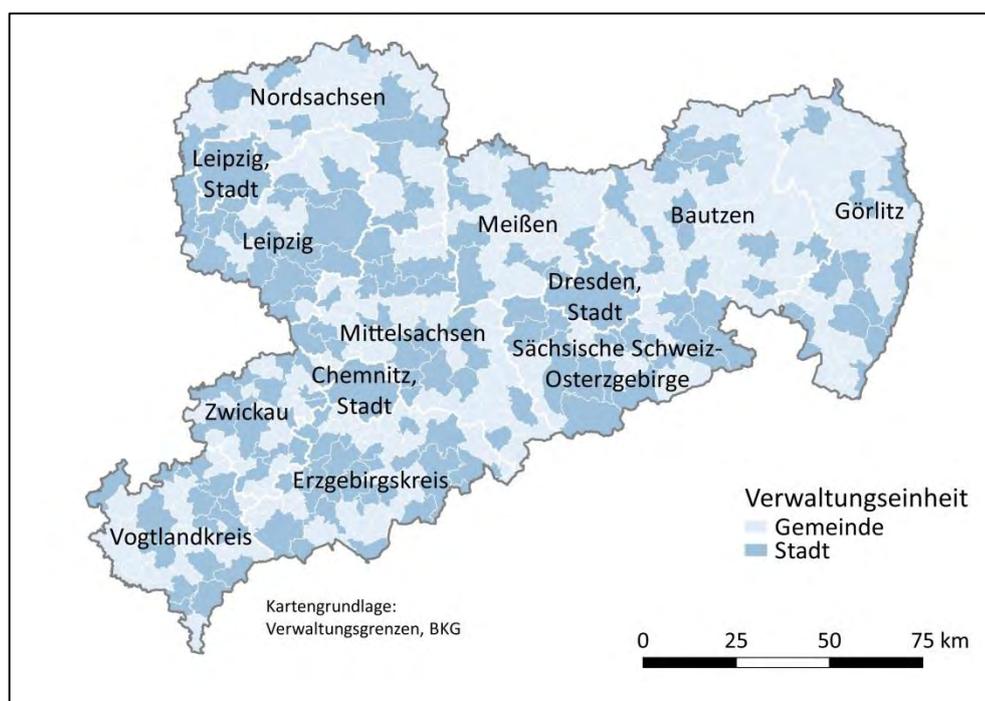


Abbildung 2: Verwaltungsgliederung des Freistaates Sachsen

⁴ Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2017)

⁵ Stand 01. Januar 2016

Die Bevölkerungsdichte im Freistaat beträgt 221 EW pro km². Zu den am schwächsten besiedelten Landkreisen gehören Nordsachsen (97 EW je km²) und Görlitz (123 EW je km²).

Am Jahresende 2014 und 2015 lebten knapp 4,1 Mio. Einwohner in Sachsen, womit der Freistaat im deutschlandweiten Vergleich an sechster Stelle steht. Prognosen gehen in den kommenden Jahren, vornehmlich in ländlichen Gebieten und Randlagen, von rückläufigen Einwohnerzahlen durch Alterung mit regional unterschiedlichen Intensitäten aus.⁶ Im Jahr 2030 werden etwa 3,9 bis 4,0 Mio. Einwohner erwartet (vgl. Abbildung 3).⁷

Das Durchschnittsalter der Bevölkerung betrug 2015 46,6 Jahre. Damit gehört Sachsen zu den drei Bundesländern mit dem höchsten Altersschnitt.^{8,9}

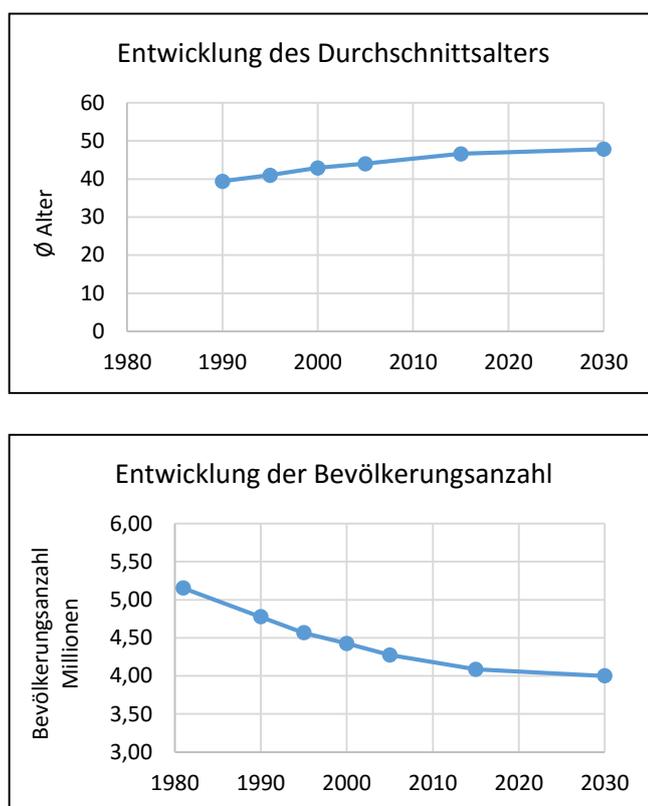


Abbildung 3: Entwicklung der Bevölkerungsstruktur 1981 bis 2030

Wirtschaftlich gilt Sachsen vor allem in den Ballungszentren als dynamischer und besonders mittelständisch geprägter Standort. Rund 99,9 % der sächsischen Unternehmen gehören dem Mittelstand an.^{10,11} Im Bundesvergleich besitzt der Freistaat eine ausgeprägt kleinteilige Wirtschaftsstruktur. Es mangelt an größeren Unternehmenseinheiten, die oft als eine wichtige Voraussetzung für Innovationskraft fungieren.

6 Trotz der höchsten Geburtenraten Deutschlands existiert eine erhebliche Lücke zum Bestandserhaltungsniveau.

7 Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2016a)

8 Werte für 1995 und 2005 geschätzt

9 Vgl. Sächsische Staatskanzlei (2016)

10 Nach EU-Klassifikation und dem Kriterium des erwirtschafteten jährlichen Umsatzes der Unternehmen. Auch wenn seit 2008 die Anzahl der Großunternehmen um 20 % (36 Unternehmen) gestiegen ist, beträgt der Anteil der Großunternehmen nach wie vor 0,1 % an allen Unternehmen.

11 Vgl. SMWA (2015)

Wichtige Zweige des produzierenden Gewerbes sind u. a. die Automobilindustrie, die Maschinen- und Metallindustrie sowie die Nahrungsmittel- und Textilindustrie. Daneben existieren in erheblicher Anzahl Unternehmen der Elektrotechnik und Mikroelektronik sowie der Nano- und Biotechnologie sowie große Handels- und Logistikstandorte.

Kultur und Tourismus begründen einen relevanten Wirtschaftsfaktor im Freistaat. Schwerpunkte sind Dresden und Leipzig sowie das Erzgebirge, das Vogtland, das Sächsische Burgen- und Heide- und Heideland, die Sächsische Schweiz, das Sächsische Elbland und die Oberlausitz. Die Tourismusbilanz 2015 weist für den Freistaat ca. 7,4 Mio. Gäste mit knapp 18,7 Mio. Übernachtungen aus.¹²

Das sächsische Bruttoinlandsprodukt (BIP) belief sich im Jahr 2015 auf ca. 112,7 Mrd. Euro. Damit nimmt Sachsen bezüglich des BIP je Erwerbstätigen deutschlandweit die 14. Position ein.¹³ Im dritten Quartal 2016 zählte der Freistaat rund 2,05 Mio. Erwerbstätige.¹⁴

Ende 2016 bezifferte sich die Arbeitslosenquote in Sachsen auf 7,5 %, in den alten Bundesländern dagegen auf 5,6 %. Damit befindet sich der Freistaat im bundesweiten Vergleich auf dem zehnten Platz, wobei regionale Unterschiede deutlich vorhanden sind.¹⁵

Die Lebenskosten im Freistaat sind im Bundesvergleich gering und die Gehälter liegen ebenfalls deutlich hinter dem bundesweiten Durchschnitt. Im Mittel bezifferte sich das monatliche Bruttoeinkommen pro Arbeitnehmer 2015 auf rund 2 899 Euro (bundesweit rund 3 612 Euro).¹⁶

Der deutschlandweite Bestand an PKW zum 01.01.2017 beträgt rund 45,8 Mio., wovon rund 2,1 Mio. PKW auf Sachsen entfallen.¹⁷ Mit 523 PKW je 1 000 EW weist Sachsen von allen Flächenländern die geringste Fahrzeugdichte auf. Für die benachbarten Bundesländer Sachsen-Anhalt (537 PKW je 1 000 EW), Thüringen (545) und Brandenburg (565) lässt sich ebenfalls eine geringe Fahrzeugdichte feststellen.¹⁸

Bezüglich der PKW-Fahrzeugneuzulassungen je Einwohner über alle Kraftstoffarten rangierte der Freistaat im Jahr 2016 auf Platz 12 und damit deutlich hinter dem sechsten Platz, den er bzgl. der Einwohnerzahl einnahm.¹⁹ Es ist demnach im Vergleich zum Bundesdurchschnitt ein geringer Bestand an PKW sowie ein vergleichsweise geringer Anteil an Neuzulassungen und folglich ein höheres Fahrzeualter festzustellen.

12 Vgl. Landestourismusverband Sachsen e.V. (2016)

13 Baden-Württemberg (75 900 Euro) und Bayern (75 500 Euro) stellen die Positionen eins und zwei. Sachsen verzeichnet 55 900 Euro je Erwerbstätigen. Vgl. Statistisches Bundesamt (2015)

14 Dazu zählen Selbstständige, Beamte, geringfügig Beschäftigte und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte.

15 Vgl. Statistisches Bundesamt (2017)

16 Vgl. Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (2016)

17 Vgl. KBA (2017a)

18 Vgl. KBA (2017b)

19 Vgl. KBA (2017c)

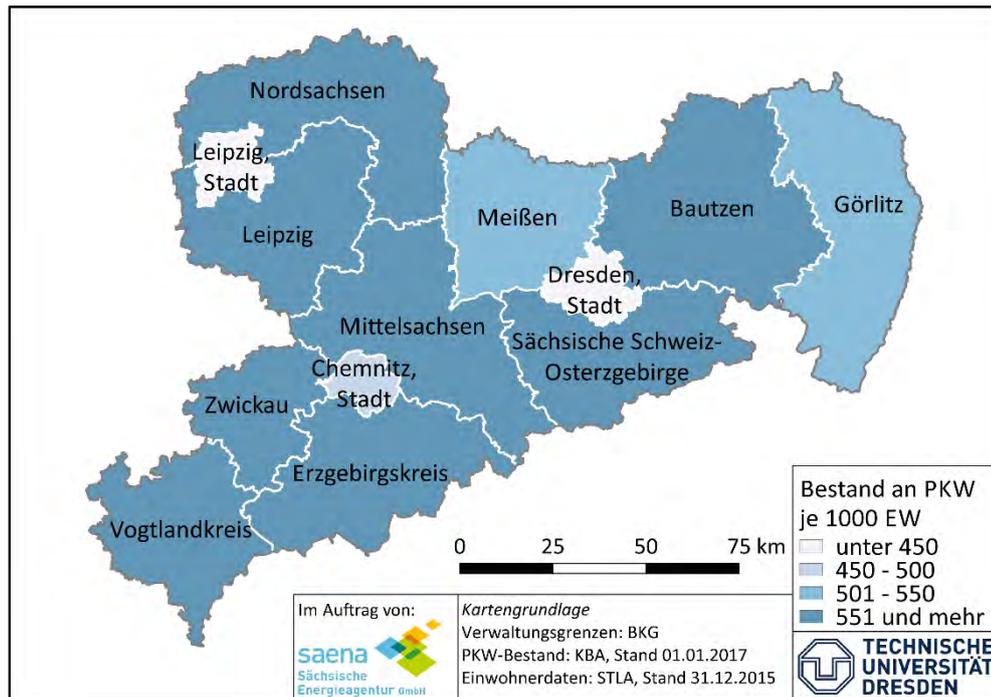


Abbildung 4: Bestand an KFZ je 1 000 Einwohner nach kreisfreien Städten und Landkreisen

Der höchste PKW-Bestand je 1 000 Einwohner liegt in den kreisfreien Städten und Landkreisen außerhalb der Ballungszentren vor (vgl. Abbildung 4). In den Großstädten Dresden und Leipzig dagegen sind jeweils weniger als 450 PKW auf 1 000 EW verteilt. Ursache sind die Altersstruktur mit deutlich mehr jüngeren Einwohnern in den Ballungszentren und die vielfältigeren, kundenseitig angepassten Mobilitätsangebote. In den ländlichen Gebieten ist die Bevölkerung verstärkt auf den Einsatz von PKW angewiesen.

Landesgrenzen existieren zu den Bundesländern Bayern, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg mit einer Länge von insgesamt 660 km. Weiterhin bestehen durch das Dreiländereck deutsche Staatsgrenzen zur Tschechischen Republik und Polen mit einer Länge von etwa 530 km.²⁰ Damit entfallen etwa 46 % der Grenzlinie auf andere Staaten, wobei deren verkehrliche Rahmenbedingungen sowie die bestehende Situation bzgl. der Elektromobilität Auswirkungen auf Sachsen haben.

Durch die hohe Verkehrskapazität kommt den Bundesautobahnen A4, A9, A13, A14, A17, A38 und A72 mit einer Gesamtlänge von 567 km bei den Verkehrsachsen in Sachsen eine gewichtige Rolle zu.²¹ Der klassische innerdeutsche Durchgangsverkehr ist lediglich für die A9 gegeben, von der nur ein vergleichsweise kurzes Stück durch Sachsen führt. Bei den übrigen Autobahnen sind deutlich geringere Verkehrsmengen und deutlich mehr Quell- und Zielverkehr aus Sachsen selbst sowie Ausgangspunkte und Ziele in den umliegenden Bundesländern oder den benachbarten Ländern Polen oder Tschechien gegeben.

²⁰ Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2013)

²¹ Vgl. SMWA (2017)

Die Fahrleistung aller in Deutschland zugelassenen PKW betrug im Jahr 2015 insgesamt 634 332 Million km. Im Jahr 2015 hatten PKW aus Sachsen einen Anteil von 4,2 % an der Fahrleistung. Die höchsten Werte sind in den bevölkerungsreichsten Bundesländern und den größten Flächenländern zu verzeichnen. Für Sachsen ergeben sich Anteile von 5 % an der Gesamtbevölkerung Deutschlands und 4 % an der Straßenverkehrsfläche.²² Folgerichtig liegen auch die Fahrleistungen und Mobilitätskennziffern des Landes im Bereich unterhalb der deutschen Durchschnittswerte (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Kennziffern Mobilität im Freistaat Sachsen²³

	2008			2015		
	Deutschland	Sachsen	Anteil SN	Deutschland	Sachsen	Anteil SN
Fahrleistung PKW Gesamt [Mill. km]	580 963	26 093	4,5 %	634 332	26 858	4,2 %
PKW-Bestand	41 321 171	2 049 158	5,0 %	45 071 209	2 107 126	4,7 %
Jahresfahrleistung je PKW [km]	14 060	12 734		14 074	12 746	
Mittlere Wegelänge MIV-Fahrer [km]	14,7			14,7		
Anzahl Wege pro Jahr und PKW	956	866		957	867	
Anzahl Wege pro Tag und PKW	2,62	2,37		2,62	2,38	

Aus den genannten demografischen, wirtschaftlichen und verkehrlichen Ausführungen kann für den Freistaat Sachsen hinsichtlich der Voraussetzung für die Etablierung der Elektromobilität folgendes Zwischenfazit gezogen werden:

- Es existieren äußerst dünn besiedelte Regionen und sehr verdichtete Räume. Damit liegen unterschiedliche räumliche Strukturen vor, die verschiedene Entwicklungsperspektiven aufweisen.
- Die erwartete rückläufige Bevölkerungsentwicklung in den ländlichen Räumen führt zu erheblichen verkehrlichen Herausforderungen auch hinsichtlich der Erhaltung verkehrlicher Infrastruktur. Die Zunahme von Mobilitätshemmnissen aufgrund des wachsenden Durchschnittsalters geht mit einem Mangel an altersgerechten öffentlichen Verkehrsangeboten in ländlichen Regionen einher.
- Es existiert hauptsächlich innersächsischer Quell- und Zielverkehr mit vergleichsweise wenig Durchgangsverkehr.
- Der Tourismus ist ein Treiber des Zielverkehrs mit einem hohen Anteil von Anreisen mit dem eigenen PKW.
- Es befinden sich in vergleichsweise geringer Anzahl große Industrieansiedlungen und Großkonzerne – insbesondere mit Hauptsitz vor Ort – im Freistaat Sachsen, was sich in mittelständig geprägten Wirtschaftsstrukturen mit geringerem Durchschnittseinkommen und vergleichsweise geringerer Steuerkraft je Einwohner äußert.
- Einkommensstarke Innovatoren mit hoher Kaufkraft sind im Vergleich zu anderen Bundesländern in geringeren Anteilen vorhanden, was insbesondere in ländlichen Regionen verstärkt zur Wirkung kommt.

²² Haase, R. (2013)

²³ Vgl. Lenz, Barbara et al. (2010) und Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder (2016)

- Aufgrund der Einkommenshöhe und des höheren Fahrzeugdurchschnittsalters kann eine geringere Affinität zu Neuanschaffungen vermutet werden. Damit erscheint eine schnelle Durchdringung des Markts mit Elektrofahrzeugen, die nur in geringen Mengen am Gebrauchtwagenmarkt verfügbar sind, unwahrscheinlich.

2.2 Verbreitung von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur

2.2.1 Elektrofahrzeuge

Nicht nur in Sachsen zugelassene Elektrofahrzeuge, sondern auch die von Besuchern, Touristen und Durchreisenden bilden die Basis für die Nachfrage nach Ladeinfrastruktur. Um diese besser einordnen zu können, erfolgt im Weiteren eine Darstellung der aktuellen Situation.

Im Freistaat Sachsen waren lt. KBA zu Beginn des Jahres 2017 ca. 2 000 Elektro-PKW (davon 984 rein batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und etwa 972 Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV)²⁴) zugelassen, was einem Anteil von 3,6 % am Gesamtbestand (teil-)elektrischer PKW in Deutschland entspricht. Die absolute Zahl der zugelassenen Elektrofahrzeuge im Freistaat ist damit äußerst gering. Berücksichtigt werden sollte weiterhin, dass besonders BEV auch für Forschungsprojekte beschafft wurden und daher nicht „normalen“ Nutzungsszenarien unterliegen.

Innerhalb der sächsischen Landkreise und kreisfreien Städte variiert die Anzahl der zugelassenen Elektro-PKW²⁵ je 1 000 Einwohner zwischen 0,4 (Vogtlandkreis) und 0,6 (Zwickau). Die Städte Dresden (0,56) und Chemnitz (0,55) weisen im Vergleich zum durchschnittlichen Wert im gesamten Freistaat (0,48) höhere Elektro-PKW-Dichten je 1 000 EW auf, Leipzig entspricht mit 0,48 diesem Wert. Für Randgebiete wie Nordsachsen, dem Kreis Görlitz und dem Vogtlandkreis lassen sich die geringsten Dichten nachweisen.

In Deutschland waren zu Beginn des Jahres 2017 etwa 55 000 Elektro-PKW zugelassen, davon 34 022 rein batterieelektrisch betriebene²⁶ und 20 975 Plug-in-Hybride. Der Anteil von Elektro-PKW am Bestand aller in Deutschland zugelassenen PKW beträgt damit insgesamt rund 0,12 % (BEV: ca. 0,07 %; PHEV: 0,05 %). Bis einschließlich März 2017 wurden weitere 5 060 BEV und 5 264 PHEV neu zugelassen, was einen Anteil von 0,6 % an den PKW-Neuzulassungen ausmacht. Gegenüber Januar bis März 2016 bedeutet dies einen Anstieg von 117 % (BEV) bzw. 50 % (PHEV).²⁷

Für den Freistaat Sachsen ergeben sich ca. 0,38 Elektro-PKW je 1 000 zugelassene PKW. Auch die benachbarten Bundesländer Brandenburg (0,5), Thüringen (0,4) und Sachsen-Anhalt (0,4)

24 Der Bestand von Plug-in-Hybriden wird vom KBA nicht gesondert für die einzelnen Länder und Landkreise ausgewiesen und wurde daher hier und im Folgenden anhand des gesamten PKW-Bestands je Bundesland bzw. Landkreis berechnet.

25 Vgl. KBA (2017f)

26 Vgl. KBA (2017d)

27 Vgl. KBA (201e)

weisen derzeit lediglich eine geringe Anzahl an Elektrofahrzeugen auf. Die Nachbarländer Polen²⁸ und Tschechien²⁹ verfügen über nochmals geringere Bestands- und Zulassungszahlen. Die Verteilung der absoluten Zulassungszahlen nach Ländern befindet sich in Anhang I.

2.2.2 Ladeinfrastruktur

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur muss zwischen mehreren Betrachtungsebenen unterschieden werden. In der öffentlichen Diskussion werden teilweise Zahlen verwendet, die nur bedingt eine Bewertung zulassen.

- Die räumliche Verfügbarkeit ist (weitgehend) unabhängig von der Anzahl der Lademöglichkeiten an einem Ort. Die Entfernung zur nächsten Lademöglichkeit, unter Einbeziehung typischer Routen, ist die entscheidende Größe.
- Verschiedene Ladestandards und deren Ladepunkte an einem Ort führen nicht zu einer besseren Verfügbarkeit oder Abdeckung für ein einzelnes Fahrzeugmodell.
- Quantitative Verfügbarkeiten (mehrere parallele Lademöglichkeiten) sind für Auslastungsbetrachtungen relevant, müssen aber auch parallel nutzbar sein, wenn im anliegenden Netz Spitzenlast herrscht.

Um eine Abgrenzung vorzunehmen, wird eine Definition der Begrifflichkeiten vorgenommen. Auf diese Begrifflichkeiten wird im Verlauf der Studie referenziert. Nicht für alle Abgrenzungen allerdings sind Marktzahlen verfügbar.

Ein Ladeort ist eine Örtlichkeit, an der ein Ladevorgang möglich ist. Die Anzahl der Ladeorte ist gleichzusetzen mit der Anzahl der Standorte (Adressen) im betrachteten Gebiet. Eine hohe Anzahl an Ladeorten ist nicht gleichzusetzen mit einer guten räumlichen Erschließung. Diese Aussage bedarf einer Betrachtung der Konzentration von weiteren Ladeorten im Umfeld.

An einem Ladeort können sich mehrere Ladesäulen befinden. Diese sind die elektrischen Anlagen, an denen die Fahrzeuge angeschlossen und geladen werden können. Eine Ladesäule kann einen oder mehrere Ladepunkte umfassen.

Als Ladepunkt wird die Steckdose (Ladestecker) an der Ladesäule bezeichnet. Bei Ladepunkten muss zwischen den verfügbaren Ladestandards³⁰ und den (technisch) gleichzeitig nutzbaren Ladepunkten unterschieden werden.³¹ Im Folgenden wird daher eine differenzierte Betrachtung von Ladepunkten und gleichzeitig nutzbaren Ladepunkten vorgenommen. Im Bereich des Schnellladens entspricht die Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Ladepunkte zumeist der Anzahl der Ladesäulen an einem Standort. Aus der Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Ladepunkte an einem Ladeort lassen sich Aussagen zur Kapazität ebendieser ableiten. Je höher die Anzahl der

28 Vgl. Eafo (2017a)

29 Vgl. Eafo (2017b)

30 In den meisten Fällen bietet ein Duallader einen CCS-Ladepunkt und einen CHAdeMO-Ladepunkt an. Hinsichtlich der Ladestandards bedeutet das für den Nutzer einen verfügbaren Ladepunkt, da sein Fahrzeug entweder CCS oder CHAdeMO unterstützt.

31 Duallader bieten zwei Ladepunkte, von denen je nach Bauart (aus technischen Gründen) zeitgleich nur ein Ladepunkt nutzbar ist (zwei sequenziell nutzbare Ladepunkte, ein gleichzeitig nutzbarer Ladepunkt).

gleichzeitig nutzbaren Ladepunkte an einem Ladeort, desto mehr Fahrzeuge können gleichzeitig an einem Ort laden und desto höher ist die Kapazität des Ladeorts.

Eine hohe Anzahl an Ladepunkten lässt auf eine gute Kapazität am Standort schließen. Für eine größere Anzahl an Ladeorten, bspw. in einem Bundesland, ist dies jedoch nicht zwingend der Fall. Rückschlüsse auf die Verteilung der Ladepunkte können daraus nicht gezogen werden, womit eine hohe Konzentration an einem oder mehreren Ladeorten gegeben sein kann.

Zusammenfassend werden die Begriffe kurz dargestellt:

- **Ladeorte** sind Standorte im Betrachtungsgebiet, an denen eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge vorhanden ist. Ein Ladeort kann eine oder mehrere Ladesäulen umfassen.
- **Ladesäulen** sind elektrische Anlagen, an denen die Fahrzeuge über Ladepunkte durch Einstecken angeschlossen und geladen werden. Sie können einen oder mehrere Ladepunkte umfassen.
- **Ladepunkte** sind Steckdosen oder bei angeschlagenen Kabeln Ladestecker, unabhängig vom Standard und der Möglichkeit einer gleichzeitigen Nutzung.³²
- **Gleichzeitig nutzbare Ladepunkte** stellen die maximale Kapazität eines Ladeorts dar.

Für unterschiedliche Fahrzeugtypen ergeben sich nach den jeweils unterstützten Ladestandards unterschiedliche Anzahlen an Ladeorten und gleichzeitig nutzbaren Ladepunkten. Standardisierungen sind demnach relevant bzw. bedarf es Multilader, die möglichst alle Ladestandards unterstützen. Nur dann können fahrzeugtypübergreifende Aussagen zur Abdeckung und Kapazität getroffen werden. Beispielhaft sei angeführt, dass einige Schnelllader nur den europäischen Ladestandard CCS (Combined Charging System) unterstützen. Ein Laden für CHAdeMO-Fahrzeuge (Charge de Move), die nennenswert im Markt vertreten sind und auch bei den Neuzulassungen relevante Anteile aufweisen, ist dort nicht möglich.

Bei der Ergebnisinterpretation muss demnach differenziert werden zwischen der räumlichen Abdeckung und der Kapazität der Ladeorte. Den Kapazitäten wird jedoch erst in den weiteren Stufen des Markthochlaufs hohe Relevanz zukommen, wobei dann auch Reservierung und Vorbuchung eine größere Rolle zukommen wird, um Peaks zu verlagern und mit weniger Infrastruktur zu bedienen. Im Markthochlauf ist zunächst die räumliche Erschließung relevant. Daher wird nachfolgend hauptsächlich auf die Anzahl der Ladeorte referenziert.

Die aktuell geringe Verbreitung von Elektrofahrzeugen, im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen, im Freistaat Sachsen und den, mit Ausnahme von Bayern, angrenzenden Bundesländern sowie Nachbarstaaten führt zu einer geringen Nachfrage nach Ladeinfrastruktur. Insgesamt verfügt der Freistaat Sachsen zum Stand vom 07.03.2017 über 348 Ladeorte mit 869 Ladepunkten, der BDEW gibt die Anzahl an Ladepunkten zum Stand vom

³² Duallader bieten zwei Ladepunkte, von denen je nach Bauart (aus technischen Gründen) zeitgleich nur ein Ladepunkt nutzbar ist (zwei sequenziell nutzbare Ladepunkte, ein gleichzeitig nutzbarer Ladepunkt).

31.12.2016 für Sachsen mit 409 an, letztere Zahl wird nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.^{33 34 35} Fast 43 % der Ladeorte befinden sich in den drei kreisfreien Städten, der Rest verteilt sich mit unterschiedlichem Ausbaugrad auf die zehn Landkreise. Die Anzahl der Ladeorte und Ladepunkte ist niedriger als in anderen Bundesländern und Staaten, die einen höheren Anteil an Elektrofahrzeugen aufweisen, typische Durchfahrtsgebiete bilden oder an ein Nachbarland wie bspw. die Niederlande grenzen, wo vergleichsweise viele Elektrofahrzeuge zugelassen sind (vgl. Kapitel 2.3).³⁶

An 73 % der Ladeorte sind Ladeleistungen von mindestens 11 kW verfügbar. Für Ladeleistungen von mindestens 22 kW trifft dies noch auf 42 % der Ladeorte zu. Von den 20 öffentlich zugänglichen Schnellladepunkten sind 14 gleichzeitig nutzbare Ladepunkte.³⁷ Gemessen an der Einwohnerzahl stehen in Sachsen insgesamt 0,2 Ladepunkte je 1 000 Einwohner zur Verfügung.

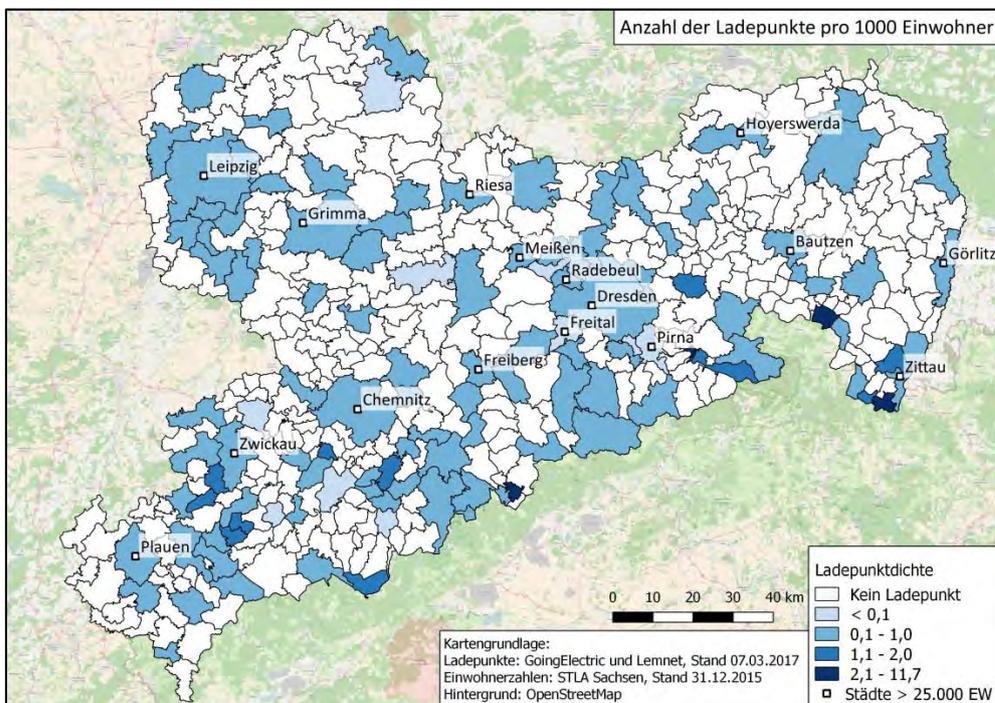


Abbildung 5: Ladepunktdichte (Anzahl der Ladepunkte pro 1 000 Einwohner)

Da sich die Gemeinden und kreisfreien Städte hinsichtlich Einwohnerzahl und Fläche deutlich unterscheiden, ist für eine Analyse der LIS-Verfügbarkeit die Betrachtung der Dichte aussagekräftiger als die der absoluten Anzahl. In Abbildung 5 ist die Anzahl der Ladepunkte³⁸ pro 1 000 Einwohner dargestellt. Über 70 % aller Gemeinden besitzen keine LIS. Touristisch attraktive

33 Die Erläuterung zur verwendeten Datenbasis befindet sich in Anhang II.

34 Vgl. BDEW (2016)

35 LIS, die vom Automobilproduzenten Tesla exklusiv für seine Kunden betrieben wird, wurde nicht berücksichtigt, da diese nur für Fahrer der eigenen Fahrzeuge verfügbar ist.

36 Die Niederlande gelten seit längerer Zeit als Vorreiter im Bereich Elektromobilität. Im Jahr 2016 waren bereits über 112 000 Elektrofahrzeuge registriert. Entsprechend hoch ist der Ausbaugrad und die Verfügbarkeit an LIS mit insgesamt rund 27 600 Ladepunkten. Damit entfallen rund sieben E-Fahrzeuge auf eine Lademöglichkeit. In Deutschland sind es im Vergleich dazu rund drei E-Fahrzeuge, in Sachsen rund zwei (Stand 2016).

37 Diese Zahlen ändern sich aktuell sehr dynamisch.

38 Normal- und Schnellladepunkte werden hier und im folgenden Abschnitt nicht differenziert.

Regionen wie Rathen, Seiffen, Oybin und Bad Schandau weisen mit 2-11 Ladepunkten pro 1 000 Einwohner die höchste Dichte auf. Insgesamt verfügen 18 Gemeinden über mehr als einen Ladepunkt pro 1 000 EW. Unter den Gemeinden mit mindestens einem Ladepunkt dominiert die LIS-Dichte zwischen 0,1-1, welche für alle Städte mit über 25 000 Einwohnern gilt. Lediglich Pirna und Freital besitzen weniger als 0,1 Ladepunkt pro 1 000 Einwohner.

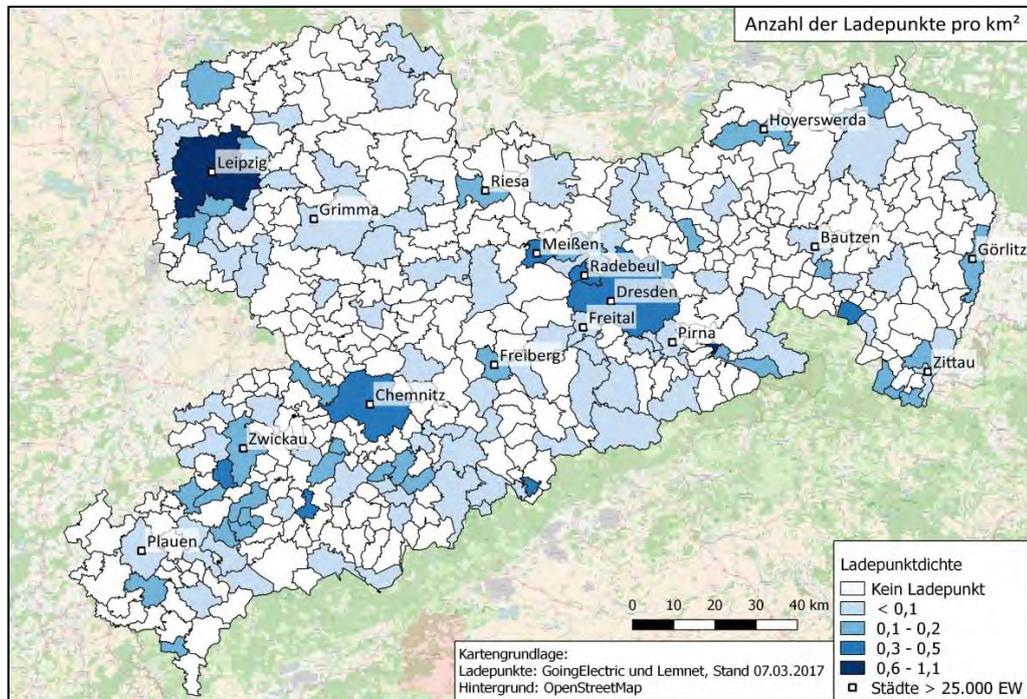


Abbildung 6: Ladepunktdichte (Anzahl der Ladepunkte pro km²)

Betrachtet man die bisher installierte LIS hinsichtlich der flächenhaften Verfügbarkeit (vgl. Abbildung 6), ist festzustellen, dass nur knapp 10 % der Gemeinden mehr als 0,1 Ladepunkte pro km² besitzen. Die höchste Dichte ist nach Rathen in Leipzig zu verzeichnen. Die restlichen 90 % aller Gemeinden verfügen über weniger als 0,1 Ladepunkte pro km² oder gar keine LIS. Damit ist für rund 50 % der überwiegend städtischen Bevölkerung ein besserer Zugang zu LIS gewährleistet als für die andere Hälfte der Bevölkerung.

Die Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte je Elektro-PKW liegt in Sachsen bei 0,44. Deutlich über diesem Durchschnittswert liegen die Stadt Leipzig (0,78), Chemnitz (0,58) sowie Meißen (0,55). Den kleinsten Wert hat Mittelsachsen (0,18) zu verzeichnen (vgl. Tabelle 3).

Die Ergebnisse zeigen einerseits Diskrepanzen in der Versorgung auf und andererseits die geringe Anzahl der Fahrzeuge, wodurch kreisfreie Städte und Landkreise mit geringen absoluten Zulassungszahlen und wenig Ladeinfrastruktur hohe Werte an Ladepunkten pro EV aufweisen können.

Tabelle 3: Verteilung von Elektro-PKW in Sachsen nach Landkreisen

Landkreise und kreisfreie Städte	Anzahl BEV Stand 01.01.2017	Anzahl E-PKW	E-PKW je 1 000 EW	Anzahl LS (LP) Stand 07.03.2017	LS (LP) je 1 000 EW Stand 07.03.2017	LS (LP) je Elektro- PKW
Vogtlandkreis	32 (3,25 %)	94	0,40	24 (47)	0,10 (0,20)	0,26 (0,50)
Görlitz	44 (4,47 %)	109	0,42	23 (55)	0,09 (0,21)	0,21 (0,50)
Nordsachsen	36 (3,66 %)	88	0,44	14 (34)	0,07 (0,17)	0,16 (0,39)
Bautzen	52 (5,28 %)	134	0,44	19 (41)	0,06 (0,13)	0,14 (0,31)
Meißen	39 (3,96 %)	101	0,41	23 (55)	0,09 (0,22)	0,23 (0,55)
Sächsische Schweiz - Osterzgebirge	50 (5,08 %)	114	0,46	18 (49)	0,07 (0,20)	0,16 (0,43)
Erzgebirgskreis	57 (5,79 %)	149	0,43	28 (57)	0,08 (0,16)	0,19 (38)
Mittelsachsen	57 (5,79 %)	139	0,44	16 (25)	0,05 (0,10)	0,12 (18)
Leipzig	51 (5,18 %)	119	0,46	17 (40)	0,07 (0,16)	0,14 (34)
Chemnitz, Stadt	81 (8,23 %)	138	0,55	27 (80)	0,11 (0,32)	0,20 (58)
Zwickau	110 (11,18 %)	194	0,60	19 (52)	0,06 (0,16)	0,10 (27)
Leipzig, Stadt	170 (17,28 %)	271	0,48	73 (211)	0,13 (0,38)	0,27 (0,78)
Dresden, Stadt	205 (20,83 %)	307	0,56	47 (123)	0,09 (0,23)	0,15 (0,40)
Gesamt Sachsen	984 (100 %)	1 956	0,48	348 (869)	0,09 (0,21)	0,18 (0,44)

Auf Basis der dargestellten Zahlen ist keine Einordnung der genauen räumlichen Situation möglich. Durchschnittswerte können zu einem verzerrten Bild führen, wenn eine Konzentration vorhanden ist. Daher muss eine räumliche Analyse vorgenommen werden. Eine Ableitung bzgl. der Zukunftsfähigkeit ist, aus gleichen Gründen, ebenfalls nur in geringem Umfang möglich. Es wird jedoch sichtbar, dass der Freistaat im Markthochlauf für eine steigende Nachfrage nach notwendiger öffentlich zugänglicher LIS aktuell nicht ausreichend gerüstet ist und in weiten Teilen des Freistaates Ausbaubedarfe bestehen.

2.2.3 Ausbaugrade und Erreichbarkeiten Elektromobilität

Für das Beispiel Ladeleistungen ≤ 11 kW ist landesweit keine flächendeckend ausreichende räumliche Verfügbarkeit gegeben. Anfahrtswege von über 10 km sind in vielen Grenzgebieten Sachsens und abseits von größeren Städten vorhanden. Distanzen < 5 km sind vorwiegend im städtischen Umfeld vorhanden (vgl. Abbildung 7).³⁹

³⁹ Keine reine Luftlinienbetrachtung, da diese keine Verkehrsstrukturen einbezieht. Diese sind jedoch zur Bestimmung der Fahrdistanz von Bedeutung. Beschreibung zum Vorgehen der Ermittlung der mittleren Distanzen und Erreichbarkeit für LIS befindet sich in Anhang VI.

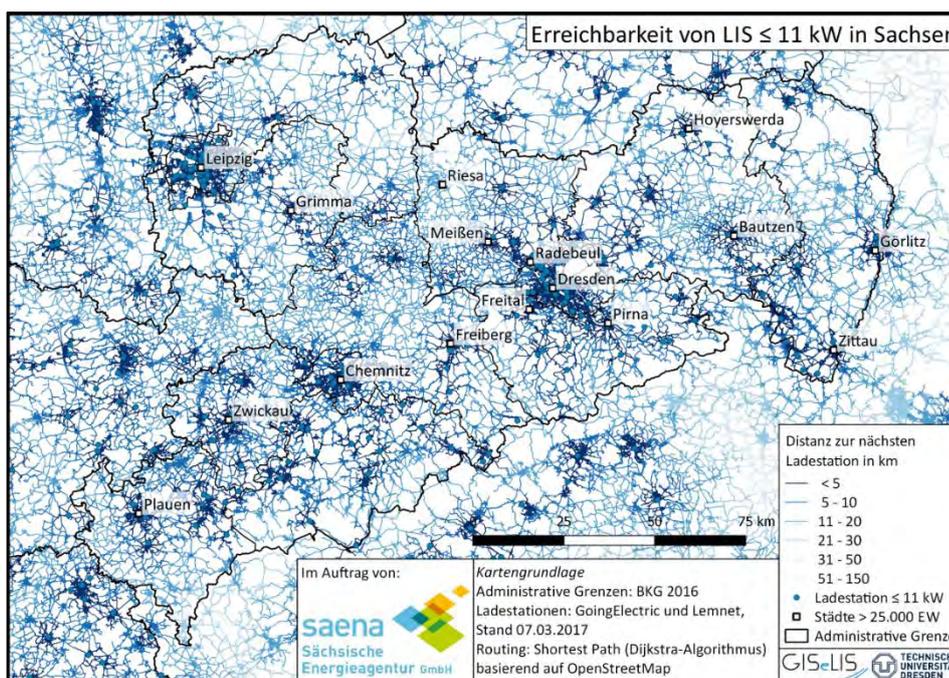


Abbildung 7: Erreichbarkeit Normalladeinfrastruktur (≤ 11 kW) basierend auf kürzester Fahrt

Bezüglich des Beispiels Ladeleistungen ≥ 43 kW (DC) bestehen große Unterschiede zwischen urbanen und ländlichen Gebieten. Im Schwerpunkt befinden sich diese in und um Ballungszentren sowie an Autobahnen. Die meisten sächsischen Landkreise bieten keine Möglichkeit zum Schnellladen.⁴⁰ Eine räumlich nahe und schnelle LIS zur Herstellung der notwendigen Reichweite sowie eine flächendeckende Verteilung von Ladeorten ist demnach in Sachsen und den angrenzenden Regionen, mit Ausnahme von Bayern, nicht gegeben.

Tabelle 4 listet als reine Theoriebetrachtung die Anzahl der Ladeorte für den Freistaat, die nötig wären, um den flächendeckenden Ausbau zu gewährleisten. Bei den unterschiedlichen maximalen Entfernungen handelt es sich um Luftdistanzen.

Tabelle 4: Benötigte Anzahl Ladeorte zum flächendeckenden Ausbau

Abdeckung – max. Entfernung [km]	Anzahl Ladeorte (LO) für Abdeckung	Noch benötigte LO	Erschließungsgrad [%]
2	4 660	4 447	4,6
5	842	688	18,3
10	239	124	48,1
20	72	9	87,5
30	37	0	100

Um ein flächendeckendes Netz an Ladeinfrastruktur (unabhängig von der Nachfrage und den Ladeleistungen) zu gewährleisten, müssten etwa 4 400 neue Ladeorte geschaffen werden. Eine Differenzierung nach Ladeleistungen ist nicht erfolgt.

⁴⁰ Aktuell wird die DC-LIS im Freistaat Sachsen weiter ausgebaut, es ist dementsprechend mit Verbesserungen der Erreichbarkeit zu rechnen.

Die räumliche Nähe zu Ladeinfrastruktur verringert die anfallenden zusätzlichen Fahrtwege, was von der Umweltwirkung her relevant ist, da durch Systemanforderungen der Elektromobilität kein Streckenzuwachs erfolgen soll. Der Komfort steigt durch weniger Planungsaufwand und mehr Gelegenheiten auf dem normalen Routenverlauf. Durch eine dichtere Ladeinfrastruktur kann weiterhin die Reichweitenunsicherheit, die in weiten Teilen der Bevölkerung vorhanden ist, abgebaut werden. Ladeinfrastruktur muss demnach auch eine Verfügbarkeit und Wahrnehmung für potenzielle Käufer bieten. Für den Markthochlauf kommt diesem Aspekt hinsichtlich der Ausbauplanung, unabhängig von der Nachfrage an den Standorten, aus Sicht von Elektrofahrzeugherstellern und öffentlicher Hand eine sehr wichtige Rolle zu.

Eine gute Referenz bietet die Verteilung öffentlicher Tankstellen im Freistaat. Hier kann sachsenweit eine gute bis sehr gute flächendeckende Verbreitung konstatiert werden. Auch außerhalb der Ballungszentren ist eine hohe Konzentration zu verzeichnen. Eine Versorgung mit maximal 20 km Entfernung ist weitgehend gegeben. Lediglich um den Kreis Nordsachsen und die nördliche Region des Landkreises Görlitz im Einzugsgebiet Brandenburgs werden Versorgungslücken sichtbar (vgl. Abbildung 8).

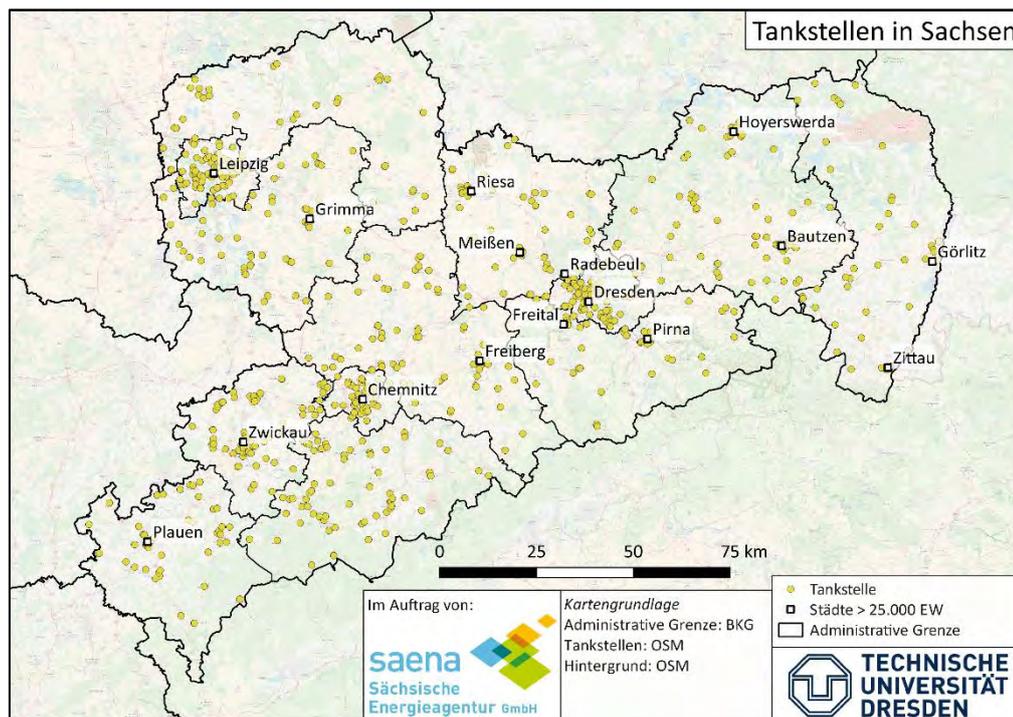


Abbildung 8: Erreichbarkeit Tankstellen in Sachsen

Insgesamt werden im Freistaat ca. 600 Tankstellen⁴¹ betrieben. Demgegenüber stehen 10 Schnellladeorte mit 20 Ladepunkten bzw. 14 gleichzeitig nutzbaren Ladepunkten.⁴² Da Tankstellen oft eine räumliche Nähe zueinander aufweisen, kann eine Abdeckung mit Ladeinfrastruktur bereits durch eine deutlich geringere Anzahl an Ladeorten realisiert werden. Bei

⁴¹ Stand Dezember 2016

⁴² Aktuell wird die Schnellladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen weiter ausgebaut, es ist dementsprechend mit Verbesserungen zu rechnen.

näherer Betrachtung der Überschneidung von Standorten der Tankstellen erweisen sich die Referenzwerte von 10 bis 20 km in Tabelle 4 als plausibel.

Konventionelle Tankstellen erfüllen, übertragen auf die Elektromobilität, eine Doppelfunktion, indem sie sowohl alltägliche Kurzstrecken als auch Langstreckenfahrten ermöglichen. Allerdings ist ein konventioneller Tankvorgang, im Gegensatz zu einem Ladevorgang, zu Hause nicht möglich. Schnellademöglichkeiten hingegen sind auch in der Elektromobilität nicht zu Hause möglich und dienen aufgrund der höheren Preise primär der Zwischenladung auf Mittel- und Langstrecken sowie als Notfallladepunkt.

Die Betankung von konventionellen PKW mit herkömmlichem Kraftstoff kann vergleichsweise schnell, d. h. ohne nennenswerten Zeitaufwand, erfolgen. Bei der Geschwindigkeit des Ladevorgangs spielt dagegen neben der Ladeleistung der Ladeorte auch die Aufnahmefähigkeit des Fahrzeugs eine Rolle. Die Dauer des Ladevorgangs, auch an Schnellladesäulen, ist aktuell deutlich länger als ein konventioneller Tankvorgang.

Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens stehen die Autobahnen im Fokus des Ausbaus von Schnellladeinfrastruktur. Selbst bei geringer Marktdurchdringung sind vergleichsweise hohe Zahlen an Ladevorgängen zu erwarten. Die tägliche Verkehrsstärke (DTV) auf den deutschen Autobahnen beträgt im Mittel rund 55 700 KFZ. Sachsen liegt mit etwa 45 000 KFZ pro Tag unter dem Durchschnitt ebenso wie seine Nachbarländer, mit Ausnahme von Bayern (vgl. Abbildung 9).

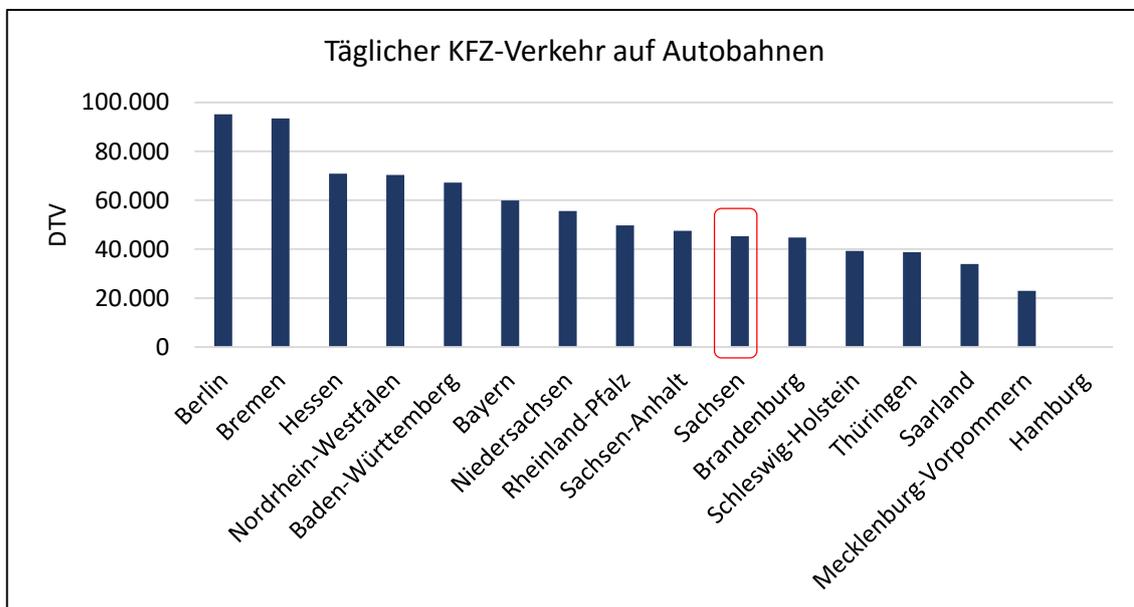


Abbildung 9: Täglicher durchschnittlicher KFZ-Verkehr auf der Autobahn nach Bundesländern^{43,44}

43 Daten zur Verkehrsstärke von Autobahnen in Hamburg liegen nicht vor.
44 Vgl. bast (2015)

2.2.4 Durchführbarkeit von Strecken

Aufgrund geringerer Reichweiten von BEV im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen sowie erhöhter Zeitaufwände für Ladevorgänge im Vergleich zu Tankvorgängen besteht bei gleichbleibender Erwartungshaltung der Nutzer bei bestimmten Tourenkonstellationen ein Nachteil. Um diesen Mehraufwand bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen systematisch beschreiben zu können, wurden für typische Mittel- und Langstreckenrouten (158 bis 447 km Gesamtstrecke) die Fahrdauer und -strecke von konventionellen Fahrzeugen mit denen eines BEV (dabei anhand von drei Nutzungsszenarien) verglichen.

Die Untersuchung umfasst 20 Touren, bei denen sowohl die Hinfahrt als auch die Rückfahrt betrachtet werden, um das Destinationsladen am Ziel (Destination Charging) mit einzubeziehen.⁴⁵ 17 Touren befinden sich nur auf innersächsischem Gebiet und drei gehen über die sächsischen Landesgrenzen hinaus, um häufig gefahrene Strecken zu berücksichtigen. Der Startpunkt ist demzufolge auch (nach dem Zwischenziel⁴⁶) der Endpunkt der Tour.

Die Streckenwahl erfolgte auf Basis einer Routenplanung unter Berücksichtigung von Ladeinfrastruktur.⁴⁷ Die Auswahl der Ladepunkte erfolgte mit der Priorität einer geringen Gesamtfahrzeit, wodurch Umwege für das Erreichen eines Schnellladepunkts akzeptiert wurden. Eine eventuelle Verzögerung durch blockierte oder belegte Ladesäulen wurde nicht einbezogen. Mögliche Zeitverluste und Umwege für Tankvorgänge konventioneller Fahrzeuge wurden nicht berücksichtigt, da die Zeitverluste im Vergleich zu Ladevorgängen marginal und die Tankstellen flächendeckend gut vorhanden sind (vgl. Abbildung 8).

Das verwendete fiktive Referenzfahrzeug verfügt über eine Akkukapazität von 33 kWh und die technischen Voraussetzungen für das DC-Schnellladen mittels CCS. Zwei Szenarien, die sich durch den Verbrauch unterscheiden, gelangen zur Anwendung. Szenario A untersucht Touren mit und ohne Laden am Zwischenziel, Szenario B berücksichtigt nur Touren mit Laden am Zwischenziel.⁴⁸

Szenario A: Aus dem Verbrauch von 16 kWh pro 100 km resultiert eine Reichweite von 206 km. Zeitersparnisse oder Zeitverluste gegenüber Fahrten mit einem konventionellen PKW existieren nicht.

Szenario B: Ein erhöhter Verbrauch von 25 kWh pro 100 km und eine Gesamtreichweite von 130 km soll eine schnellere, weniger effiziente Fahrweise und größere Fahrzeugklassen abbilden. In diesem Szenario wird eine Zeitersparnis (reine Fahrzeit, ohne Laden) von 10 % im Vergleich zu Szenario A angenommen.

45 Vgl. Tabelle 20: Ergebnisse der Tourenplanung

46 Die Stand- und Ladedauer ist am Zwischenziel so lang, dass eine vollständige Ladung des Fahrzeuges erfolgen kann.

47 Ladeinfrastruktur von Goingelectric 2017 und Tourenplanung von Google Maps.

48 Bei Fahrten mit Laden am Zwischenziel wurde davon ausgegangen, dass vor Antritt der Rückfahrt ein SoC von 80 % erreicht wurde. Bei allen Fahrten wurde ein Puffer von 15 % vom Start-SoC (vor Hin- und Rückfahrt) herausgerechnet, da davon ausgegangen wird, dass die Planung nicht bis zur vollständigen Entladung der Batterie erfolgt, sondern ein entsprechender Puffer berücksichtigt wird.

Tabelle 5 zeigt die durchschnittlichen Ergebnisse der Szenarien.⁴⁹

Tabelle 5: Durchschnittlicher Mehraufwand nach Szenarien

	Ø Ladestopps	Ø zeitlicher Mehraufwand inkl. Laden [hh:mm]	Ø Umweg [km]	Ø Geschwindigkeit [km/h] (reine Fahrzeit)
Szenario A mit Laden am Zwischenziel	0,6	00:12	2,4	85
Szenario A ohne Laden am Zwischenziel	1,35	00:51	5,3	84
Szenario B mit Laden am Zwischenziel	2,35	01:04	10,3	95

Sofern eine Lademöglichkeit am Zwischenziel vorhanden ist, ist der Mehraufwand für die betrachteten Touren im Szenario A gering, 60 % aller Touren können ohne Ladestopps durchgeführt werden. Bis 250 km ergeben sich keine Umwege oder zeitlicher Mehraufwand. Für Strecken mit einem Ladestopp während der Fahrt ist die Differenz, bezogen auf die gesamte Dauer der Tour, ebenfalls vertretbar. Lediglich bei Distanzen > 400 km lässt sich ein erheblicher zeitlicher Mehraufwand konstatieren (vgl. Abbildung 10). Die Reichweite zur Erreichung des Zwischenziels ist in diesen Fällen nicht ausreichend und es wird ein Ladevorgang benötigt. Die größte zeitliche Differenz beträgt in diesem Szenario 01:25 h (davon 33 Minuten Laden). Bei dieser Tour fällt der längste Umweg von 17 km (für drei Ladestopps) an.

Wenn keine Lademöglichkeiten am Zwischenziel vorliegen, wie im mittleren Anwendungsszenario⁵⁰ in Tabelle 5 dargestellt, sind größere Differenzen zwischen konventionellen PKW und BEV festzustellen. Die Touren Dresden-Chemnitz-Dresden und Leipzig-Chemnitz-Leipzig lassen sich ohne Ladestopp und somit ohne Mehraufwand absolvieren, für alle weiteren betrachteten Touren ist mindestens ein Ladestopp notwendig, wobei für 65 % aller Fahrten maximal ein Ladestopp anfällt. Der höchste zeitliche Mehraufwand einer Tour beträgt 02:33 h (davon 02:04 h Ladezeit). Der längste Umweg auf einer Route beträgt 18 km (für zwei Ladestopps). Bei Touren bis 250 km (Gesamttour) beträgt der durchschnittliche zeitliche Mehraufwand ca. 25 min und der durchschnittliche Umweg 1 km.

Bei einer weniger effizienten oder schnelleren Fahrweise, die nur im letzten Anwendungsszenario B in Tabelle 5 eingeflossen ist, lässt sich wiederum ein relevanter zeitlicher Mehraufwand vor allem bei längeren Fahrten verzeichnen. Alle betrachteten Fahrten benötigen mindestens einen Ladestopp, 70 % zwei oder mehr Ladestopps. Der höchste zeitliche Mehraufwand einer Tour beträgt 03:39 h.

⁴⁹ Die detaillierte Auflistung der Ergebnisse befindet sich in Anhang III.

⁵⁰ Bei abnehmender Reichweite für Szenario B würde sich dies noch weiter erhöhen.

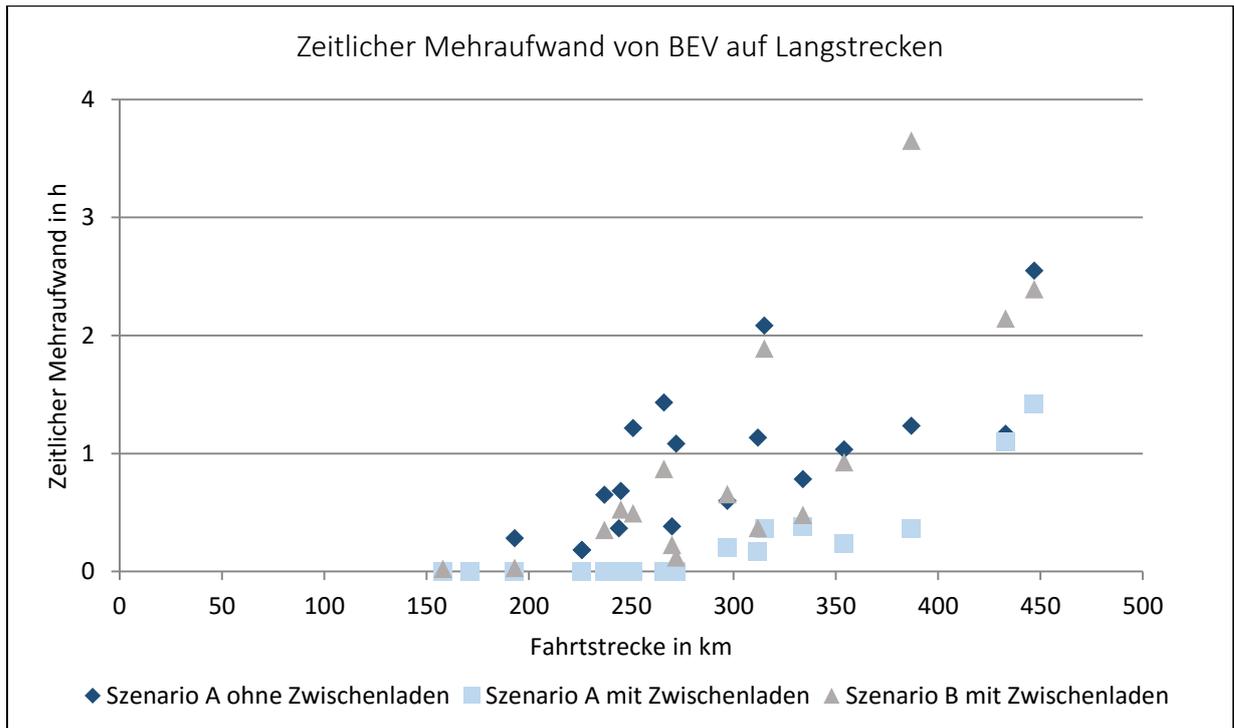


Abbildung 10: Zeitlicher Mehraufwand von BEV gegenüber konventionellen PKW

Aus den Werten wird deutlich, dass aktuell mehr Kilometer als auf dem direkten Weg zurückgelegt werden müssen, um die kürzeste Fahrzeit zu erreichen. Durch die Mehrkilometer verringert sich der ökologische Vorteil bzw. entfällt die positive Umweltwirkung im Vergleich zu konventionellen PKW gänzlich. Der Verfügbarkeit von Schnellladeinfrastruktur kommt demnach, sofern keine Lademöglichkeit am Zielort vorhanden ist oder die Strecke länger als die Reichweite des Fahrzeuges ist, eine systemisch relevante Rolle zu, was die dargelegten Touren exemplarisch verdeutlichen. Für Nutzer sind diese eher selten gefahrenen langen Routen die Vergleichsreferenz zum konventionell angetriebenen Fahrzeug. Ist dies mit wahrgenommenen Abstrichen verbunden, wird ein Elektrofahrzeug nicht in Erwägung gezogen. Durch die Verfügbarkeit von Schnellladeinfrastruktur können der zeitliche Aufwand minimiert und Umwege vermieden werden. Auch Abfahrten mit nicht vollem Akku sind problemloser möglich. Normalladeinfrastruktur kommt bei der Absolvierung von Touren nur am Zwischenziel eine relevante Bedeutung zu. An der Destination ist diese von hohem Nutzen, sofern eine räumliche Nähe gewährleistet ist. Für die Zwischenladungen auf der Tour erhöht die Ladezeit an Normalladeinfrastruktur die Gesamtdauer signifikant und führt zu einer geringen Attraktivität der Elektromobilität bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen.

2.2.5 Detailanalyse vorhandener Ladeinfrastruktur

Zur Beurteilung der aktuellen Ladeinfrastruktur in Sachsen erfolgt eine detaillierte Betrachtung. Auf Basis von Onlineverzeichnissen zur Ladeinfrastruktur⁵¹ wurde eine Merkmalsliste der 325 Ladeorte mit Stand November 2016 erstellt⁵² (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Detailanalyse bestehender Ladeorte in Sachsen (n = 325)

Parameter	Ausprägungen					
Status	Verifiziert			Nicht verifiziert		
Betreiber	Energieversorgungsunternehmen (EVU)	Autohaus/-service	Hotel/Restaurant	Verkehrsbetriebe	Andere	Privat
Zugänglichkeit	Zeitliche Barriere		Räumliche Barriere		Barrierefrei	
24/7-Nutzbarkeit	24/7		Öffnungszeiten	24/7 und Öffnungszeiten ⁵³	Keine Angabe	
Parkgebühren	Kostenlos		Kostenpflichtig	Kostenlos und -pflichtig	Keine Angabe	
Authentifizierungsmedien	Mobilfunkbasiert	Chipkartenbasiert	PIN- und schlüsselbasiert	Kabelbasiert	Ohne, Direktbezahlung	
eRoaming-Angebot	Ja		Nein		Keine Angabe	

Rund 98 % der Ladeorte befanden sich in Betrieb, die restlichen waren aufgrund technischer Störungen oder Baumaßnahmen durch die Anwender als (temporär) inaktiv gekennzeichnet. Dreiviertel aller Ladeorte konnten bereits gemeldete Ladevorgänge aufweisen, wobei nicht verifizierte Ladeorte auf eine geringe Nutzung oder ein geringes Alter schließen lassen.

Die Betreiberstruktur gestaltet sich differenziert, wobei der größte Anteil (43 %) der Ladeorte durch Energieversorgungsunternehmen (EVU) betrieben wird (vgl. Abbildung 11). Etwa 24 % werden durch branchenspezifische Akteure wie Autohäuser, -werkstätten und -servicepunkte betrieben. Jeweils rund 7 % entfallen auf Hotels/Restaurants und Verkehrsbetriebe. Etwa 5 % konnten Privatpersonen und knapp 14 % konnten keiner der genannten Betreibergruppen zugeordnet werden. Es existiert damit insgesamt eine sehr klare Betreiberstruktur.

51 Vgl. GoingElectric (2016a) und LEMnet Europe e.V. (2016)

52 Die Auswertung der Ergebnisse beruht auf Nutzerangaben. Es wird auf regelmäßige Aktualisierung durch die E-Fahrzeug-Besitzer und die Ladeort-Betreiber vertraut, daher kann keine Gewähr für die Vollständigkeit und Aktualität aller Angaben gegeben werden. Die Anzahl n der Ladeorte variiert je nachdem, ob Angaben für den entsprechenden Aspekt vorhanden sind.

53 Der Ladeort kann während der Öffnungszeiten von jedem Kunden genutzt werden. Nach Ladenschluss ist nur noch das Laden mit einem entsprechendem Authentifizierungsmedium möglich, mit diesem kann rund um die Uhr geladen werden (24/7).

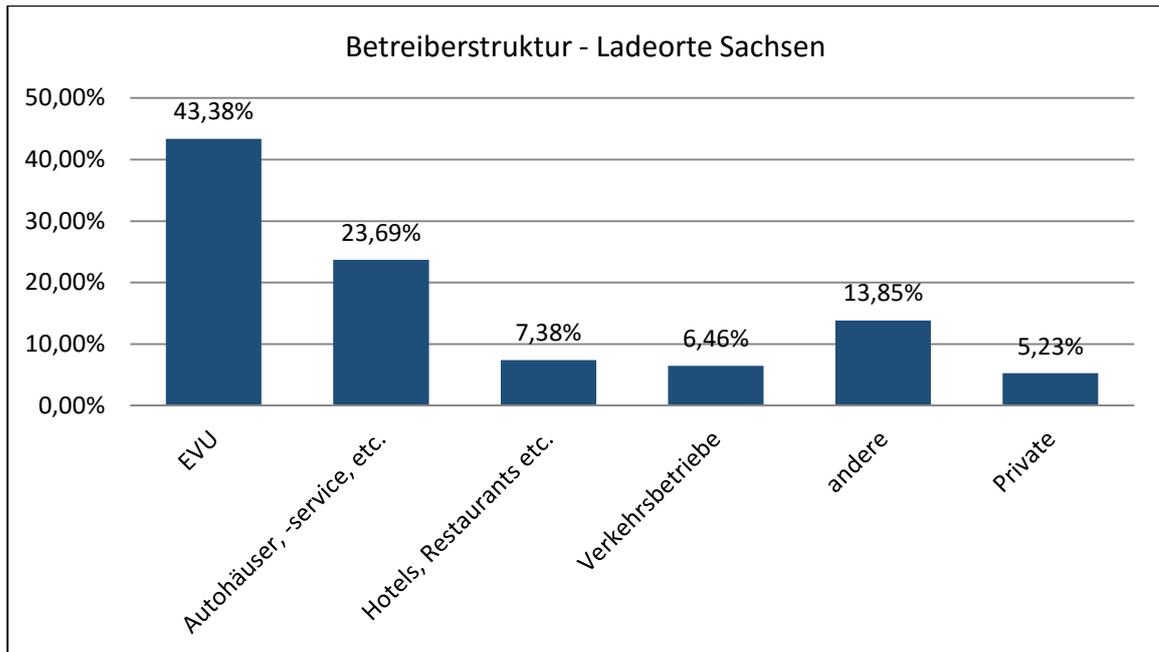


Abbildung 11: Ladeorte in Sachsen nach Betreibern (n = 325)

Für die Zugänglichkeit bzw. Nutzbarkeit sind in erster Linie Öffnungszeiten und Zugangsbarrieren (bspw. abschließbare Tore und Schranken) relevant. An 60 % aller Ladeorte ist eine durchgehende Verfügbarkeit gegeben (vgl. Abbildung 12). Rund ein Viertel aller öffentlich zugänglichen Lademöglichkeiten sind durch Öffnungszeiten zeitlich eingeschränkt nutzbar.⁵⁴

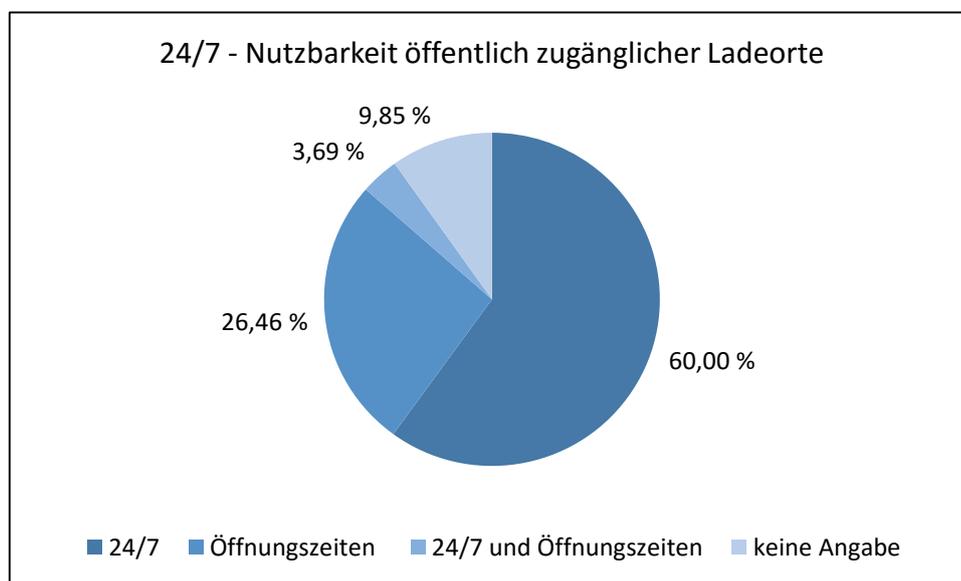


Abbildung 12: 24/7-Nutzbarkeit öffentlich zugänglicher Ladeorte in Sachsen (n = 325)

An rund 71 % aller Ladeorte kann kostenlos während des Ladevorganges geparkt werden; bei ca. 14 % ist das Parken kostenpflichtig. Für die übrigen Ladeorte sind keine Angaben zur Erhebung von Parkgebühren vorhanden (vgl. Anhang IV).

⁵⁴ Weitere 4 % der Ladeorte sind je nach Zugangsmedium auch rund um die Uhr zugänglich.

Für 83 % der Ladeorte ist keine Anmeldung vorab notwendig, an den verbleibenden 17 % ist hingegen eine Anmeldung des Ladevorgangs im Voraus erforderlich, wobei lediglich 5 % aller Ladeorte von Privatleuten betrieben werden.⁵⁵ Von den Ladeorten können je nach Angebot und Vertragspartner jeweils ca. 51 % mit Ladekarten⁵⁶ oder mittels einer App genutzt werden. Bei diesen Ladeorten sind in vielen Fällen mehrere Anbieter/Zugangsmedien akzeptiert (vgl. Abbildung 13).

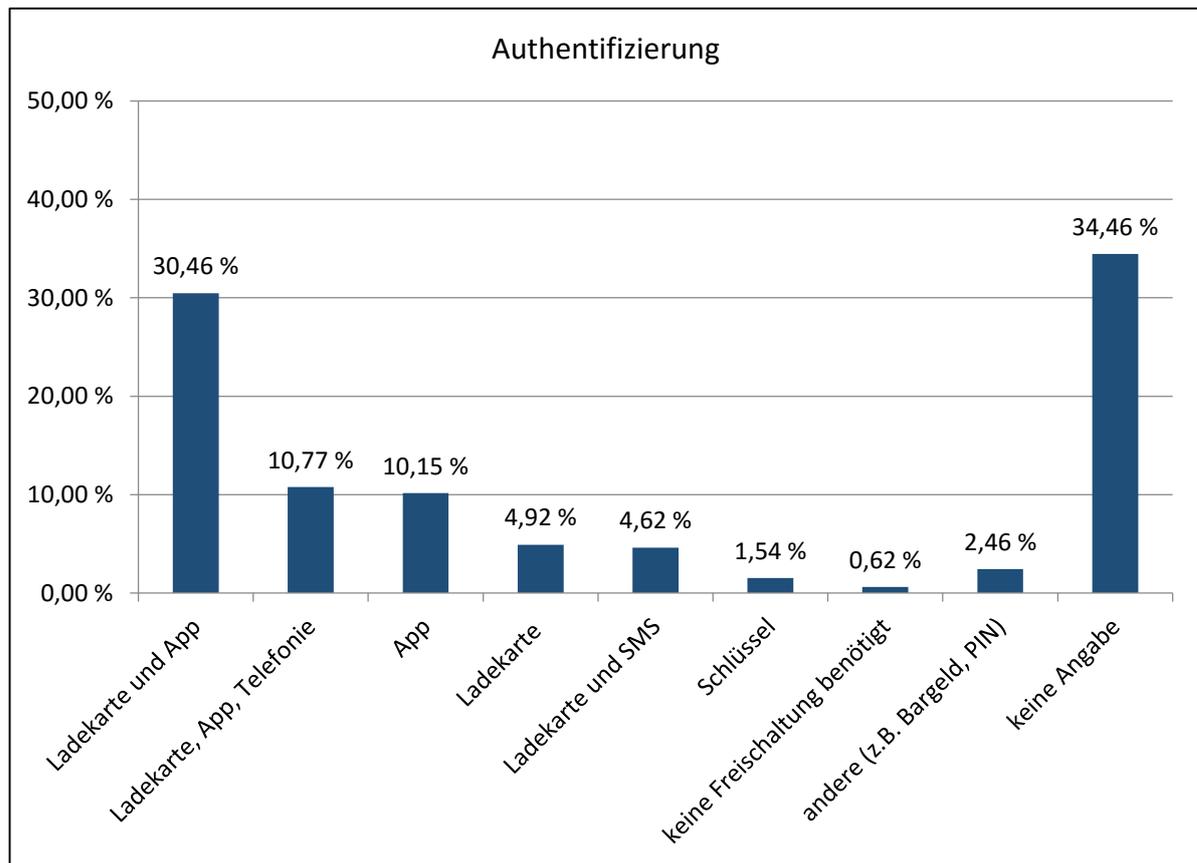


Abbildung 13: Möglichkeiten zur Authentifizierung an den Ladeorten in Sachsen (n = 325)

Um einem Kunden mittels eines einzelnen Authentifizierungsmediums betreiber- oder netzwerkfremde Ladeorte zugänglich machen zu können, wurde das Prinzip des anbieterübergreifenden Roamings aus dem Bereich Mobilfunk in die Elektromobilität übertragen. Es besteht die Möglichkeit, an allen teilnehmenden Ladeorten Fahrstrom zu beziehen – unabhängig davon, mit welchem Betreiber oder Stromanbieter ein Vertrag geschlossen worden ist.^{57 58}

An rund 40 % der Ladeorte ist der Ladevorgang mindestens über einen weiteren Anbieter zur Verrechnung der Ladekosten möglich (vgl. Abbildung 14). Bei rund einem Viertel der Ladeorte

⁵⁵ Die LIS von Privatleuten befindet sich auf dem Privatgrundstück bzw. in der privaten Garage und muss daher üblicherweise durch den Betreiber selbst zugänglich gemacht werden. An LIS, die nicht von Privatleuten zur Verfügung gestellt wird, sollte eine Anmeldung vorab nicht nötig sein. Eine Anmeldung ist nicht mit einer Reservierung gleichzusetzen.

⁵⁶ Mittels RFID (Radio-Frequency Identification)

⁵⁷ Vgl. Hubeject GmbH (2017)

⁵⁸ Aus Betreibersicht liegt der Vorteil darin, dass der potenzielle Nutzkreis durch das Marktmodell maximiert werden kann. Im Anhang V sind die unterschiedlichen Angebotsalternativen des eRoamings sowie weiterführende Informationen zusammengefasst.

ist dies nicht möglich und für 35 % existiert diesbezüglich keine Angabe. Es ist zu vermuten, dass keine Angabe für eine Nichtverfügbarkeit steht.

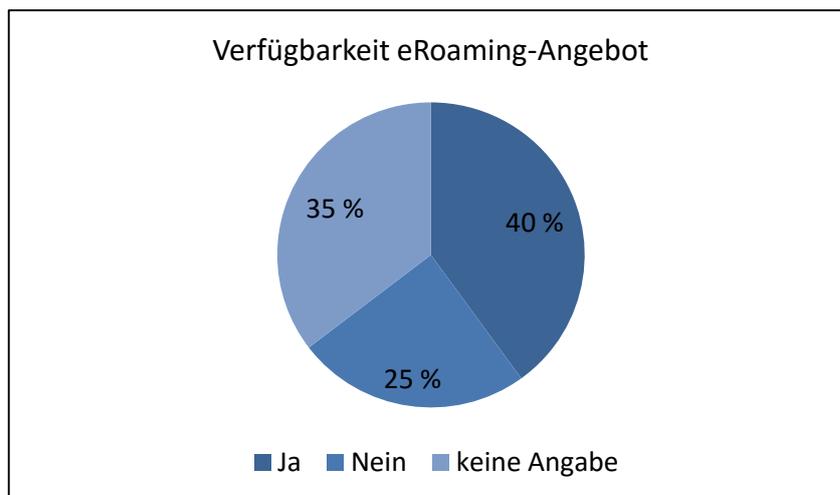


Abbildung 14: Verfügbarkeit eines eRoaming-Angebots (n = 325)

Im Freistaat Sachsen wurde im Rahmen des Bundesprogramms „Elektromobilität in Modellregionen“ das „StromTicket“ entwickelt, eine mobilfunkbasierte Applikation, die keine Datenanbindung der Ladesäule bedingt.⁵⁹ Diese Form der Authentifizierung per App ist u. a. in Teilen von Sachsen verfügbar.

2.3 Vergleich innerhalb Europas

In einigen europäischen Staaten wie den Niederlanden und Norwegen ist die Verbreitung von Elektrofahrzeugen deutlich weiter fortgeschritten (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Vergleich E-Fahrzeuge – Länder Deutschland, Niederlande und Norwegen

	Sachsen	Deutschland	Niederlande	Norwegen
Einwohner	4 084 851	82 175 684	16 979 120	5 205 434
Bevölkerungsdichte in EW/km²	222	230	408	13
Anzahl zugelassener BEV (PHEV), Stand 01.01.2017	984 (ca. 972)	34 022 ⁶⁰ (ca. 20 975) ⁶¹	13 105 (98 903) ⁶²	110 002 (41 901) ⁶³
Marktanteil BEV (PHEV) in %⁶⁴	0,2 ⁶⁵	0,3 (0,4)	1,0 (4,9)	15,7 (13,4)
Anzahl BEV (PHEV) pro 1 000 EW	0,2 (0,2)	0,4 (0,3)	0,8 (5,8)	21,1 (8,1)

Norwegen besitzt mit 21,1 BEV pro 1 000 EW bzw. mit 8,1 PHEV pro 1 000 EW den weltweit größten Anteil an Elektrofahrzeugen. Die norwegische Regierung verfolgte das Ziel, dass im Jahr 2017 mindestens 50 000 Elektrofahrzeuge auf den Straßen fahren. Durch umfangreiche Steuervorteile und Privilegien wurde dieses Ziel bereits im April 2015 erreicht. Am Ende des

⁵⁹ Nach einmaliger Anmeldung kann der Nutzer jederzeit an allen Ladesäulen der Verbundpartner laden.

⁶⁰ Vgl. KBA (2017a)

⁶¹ Hochrechnung zum 01.01.2016

⁶² Vgl. RVO (2016)

⁶³ Vgl. Elbil (2017)

⁶⁴ Vgl. Eafo (2017c), Berechnungen erfolgten auf Basis der Neuzulassungen

⁶⁵ Vgl. KBA (2017b), die Zahl der Neuzulassungen für PHEV nach Ländern nicht gesondert ausgewiesen

Jahres 2016 umfasste der Anteil der Elektrofahrzeuge an den Neuzulassungen rund 29 %. Insbesondere steuerliche Anreize und Subventionen sind Gründe für die positive Entwicklung auf dem Weg zur Marktdurchdringung in Norwegen (vgl. Tabelle 8). In den Niederlanden ist der Marktanteil von BEV mit 1 % deutlich niedriger als in Norwegen. Durch die geringe Landesfläche ist eine Erreichbarkeit von Zielen mit Elektrofahrzeugen deutlich besser gegeben als in großen Flächenländern.

Tabelle 8: Überblick über staatliche Förderungen für Elektrofahrzeuge im Ländervergleich⁶⁶

Deutschland ^{67 68}	Niederlande	Norwegen ⁶⁹
<ul style="list-style-type: none"> - Umweltbonus als Kaufprämie: einmalig 4 000 € für BEV, 3 000 € für PHEV⁷⁰ - Befreiung der KFZ-Steuer für BEV für 10 Jahre⁷¹ - Steuerreduktion für Firmenwagen - Laden am Arbeitsplatz für den Arbeitnehmer steuerfrei - Nach EmoG Möglichkeit für Städte und Kommunen Vorrechte für EV zu ermöglichen (z. B. Verringerung oder Verzicht auf Parkgebühren, Ausweisung von Sonderparkplätzen ...) - Unterstützung kommunaler Elektromobilität mit Fahrzeugbeschaffung und Aufbau von Ladeinfrastruktur - Förderung von Forschung und Entwicklung - Förderung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> - Befreiung von der Zulassungssteuer für BEV, Ermäßigung für PHEV - Befreiung von der KFZ-Steuer für BEV, PHEV zahlen 50 % der Steuer für einen konventionellen PKW - Befreiung der Luxussteuer bei Neuwagenkauf bis zu 35 % - Zuschlag auf Einkommensteuer für private Nutzung von Firmenwagen, für BEV 4 %, für PHEV zumeist 15 % (sonst 21 %) - Steuerlich abzugsfähige Investitionen für BEV und PHEV (ohne Dieselmotor) - Spezielle kostenlose Parkmöglichkeiten in Amsterdam mit zumeist kostenlosem Strom 	<ul style="list-style-type: none"> - Befreiung von einmaliger Registrierungssteuer für BEV-Neuwagen, Ermäßigung für PHEV - Erlass der Mehrwertsteuer (25 %) bei BEV-Anschaffung - Befreiung der KFZ-Steuer für 5 Jahre (ab 2016), zuvor 10 Jahre - Befreiung von der Abgas- und Importsteuer - Unternehmenssteuervorteile - I. d. R. Befreiung von Straßennutzungs- und Parkgebühren, Möglichkeit zum kostenfreien Laden in den Innenstädten - Erlaubnis zur Nutzung der Fahrspuren von Bussen und Taxis - Befreiung von Fährgeldern und kostenlose Ladevorgänge während der Überfahrt - Günstige Strompreise und regenerative Stromquellen - Verpflichtung der Autohersteller, BEV anzubieten

Die Elektromobilität wird in den Ländern und von den Kommunen auf unterschiedliche Weise gefördert. Anreize durch Kaufprämien und steuerliche Vorteile sind dabei die primären Förderungsmechanismen. Die Förderung in Norwegen setzt hinsichtlich der Höhe deutlich stärkere finanzielle Anreize. Insgesamt sollen die Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Emissionen im Transportsektor in Norwegen bis 2030 halbiert werden. Deshalb soll die Förderung von EV fortgesetzt werden, mit dem Ziel, dass ab 2025 keine herkömmlich betriebenen PKW, Lieferwagen und teilweise auch Lastkraftwagen (LKW) mehr zugelassen werden. Entsprechend dem Klimavertrag von Paris ist geplant, den gesamten Verkehr im Land ohne Einsatz von Erdöl zu gestalten.

66 Vgl. Autogeco (2016)

67 Vgl. Eafo (2017d)

68 Vgl. Boesche, K. et al. (2017)

69 Vgl. Bigalke, S. (2015)

70 Der Bonus gilt für alle Autos, die seit dem 18. Mai 2016 erworben worden sind. Zudem sind nur die Fahrzeuge förderfähig, deren Hersteller dem Bonussystem angehören. Die Prämie gilt bis zu einem Netto-Kaufpreis von 60 000 € (Basismodell).

71 Für reine E-Fahrzeuge, die vom 18. Mai 2011 bis 31. Dezember 2015 erstmalig zugelassen wurden. Mit dem am 17. November 2016 in Kraft getretenen „Gesetz zur steuerlichen Förderung von Elektromobilität im Straßenverkehr“ wird eine fünfjährige Steuerbefreiung für E-Fahrzeuge, die zwischen dem 01. Januar 2016 bis 31. Dezember 2020 erstmalig zugelassen wurden, rückwirkend zum 01. Januar 2016 auf zehn Jahre verlängert. Zudem gilt die Befreiung auch für umgerüstete Fahrzeuge.

Hinsichtlich der Ladeinfrastruktur werden im internationalen Vergleich ebenfalls große Unterschiede sowohl in der Quantität als auch Qualität deutlich (vgl. Abbildung 15).

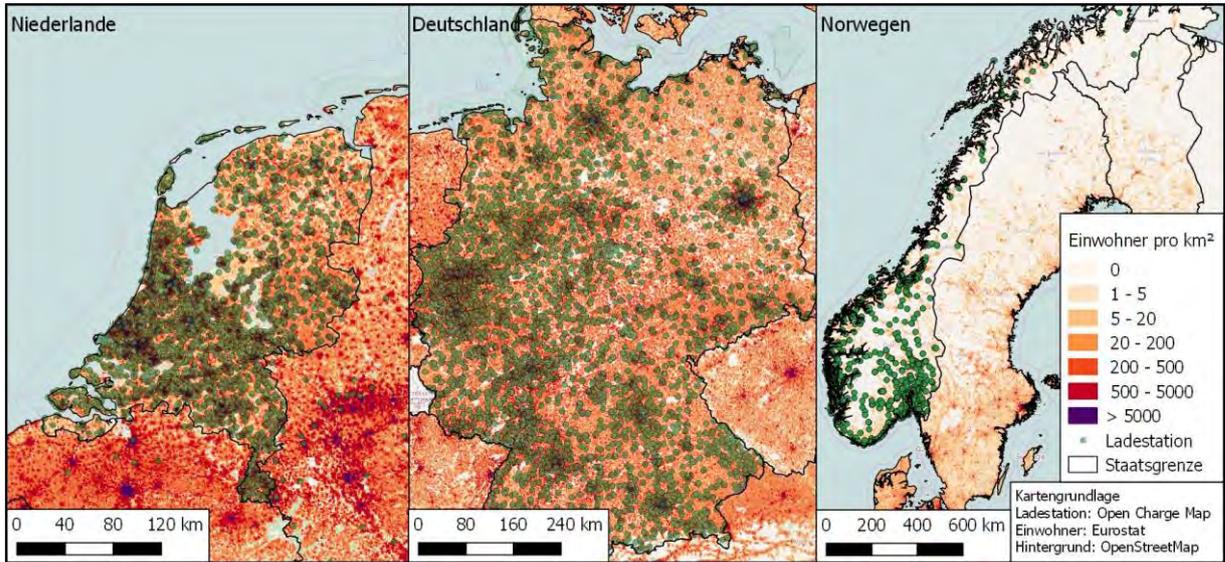


Abbildung 15: Internationaler Vergleich der vorhandenen LIS im Kontext zur Bevölkerungsdichte

Eine erhebliche räumliche Differenzierung fällt in Norwegen auf. So sind in Nordnorwegen, das 1/3 der Landesfläche umfasst und weniger als 1/10 der Bevölkerung stellt, weniger als 100 Normalladepunkte vorhanden. Dies entspricht weniger als einem Ladepunkt auf 1 000 km². Die Distanzen zwischen den Ladeorten auf den Hauptverbindungsstraßen betragen jedoch auch im Süden nicht selten 100 bis 150 km. In Deutschland ist ebenfalls ein Ost-West-Gefälle und eine besonders hohe Dichte im Ruhrgebiet sichtbar.

Die Niederlande verfügen über eine sehr hohe Ladeortdichte, insbesondere in der Randstad, dem Ballungsgebiet im Westen der Niederlande. Mit über 60 Normalladepunkten pro 100 km² wird die zehnfache Anzahl von Deutschland und sogar fast die 30-fache Anzahl von Norwegen in dem hoch verdichteten Gebiet erzielt (vgl. Tabelle 9).

Am Beispiel der Niederlande wird ersichtlich, wie stark sich die geografischen Rahmenbedingungen auswirken und ein sehr dicht besiedeltes Land die Errichtung mit hoher Ladepunktdichte deutlich einfacher bewerkstelligen kann. Mit 612 Schnellladepunkten gibt es in den Niederlanden eine hohe Flächenabdeckung. Das Verhältnis zwischen Schnell- und Normalladepunkten beträgt in den Niederlanden 1:43 und in Norwegen rund 1:6,5. Deutschland weist ein Verhältnis von knapp 1:29 auf.

Neben der Anzahl von Ladepunkten pro Quadratkilometer ist das Verhältnis zwischen Ladepunkten und Elektrofahrzeugen ein weiterer Indikator für den Ausbaustand der LIS – unter Berücksichtigung der Anzahl an Elektrofahrzeugen. Entsprechend der Vorgabe der EU (2014), wonach für eine angemessene Abdeckung auf jeden Ladepunkt maximal 10 Elektrofahrzeuge

entfallen sollten⁷², liegt Norwegen mit 15 Elektrofahrzeugen (BEV und PHEV) pro Ladepunkt deutlich über der Empfehlung (vgl. Tabelle 9). Werden die BEV separat betrachtet, zeigt sich das Verhältnis mit knapp unter 1:10 und entspricht damit der Empfehlung. Sowohl die Niederlande als auch Deutschland befinden sich deutlich unter dieser Vorgabe.

Tabelle 9: Vergleich LIS-Länder Deutschland, Niederlande und Norwegen

	Sachsen	Deutschland	Niederlande	Norwegen
Fläche in km²	18 420	357 375	41 548	385 199
Bevölkerungsdichte in EW pro km²	222	230	408	13
Anzahl der öffentlichen Normalladepunkte (Schnellladepunkte)	849 (20) ⁷³	23 872 (821) ⁷⁴	26 088 (612) ⁷⁵	8 778 (1 347) ⁷⁶
Normallader pro 100 km²	4,61	6,36	62,79	2,28
Schnelllader pro 100 km²	0,11	0,22	1,47	0,35
Verhältnis Schnell- zu Normalladepunkt	1:43	1:29	1:43	1:6,5
BEV und PHEV pro Normalladepunkt	2,30	2,30	4,29	15,03

Für den hohen Ausbaugrad der LIS in den Niederlanden ist eine Vielzahl von Faktoren anzuführen. Mit der Gründung der National Charging Infrastructure Knowledge Platform Foundation (NKL) wurde versucht, die Kosten für den Bau und Betrieb von Ladeorten zu senken. Mittels zahlreicher Projekte wurde die Zusammenarbeit zwischen Regierung, lokalen Behörden, Universitäten, Industrie, Netz- und Ladepunktbetreibern gefördert, um auf diese Weise neue Anreize für Innovationen zu schaffen und damit einerseits die Entwicklung kostengünstiger Produkte zu fördern und andererseits durch verbesserte Standortplanung die Auslastung zu erhöhen.⁷⁷ Überdies wurde durch die niederländischen Netzbetreiber die Initiative E-Laad zur Errichtung eines frei zugänglichen öffentlichen Ladenetzes gegründet, wobei E-Laad nicht die Ladepunkte betreibt, sondern den Ausbau koordiniert. So konnte in Zusammenarbeit mit den Gemeinden eine flächendeckende Infrastruktur mit einem einheitlichen Lade- und Bezahlssystem, inklusive Echtzeitinformationen zum aktuellen Status, errichtet werden. Um den Bau weiterer Ladeorte effizienter zu gestalten, werden sämtliche Ladevorgänge registriert und ausgewertet. Weiterhin fungiert *E-Laad* als zentraler Ansprechpartner für den Bau neuer Ladeorte und vermittelt zwischen Ladeort- und Netzbetreiber.⁷⁸

Da die öffentliche Ladeinfrastruktur zurzeit nicht selbsttragend betrieben werden kann, werden Betreiber und Gemeinden durch den *Green Deal* gefördert, um einen Übergang hin zu einem wirtschaftlich rentablen und gleichzeitig umweltfreundlicheren System zu erleichtern.⁷⁹

72 Vgl. Amtsblatt der Europäischen Union (2014)

73 Vgl. LEMnet Europe e.V. (2016); Goingelectric (2016a)

74 Vgl. Goingelectric (2017b)

75 Vgl. Eafo (2017e)

76 Vgl. Nobil (2017)

77 Vgl. RVO (2015)

78 Vgl. NPE (2015)

79 Vgl. Van der Wees, B. (2014)

Norwegen hat bereits 2010 durch den norwegischen Elektroauto-Verband *Norsk elbilforening* eine relevante Voraussetzung geschaffen. Die Entwicklung einer staatlich finanzierten und für jeden nutzbaren Datenbank über alle Ladepunkte im Land stellt jegliche relevanten Informationen, wie Ladeleistung, Zugänglichkeit, Bezahlmöglichkeit und Kontaktinformationen sowie Real-Time-Informationen zum aktuellen Status, bereit. Die Entwicklung von IT-Diensten wird vereinfacht und die Informationsverfügbarkeit erhöht das Vertrauen der Nutzer.

Der Bau von Ladestationen wird durch die staatliche Institution *Enova* erheblich unterstützt. Private und gewerbliche Betreiber konnten sich Normalladestationen mit bis zu 1 200 € fördern lassen, Schnellladestationen mit bis zu 24 000 €. ⁸⁰ Von 2010 bis 2011 wurden mit einer Fördersumme von 6,25 Mio. € die gesamten Kosten für eine Normalladestation (max. 3 750 €) übernommen. ⁸¹ Im Jahr 2015 wurde das Unternehmen *Fortum* beauftragt, auf sechs Hauptverbindungen in Südnorwegen eine Abdeckung mit Schnellladestationen alle 50 km sicherzustellen, was den Bau von 77 Schnellladern erfordert und mit 1,1 Mio. € gefördert wird. ⁸² Um Warteschlangen zu vermeiden, wird neben dem Bau weiterer Ladestationen die Erweiterung der Ladepunkte priorisiert.

80 Vgl. Solvi, E. et al. (2012)

81 Vgl. Figenbaum, E., Kolbenstvedt, M. (2013)

82 Vgl. Fortum.com (2015)

3 Marktentwicklung und Prognosen in der Elektromobilität

Um Prognosen für die benötigte Ladeinfrastruktur vornehmen zu können, bedarf es einer Abschätzung der Anzahl, Reichweite und Ladestandards und -technologien der in den nächsten Jahren relevanten Elektrofahrzeuge. Im Folgenden werden die Charakteristika von E-Fahrzeug-Modellen und vorhandene Prognosen zum Markthochlauf betrachtet.

3.1 Einflussgröße Elektrofahrzeuge

Die ersten mengenmäßig relevanten Neuzulassungen von rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen (2 154 Stück) erfolgten im Jahr 2011.⁸³ Mitte 2013 erschienen erste Fahrzeugmodelle, wie der Tesla Model S und der Renault Zoe (1. Generation), die zwar zu einem kontinuierlichen Anstieg der BEV-Neuzulassungen führten, jedoch auf einem weiterhin geringen Niveau. Im gleichen Jahr brachte VW den e-Up und BMW den ersten i3 auf den deutschen Markt.

Im Jahr 2016 erreichten die Zulassungszahlen der Plug-in-Hybride, die vorher eine ähnliche Entwicklung in den Zulassungszahlen erfuhren, einen Anstieg von knapp 24 %. Beide Verlaufskurven können Abbildung 16 entnommen werden.

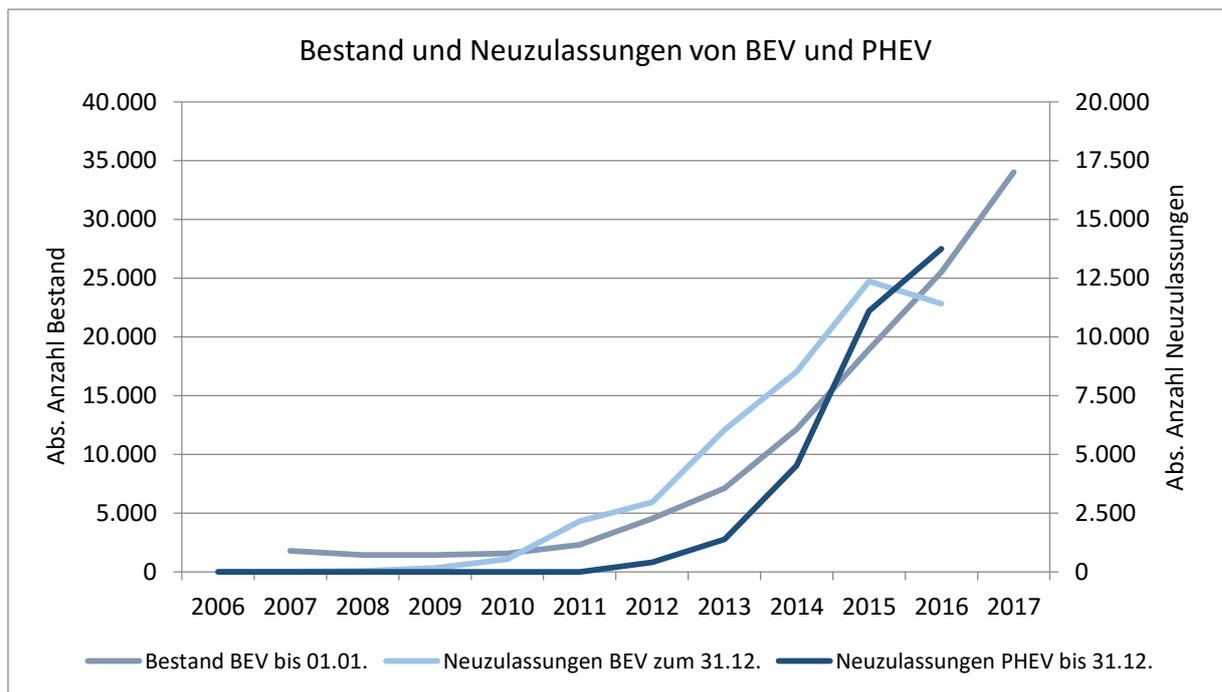


Abbildung 16: BEV- und PHEV-Neuzulassungen und Bestand 2006-2017⁸⁴

Die meisten BEV-Modelle entstammen zu Beginn des Jahres 2016 dem Bereich des Kleinst- und Kleinwagensegments, gefolgt von Kompakt- und Mittelklasse.⁸⁵ Fahrzeuge der Oberklasse

⁸³ Zum Vergleich: 2011 wurden insgesamt ca. 3,2 Mio. PKW zugelassen.

⁸⁴ Eigene Zusammenstellung anhand Zulassungszahlen KBA; Stand 01.01.2017

⁸⁵ Vgl. KBA (2016c)

werden aktuell durch Modelle von Tesla dominiert. Auch im Bereich der Vans und Transporter sind lediglich wenige Modelle erhältlich.

Die Mehrheit der derzeit am Markt verfügbaren BEV unterstützt einen DC-Schnellladestandard, wobei CCS in etwa so häufig vertreten ist wie der japanische Standard CHAdeMO. Die fahrzeugseitig realisierbare Ladeleistung liegt dabei bei Serienmodellen zwischen 40 kW und 120 kW (Tesla). Für das Wechselstromladen variiert diese zwischen 2,3 kW und 11 kW, in seltenen Fällen auch darüber (bis max. 43 kW).

Seitens der PHEV ist derzeit nur ein Fahrzeug mit CHAdeMO ausgestattet, bei allen anderen Modellen ist das Laden der Batterie an AC-Ladesäulen möglich. Die elektrischen Reichweiten der PHEV liegen durchschnittlich bei 45 km.

Die Reichweiten gemäß NEFZ der BEV erreichen im Segment der Minis und Kleinwagen zu Beginn des Jahres 2016 zwischen 145 km und 190 km (Minis) bzw. 190 km und 240 km (Kleinwagen). Im Jahr 2017 verfügen die angekündigten Fahrzeugmodelle hingegen bereits über Reichweiten von bis zu 400 km (in Einzelfällen bis zu 500 km). Abbildung 17 stellt die annoncierten Modelle und Relaunches bis zum Jahr 2020 mit angekündigten Reichweiten gemäß NEFZ dar.⁸⁶

⁸⁶ Es handelt sich hierbei um einen Einblick in die zukünftige Entwicklung, jedoch nicht um eine vollständige Auflistung.

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

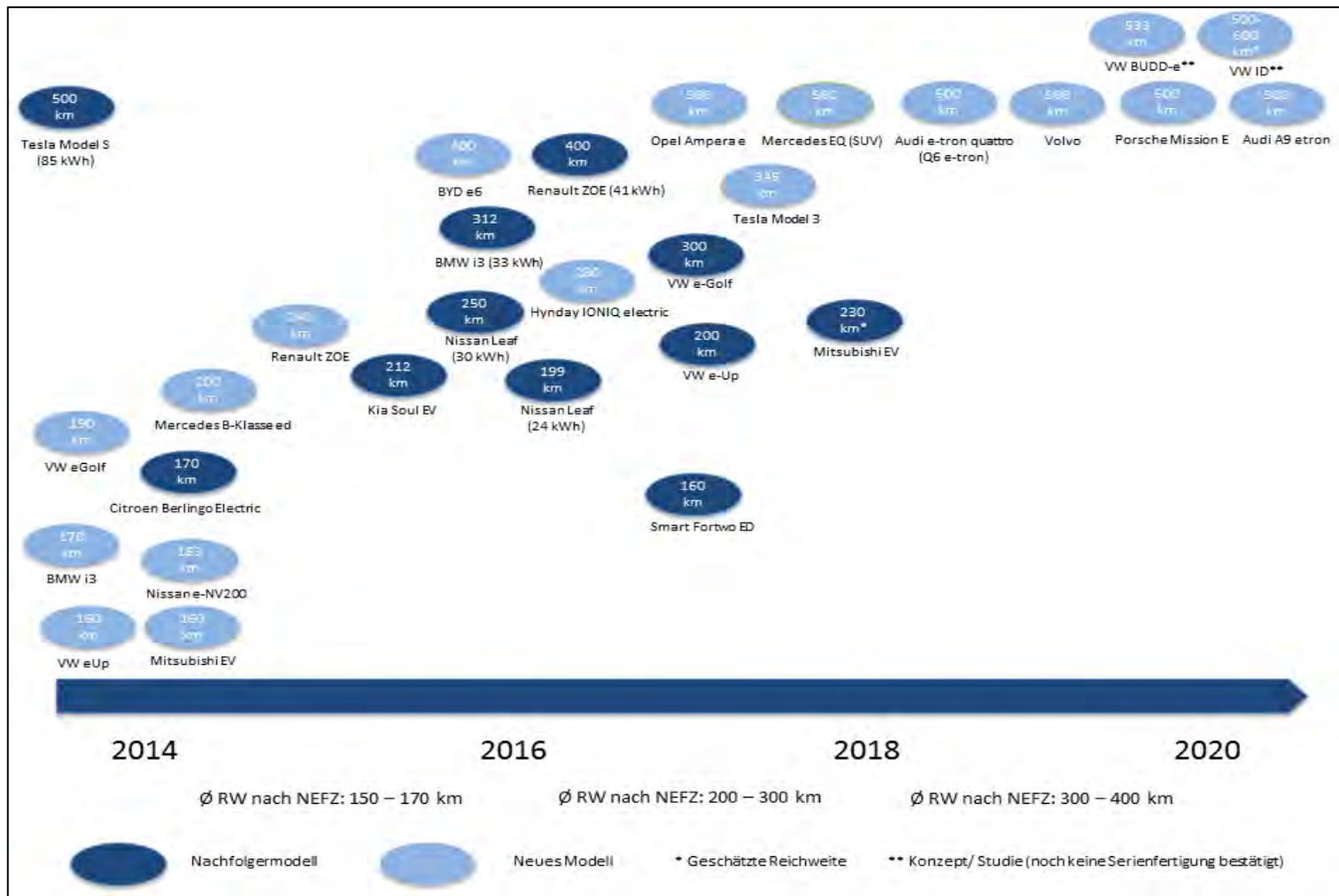


Abbildung 17: Fahrzeugentwicklungen bis 2020

Die angekündigten Fahrzeuge sind zunehmend in den Segmenten der Kompakt- und Mittelklasse sowie unter den SUVs (Sport Utility Vehicle) und Sportwagen angesiedelt. Da Elektrofahrzeuge sich insbesondere gegenüber konventionellen Fahrzeugen bei Fahrprofilen mit hoher Jahresfahrleistung bzw. hohen elektrischen Fahranteilen (PHEV) rechnen, kommt diesen Segmenten eine entsprechend hohe Bedeutung für den Markthochlauf zu. Diese Entwicklung folgt der Verteilung der PKW-Neuzulassungen in Deutschland. Laut KBA entfallen ca. 25 % der Zulassungen im Jahr 2016 (bis einschließlich November) auf die Kompaktklasse und jeweils knapp 13 % auf die Mittelklasse und die SUVs.⁸⁷

Die Diversität hinsichtlich der Modellauswahl wird steigen. Die Reichweiten in höheren Fahrzeugklassen (Kompakt, Mittelklasse, Oberklasse) dürften sich gemäß der angekündigten Modelle bei etwa 500 km Reichweite einpegeln (vgl. Abbildung 17). Die Reichweiten der in 2020 verkehrenden Fahrzeuge betragen dementsprechend voraussichtlich im Schnitt zwischen 300 km und 400 km nach NEFZ. Wenngleich die prognostizierten Kosten für die Fahrzeugbatterien sinken werden, machen sie weiterhin einen großen Teil der Fahrzeugkosten, insbesondere bei Kleinstwagen, aus. Daher wird es mittelfristig günstige Modelle mit geringen Batteriekapazitäten geben. Zum Markthochlauf kommt diesen allerdings keine Relevanz zu.

Um die zukünftigen Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen abzuschätzen, wurden in Tabelle 10 existierende Studienergebnisse zusammengefasst.

⁸⁷ Vgl. KBA (2016d)

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Tabelle 10: Einflussfaktoren auf den Markthochlauf

Quelle	Prognose/Anzahl E-Fahrzeuge	Einflussfaktoren
PwC Autofacts (2016)⁸⁸	500 000 bis 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Ladeinfrastruktur, Reichweite, Anschaffungskosten - Batteriekosten um 80 % (von 500 €/kWh auf 100 €/kWh) senken und - Reichweite von 500 km erreichen, um die Fahrzeuge auf ein wettbewerbsfähiges Niveau zu bringen
Horváth & Partner GmbH (2016)	1 Mio. im Jahr 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Batteriepreise, verbesserte Batterietechnologie und somit höhere Reichweiten
Fraunhofer ISI (2013)⁸⁹	520 000 (Basisszenario)	<ul style="list-style-type: none"> - Batteriepreise/Anschaffungskosten - Strompreis, Kraftstoffpreis - Ladeinfrastruktur - Wartungskosten - etc.
Fraunhofer ISI (2014)⁹⁰	710 000 bis 1,2 Mio.	<ul style="list-style-type: none"> - Politikmaßnahmen (Kaufpreissubventionen, Sonder-AFA, KfW-Kredite)
Kienbaum 2014⁹¹,	750 000 bis 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Senkung Batteriekosten - Erhöhung der Reichweiten - Etablierung in Firmenflotten
Bain & Company Germany (2015)	n/a	<ul style="list-style-type: none"> - Batteriekosten, Weiterentwicklung der Batterietechnologie - Aufbau von Ladeinfrastruktur - Erweiterung des Fahrzeugangebots - Angleichung der Kosten von Verbrennern und Elektrofahrzeugen bis 2022
Bloomberg New Energy Finance 2016⁹²	n/a	<ul style="list-style-type: none"> - Batteriekosten senken
CAM 2016⁹³	Anzahl der Neuzulassungen zwischen 2,5 % und 5 % (global)	<ul style="list-style-type: none"> - Reichweiten von 300 bis 500 km - Senkung Batteriekosten - Staatliche Unterstützung zum Aufbau von Schnellladeinfrastruktur
Aral AG „Trends beim Autokauf 2015“	n/a	<ul style="list-style-type: none"> - Reichweite⁹⁴ - Verringerung der KFZ-Steuer - Kaufpreissubventionen
Fraunhofer IAO 2015, DELFIN⁹⁵, (2015)	n/a	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzerakzeptanz - Dienstleistungen können bestehende Defizite wie Reichweite oder hohe Anschaffungskosten ausgleichen - Bildung von Netzwerken und Allianzen

Aus den Studien lassen sich mehrere Einflusskriterien extrahieren, von denen Ladeinfrastruktur, Reichweite und Preis immer wieder als treibende Faktoren benannt werden. Lediglich mit

88 Vgl. PwC (2016)

89 Vgl. Plötz, P. et al. (2013)

90 Vgl. Wietschel, M. (2014)

91 Vgl. Sahay, D. (2014)

92 Vgl. Randall, T. (2016)

93 Vgl. Bratzel, S. (2016)

94 Aus Nutzersicht mindestens 418 km

95 Vgl. Cocca, S. et al. (2015)

nutzerseitiger Akzeptanz können die Verkaufszahlen einen nennenswerten Anstieg erreichen und einen Markthochlauf bewirken (vgl. Abbildung 18). Die größten Unterschiede existieren in der prognostizierten Fahrzeuganzahl, diese liegt im Jahr 2020 zwischen 500 000 (PwC) und 1,2 Mio. (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)).

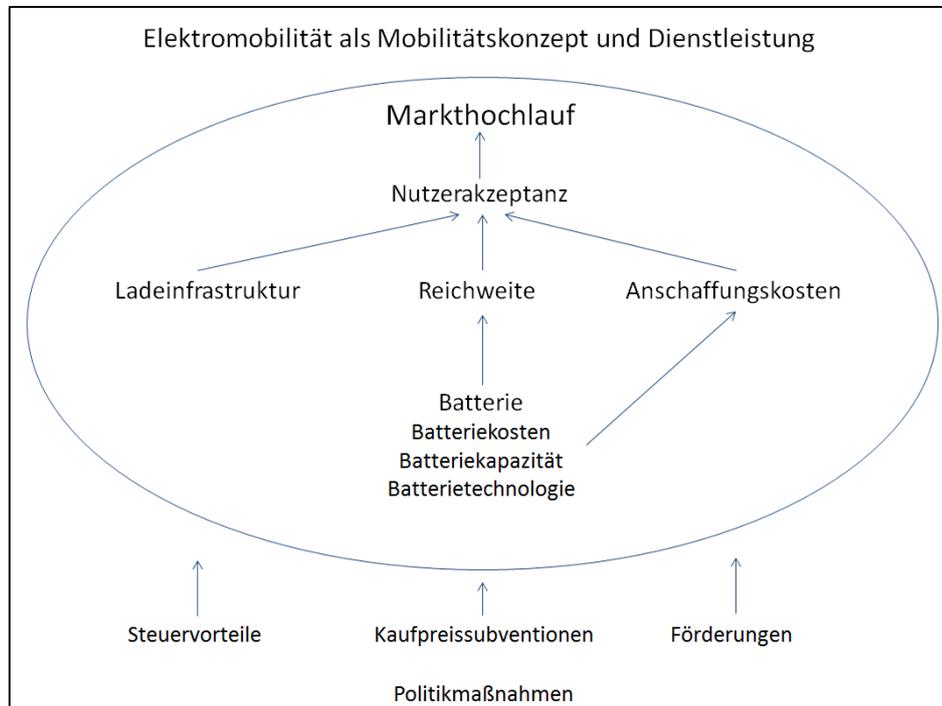


Abbildung 18: Einflussfaktoren auf den Markthochlauf

Das Ziel der Bundesregierung von 1 Mio. zugelassenen E-Fahrzeugen in Deutschland bis 2020 scheint nicht mehr erreichbar. Die analysierten Studien prognostizieren eine überwiegend geringere Anzahl. Für die Prognose der vorliegenden Studie wurden Szenarien für die Anzahl an E-Fahrzeugen im Zeitraum von 2020 – 2022 festgelegt (vgl. Kapitel 4), die sich hinsichtlich der absoluten Anzahl von BEV und PHEV in Deutschland unterscheiden.

3.2 Einflussgröße Ladeinfrastruktur

Die Verfügbarkeit öffentlich zugänglicher Ladeorte trägt wesentlich zur Attraktivität der Elektromobilität bei, da sie zu einer Vertrauenswirkung beim potenziellen Nutzer führt, wodurch der Markthochlauf gezielt gefördert wird.

Laut Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) kann hinsichtlich der Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte in den letzten Jahren ein kontinuierlicher Zuwachs verzeichnet werden (vgl. Abbildung 19). Im Dezember 2011 gab es deutschlandweit etwa 2 200 öffentlich zugängliche Ladepunkte⁹⁶. Im Dezember 2016 ermittelte der BDEW etwa 7 400. In-

⁹⁶ Die Erhebung des BDEW betrachtet ausschließlich Ladepunkte, an denen eine Zugänglichkeit rund um die Uhr für jeden ohne eine Anmeldung im Voraus zum Ladevorgang gewährleistet ist.

sofern konnte sich der Bestand an Ladepunkten in diesem Betrachtungszeitraum mehr als verdreifachen. Damit lag der Anstieg verständlicherweise deutlich unter dem der Bestandszahlen von Elektrofahrzeugen. Im Juni 2013 kamen laut BDEW etwa 10 400 EV auf knapp 4 400 Ladepunkte. Im Dezember 2016 waren es rund 77 000 EV (davon 44 159 PHEV) auf ca. 7 400 Ladepunkte.

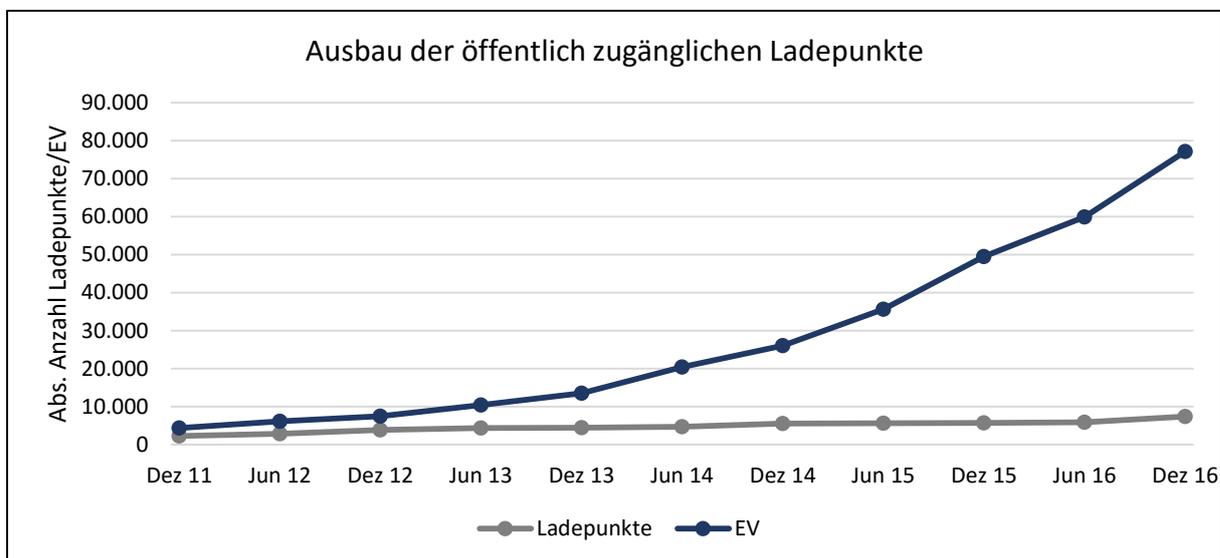


Abbildung 19: Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte und Anzahl EV im Zeitverlauf⁹⁷

3.2.1 Ausbaupläne und Anforderungen an Ladeinfrastruktur

Mit der Förderrichtlinie *Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland* vom 13.02.2017 unterstützt die Bundesregierung den Aufbau von mindestens 15 000 weiteren öffentlich zugänglichen Ladestationen in Deutschland (davon 5 000 Schnellladestationen). Mit der Förderung soll das Ziel von 36 000 Normalladepunkten und 7 000 Schnellladepunkten bis 2020 erreicht werden. Gefördert werden Ladesäulen, die den Anforderungen an zukünftige Ladeinfrastruktur gemäß dem aktuellen Stand der LSV (Ladesäulenverordnung) und somit den fahrzeugseitigen und technologischen Entwicklungen entsprechen. Daraus ergeben sich u. a. folgende Kriterien:^{98 99}

- Anbindung an ein IT-Backend über einen aktuellen offenen Standard (z. B. OCPP),
- Auffindbarkeit des Standorts,
- Einsehen des dynamischen Belegungsstatus,
- das Starten und Bezahlen eines Ladevorganges muss mittels Roaming allen Kunden, unabhängig vom Vertragspartner, möglich sein,
- Ausstattung von Normalladepunkten mindestens mit Steckdosen des Typ 2,
- Ausstattung von DC-Schnellladepunkten mindestens mit Kupplungen des Typ 2 Combo.

⁹⁷ Vgl. BDEW e.V. (2016)

⁹⁸ Vgl. BMVI (2017)

⁹⁹ Vgl. BMWI (2015)

Die Förderrichtlinie des Bundes fordert weiterhin die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien.

Aus den Charakteristika der verfügbaren und angekündigten Fahrzeugmodelle können zudem folgende Anforderungen an die zukünftige Ladeinfrastruktur abgeleitet werden:

- Ausstattung von Schnellladeorten mit CHAdeMO und CCS (flächendeckend mit mindestens 50 kW) für schnellen Reichweitenzuwachs,
- Ladeleistungen von max. 11 kW an Orten mit langen Standzeiten,
- Ladeleistungen zwischen 11 kW und 50 kW (AC) sind unsicher bzgl. der zukünftigen Ausstattungen der Fahrzeuge. Aktuell ist nicht mit Modellen im nennenswerten Umfang zu rechnen, die Ladeleistungen in diesem Bereich unterstützen.

Hinsichtlich des DC-Schnellladens wird der Markthochlauf im Wesentlichen mit 50 kW Ladeleistung stattfinden. Mittelfristig werden sich höhere Ladeleistungen auf dem Markt durchsetzen, die eine Aufrüstung der Ladeinfrastruktur erfordern. Es ist derzeit nicht absehbar, wann sich diese seitens der Infrastruktur und Fahrzeuge etablieren. Eine ähnliche Problematik ist aktuell für ältere Bestandfahrzeuge zu beobachten. Diese unterstützen partiell kein Schnellladen oder nicht den präferierten CCS Ladestandard. Systemwechsel sind, sofern keine Abwärtskompatibilität herrscht, immer problematisch, da ein Spagat zwischen Mehrkosten für den Parallelbetrieb und der verbleibenden, meist abnehmenden, Nutzergruppe existiert.

3.2.2 Nutzungsverhalten an öffentlicher Ladeinfrastruktur

Im Hinblick auf das Bundesförderprogramm Ladeinfrastruktur und aufgrund der Relevanz des Ladeinfrastrukturaufbaus für den Markthochlauf der Elektromobilität führte die Begleit- und Wirkungsforschung im Herbst 2016 Gespräche, Diskussionen in Fokusgruppen und eine Onlinebefragung durch, die Anforderungen an eine kundenfreundliche Ladeinfrastruktur und das Lade- bzw. Nutzungsverhalten von E-PKW-Fahrern ermittelte.¹⁰⁰

Entscheidend für den Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur und eine Herausforderung für deren Betrieb ist die Möglichkeit der Substitution durch private Ladeinfrastruktur, die derzeit als Primärladequelle für die Elektromobilitätsnutzer dient. Demnach entfallen rund 48 % sämtlicher durchgeführter Ladevorgänge auf die Ladeinfrastruktur am eigenen Stellplatz, weitere 20 % auf die Ladeinfrastruktur beim Arbeitgeber (*Arbeitgeberladen*). Ladeinfrastruktur auf öffentlich zugänglichem Grund vereint hingegen 26 % der Ladevorgänge auf sich (vgl. Tabelle 11). Wird die herstellereigene Ladeinfrastruktur mit in die Betrachtung einbezogen, lässt sich ein Anteil von 31 % feststellen.

Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur wird also von einem Großteil der Elektromobilitätsnutzer eher gelegentlich in Anspruch genommen.

Tabelle 11: Anteil verschiedener Ladeorte an der Gesamtzahl aller Ladevorgänge

¹⁰⁰ Vgl. Vogt, M., Fels, K. (2017)

Ladeinfrastruktur	Emobilisten gesamt		Tesla		Emobilisten ohne Tesla		Interessenten	
Privat	48 %		40 %		51 %		40 %	
Arbeitgeber	20 %		23 %		19 %		27 %	
Öffentlich & Halböffentlich	26 %	Σ 32 %	17 %	Σ 37 %	28 %	Σ 30 %	28 %	Σ 33 %
Hersteller	6 %		19 %		2 %		5 %	

Entscheidungsparameter zur Nutzung

Die Entscheidung, einen Ladevorgang an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur zu starten, kann von einigen Parametern beeinflusst werden. Besonders die halböffentliche Ladeinfrastruktur ist hierbei von Relevanz, da ihr ein hohes Wachstum prognostiziert wird. Beispielsweise kann die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur auf dem Parkplatz eines Supermarkts oder anderen Point of Sale (POS) einen Einfluss darauf ausüben, welchen Ort die Elektrofahrzeugnutzer anfahren. 74 % der Nutzer würden diesen wechseln, wenn anderswo ein kostenloser Ladevorgang während des Aufenthalts möglich wäre. Bereits bei einer kurzen Aufenthaltsdauer von 15 Minuten würden 2/3 der Nutzer einen Ladevorgang starten, wenn eine Ladeleistung von 22 kW verfügbar ist und somit ein merklicher Reichweitzuwachs erreicht werden kann. Dieses Szenario findet sich vor allem beim Einkauf im Einzelhandel wieder. Auch bei geringeren Ladeleistungen kann die Wahl des PoS beeinflusst werden, sofern die Standzeit höher ist und wiederum ein nennenswerter Reichweitzuwachs erreicht werden kann. Die Kapazität des Akkus und dessen State of Charge (SoC) nehmen ebenfalls Einfluss auf das Ladeverhalten im öffentlichen Bereich. Bei großer Akkukapazität ist die Motivation für einen kurzen Ladevorgang geringer, ebenso wenn die Restreichweite ausreichend ist, um das nächste Ziel problemlos zu erreichen.

Zahlungsbereitschaft

Die Zahlungsbereitschaft, welche die Elektromobilitätsnutzer für einen Ladevorgang aufweisen, variiert. Sie ist u. a. abhängig von der Ladeleistung und der Art der Fahrt, die durchgeführt wird. Generell ist die Zahlungsbereitschaft für Ladevorgänge während geplant durchgeführter Fahrten niedriger als bei ungeplanten Fahrten. Deutliche Unterschiede zeigen sich auch bei der Differenzierung verschiedener Gründe der Fahrt. Bei Einkäufen und Erledigungen ist die Bereitschaft, einen im Vergleich zum Hausstromtarif höheren Preis zu zahlen, gering, für Ausflugs- und Urlaubsfahrten würden die Elektromobilitätsnutzer hingegen durchschnittlich 47 % mehr zahlen als am heimischen Ladepunkt zum Hausstromtarif.

Noch deutlicher sind die Unterschiede bei der Differenzierung verschiedener Ladeleistungen. Je höher die Ladeleistung, desto höher ist die Bereitschaft, einen Mehrpreis zu zahlen. Für Schnellladen ≥ 50 kW liegt die Mehrpreisbereitschaft bei 63 % für geplanten bzw. 73 % für

ungeplante Fahrten. Für Ladeleistungen < 11 kW liegt der Preis pro kWh, den die Nutzer zahlen würden, sogar unterhalb des jeweiligen Hausstrompreises.

Diese Substituierbarkeit an der (sofern vorhanden) eigenen Lademöglichkeit stellt eine weitere Herausforderung für den Ladeinfrastrukturbetreiber dar. Die private LIS fungiert als Referenzpreisgeber, der zusätzlich von einem hohen Komfort gekennzeichnet ist, da der Ladevorgang während üblicher Standzeiten in der Nacht erfolgen kann. Bei Eigenproduktion über bspw. Photovoltaikanlagen liegt der Referenzpreis bei dem anfallenden Einspeiseentgelt.

Es erfolgt vom Elektrofahrzeugnutzer demnach immer ein Abgleich, ob eine Ladenotwendigkeit vorliegt. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass um den Wohnort, außer für Ladevorgänge zur Ermöglichung längerer Strecken, nur attraktiv niedrige Preise zu Ladevorgängen führen.

Hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft wird ebenfalls ersichtlich, dass nur für hohe Ladeleistungen bzw. schnellen Reichweitenzuwachs in Verbindung mit hochfrequentierten Standorten Ladeinfrastruktur wirtschaftlich betrieben werden kann.

3.3 Meinungsbild der Akteure

Für die Erarbeitung der Studie sind Gespräche mit Stakeholdern der Elektromobilität geführt worden. Das Meinungsbild der Akteure soll nachfolgend stichpunktartig wiedergegeben werden, um einen Eindruck der Einflussgrößen auf die Investitionsentscheidung herauszuarbeiten.

Die im Kapitel 2.2.5 unter Detailanalyse der vorhandenen Ladeinfrastruktur vorgestellte bestehende Betreiberstruktur in Sachsen bildet die Basis für die Eruiierung der bisherigen Erfahrungen und die Identifikation möglicher zukünftiger Akteure. Aus Gesprächen mit sächsischen, aber auch auf Bundesebene tätigen Akteuren konnten folgende Aspekte identifiziert werden.

Bisherige Erfahrungen der Betreiber von Ladeinfrastruktur:

- Die Ladeinfrastruktur der Betreiber ist nur in absoluten Ausnahmefällen, unter Einbeziehung der Anschaffungs- und Anschlusskosten, aktuell kostendeckend.
- Die geringe Verbreitung von Fahrzeugen wird als größtes Hemmnis gesehen.
- Der angekündigte Markthochlauf, verbunden mit einer deutlichen Steigerung der Nachfrage nach Ladevorgängen an der Ladeinfrastruktur, bleibt weitgehend aus.
- Die heimische Lademöglichkeit stellt für Normalladeinfrastruktur im Wohnumfeld die größte Konkurrenz dar. Es existiert eine hohe Sensibilität hinsichtlich der Preissetzung vonseiten der Kunden, die den heimischen Strompreis als Referenz sehen. Eine Bereitschaft für einen Aufpreis besteht nur im minimalen Bereich und nur vom Wohnort entfernt.

- Die Bereitstellung von öffentlichen Flächen gestaltet sich langwierig und bietet zu wenige Möglichkeiten hinsichtlich der Vermeidung von unberechtigtem Parken. Daher werden halböffentliche Grundstücke präferiert.
- Aufgrund der geringen Anzahl an Ladevorgängen wird versucht, mit geringem Aufwand die Ladeinfrastruktur und die Hintergrundsysteme zu betreiben. Dies spiegelt sich teilweise auch in niedrigen bereitgestellten Anschlussleistungen wider.
- Der Markt für Ladeinfrastrukturhersteller musste in der Vergangenheit einige Marktaustritte verzeichnen. Dies führt zu Infrastruktur und Software, die nicht mehr unterstützt wird.
- Protokolle wie das OCPP und andere Standardisierungsbemühungen kommen nur langsam voran. Ausgereifte Ladeinfrastruktur, die alle Gegebenheiten wie Lichteinfall auf das Display, gute Bedienoberfläche, bargeldlose Zahlung und ein gutes Hintergrundsystem bietet, stellt eine Herausforderung dar.

Die Nutzermeinungen zur Verbreitung von Ladeinfrastruktur sind überwiegend negativ. Die Wahrnehmung von Ladeinfrastruktur durch Fahrer konventioneller Fahrzeuge fällt extrem gering aus.¹⁰¹

Aufgrund der Tarif- und Kostenkonstellationen sollten, insbesondere bei Normalladeinfrastruktur, Akteure adressiert werden, für die der Ladevorgang im Geschäftsmodell bzw. zur Refinanzierung des Ladeorts nicht im Mittelpunkt steht. Vielmehr sollten durch die Ladeinfrastruktur positive Effekte hinsichtlich der Anzahl der Besucher/Kunden, einer Wahrnehmung als innovatives Unternehmen, der Plausibilität mit einem Elektrofahrzeug die Rückfahrt antreten bzw. den Urlaub zu absolvieren zu können sowie einer Wahrnehmung in den Verzeichnissen und der Community der Elektrofahrzeugfahrer erreicht werden. Übergeordnetes Ziel ist bei allen die Erhöhung der Umsätze des Kerngeschäfts.

Unternehmen mit Privatkundenfokus, die über eine für elektrische Fahrzeuge und Umweltaspekte affine Kundengruppe verfügen, profitieren von eigener Kundenladeinfrastruktur als Signal für Nachhaltigkeit. Alle anderen können ebenfalls profitieren, sofern diese längere Anfahrtswege von Kunden, längere Standzeiten der Kunden oder auch hohe Margen aufweisen. Darüber hinaus bieten sich noch spezifische Potenziale, die nachfolgend eingegrenzt werden:

- Generell der Einzelhandel (PoS), sofern die Margen die Kosten je Ladevorgang ermöglichen. Kurze Standzeiten verringern die Kosten je Ladevorgang und lassen auch breite Kundengruppen plausibel erscheinen.
- Ausflugsziele (POI) bzw. Unternehmen (Hotellerie, Gastronomie) in Randlagen, die ein größeres Einzugsgebiet aufweisen. Hier kann eine starke Angebotsdifferenzierung von Wettbewerbern erfolgen.

¹⁰¹ Vgl. Vogt, M., Fels, K. (2017)

- Als Nachhaltigkeitssignal und Premiumsignal für Unternehmen mit einer Zielgruppe, für die diese Aspekte eine große Relevanz aufweisen. Die angebotenen Dienstleistungen/Produkte sollten durch die Elektromobilität und deren Umweltwirkung in der Wahrnehmung hinsichtlich Nachhaltigkeit profitieren. Daher sind Biohöfe, -märkte aber auch umweltnahe Dienstleister geeignet. Die Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien besitzt in dieser Gruppe einen besonders hohen Stellenwert.
- Für Gemeinden als Standortfaktor, welche die Ausflugsziele (POI), aber auch die Bewohner adressieren. Wichtig für die Bewohner sind aber Schnellladepunkte oder Normalladepunkte an frequentierten Orten, die im normalen Nutzungsumlauf eines Fahrzeugs enthalten sind.
- Die öffentliche Hand mit ihren eigenen Fuhrparks und Flächenangeboten, die insbesondere über geteilte Konzepte mindestens Flächen bereitstellen können. Durch geteilte Stellflächen kann bei intelligenter Ladeinfrastruktur eine Schnellladennutzung auch für Fuhrparkfahrzeuge ermöglicht werden.

4 Vorgehensweise zur Prognose benötigter Ladeinfrastruktur

Regional unterschiedliche Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen sowie Verkehrsaufkommen und -bewegungen bedingen unterschiedliche Bedarfe an Ladevorgängen im öffentlichen Raum. Davon abgeleitet ergeben sich auch die benötigte LIS und deren prognostizierte Auslastung.

Im vorgegangenen Kapitel wurden Einflussfaktoren und erste Hochrechnungen zur Marktentwicklungen des Fahrzeugbestands von Elektrofahrzeugen und zum Ladebedarf ermittelt. Außerdem wurde das derzeitige Nutzungsverhalten von E-Mobilisten dargestellt. Aus diesen Grundlagen soll nachfolgend der zukünftige Bedarf an LIS prognostiziert werden, um

- räumlich differenzierte Aussagen über die zu erwartenden Ladevorgänge und
- eine Beurteilung, ob ein wirtschaftlich tragfähiger Ausbau langfristig möglich erscheint,

ableiten zu können.

Auf Basis der prognostizierten Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen schätzt die nachfolgende Prognose die Anzahl der öffentlichen und halböffentlichen Ladevorgänge, unterschieden nach Wegezweck und Ladeleistung, für jede Gemeinde und kreisfreie Stadt in Sachsen. Als Grundlage dienen die bestehende Anzahl an Elektrofahrzeugen zum Ist-Stand und vier Markthochlauf-Szenarien, wobei die Autoren aufgrund der unklaren Situation bzgl. der Bereitstellung neuer Fahrzeugmodelle mit nennenswerten Produktionskapazitäten den Zeitraum von 2020 – 2022 als Zielhorizont sehen (vgl. Anhang VII). Die vier Szenarien wurden durch eine Langzeitprognose für das Jahr 2025 ergänzt:

- **A1:** 750 000 BEV + PHEV in Deutschland mit einem Anteil von 4,63 % für Sachsen, was dem derzeitigen Anteil aller PKW in Sachsen an der Summe aller PKW in Deutschland entspricht,
- **A2:** 750 000 BEV + PHEV in Deutschland mit einem Anteil von 2,89 % für Sachsen, was dem derzeitigen Anteil der BEV in Sachsen an der Summe aller BEV in Deutschland entspricht,
- **B1:** 500 000 BEV + PHEV in Deutschland mit einem Anteil von 4,63 % für Sachsen,
- **B2:** 500 000 BEV + PHEV in Deutschland mit einem Anteil 2,89 % für Sachsen,
- **C:** 137 500 BEV + PHEV für Sachsen (entspricht ca. 3 Mio. EV in Deutschland bei einem Anteil von 4,63 % für Sachsen).

Das Szenario A1 stellt das Basisszenario dar, auf das im Wesentlichen referenziert wird. Die anderen Szenarien dienen primär der Detailanalyse und Modellbewertung, werden in der Studie jedoch nicht näher betrachtet.

4.1 Bisherige Ansätze

In Deutschland sind verschiedene Projekte zur Standortmodellierung von LIS (vgl. Tabelle 12) angesiedelt. Auffällig ist die heterogene Methodik bei der Umsetzung der Standortmodellierung. So zeichnen sich Teile der Projekte durch einen relativ einfachen und klaren Modellansatz aus. Andere hingegen beschreiben komplexe Modellstrukturen, wodurch die Einschätzung hinsichtlich der Aussagekraft nicht immer eindeutig möglich ist.

Da die Nutzung von öffentlich zugänglicher LIS bisher gering ist und die Bereitstellung von Informationen über die Belegung der Ladeorte seitens der Anbieter nur selten veröffentlicht werden, liegen keine belastbaren Daten für eine Hochrechnung der Ladehäufigkeit vor. Es fehlt zudem an einer etablierten Methodik, da erst wenige Konzepte zur Bestimmung des LIS-Bedarfs entwickelt worden sind. Daher wurde in Anlehnung an die Studie Laden2020 von Anderson et al. (2016) ein Vorgehen entwickelt, welches sowohl das Fahrt- und Ladeverhalten als auch die räumliche Heterogenität Sachsens berücksichtigt, um somit belastbare und differenzierte Bedarfe herausarbeiten zu können.

Tabelle 12: Ansätze zur Standortmodellierung von Ladeinfrastruktur in Deutschland

Projekt	STELLA (Standortfindungsmodell für elektr. LIS)	LADEN2020	Berliner Modell	Ladeinfrastrukturstrategie 2016 – 2020
Modell-region	Deutschland, Detailstudien für Stuttgart und Hamburg	Deutschland	Berlin	Thüringen
Ziel	Deutschlandweite Berechnung des Standortpotenzials für LIS	Strategie zum Aufbau einer bedarfsgerechten LIS bis 2020 mit konkreten Handlungsempfehlungen	Ausbau öffentlicher LIS für verbesserte Erreichbarkeit für E-Carsharing-Nutzer und EV-Besitzer	Konzepterstellung für flächendeckenden Ausbau von LIS in Thüringen
Methodik	Teilprojekt von SLAM 1. Berechnung eines Grundpotenzials auf Basis von Bevölkerungsstruktur und Mobilitätsverhalten 2. Konkretisierung anhand von POI, Verkehrsnetz und intermodalen Knoten 3. Einbeziehung von Fahrzeugbesitzprognosen und Daten zur aktuellen LIS führt zur Bestimmung des Potenzials für mögliche Ladevorgänge 4. Modellierung auf einem Raster mit einer Kantenlänge von 250 m	1. Entwicklung von zwei Szenarien des E-Fahrzeugbestands; Analyse des Nutzungsverhaltens von LIS und Bewertung von Attraktivität abhängig von Standort und Ladeleistung 2. Abschätzung des Ladebedarfs im Alltagsverkehr basierend auf Park- und Fahrverhalten konventioneller PKW-Nutzer (Datengrundlage: MiD 2008) 3. Ableitung des Ladebedarfs im Fernverkehr basierend auf Verkehrsmenge und PKW-Nutzungsverhalten im Fernverkehr 4. Modellevaluierung mit Experten	1. Phase: Modellierung des Ladebedarfs von Carsharing-Flotten mit E-Fahrzeugen basierend auf Nutzungsdaten der Carsharing-Betreiber; Ausweisen der Anzahl notwendiger Ladepunkte für über 1 200 Verkehrsbezirke 2. Phase: Möglichkeit zur Beantragung eines Standorts für einen Ladepunkt von BEV- und PHEV-Besitzern	Modellierung der Bedarfsräume mittels 2er Ansätze: A) über bestehende und prognostizierte Anzahl von E-Fahrzeugen wird Anzahl der notwendigen Ladepunkte berechnet. Basis: EU-Empfehlung: Verhältnis von öffentlicher LIS und EV von 1:10 B) flächenorientierter Ansatz zur Bestimmung des LIS-Angebots nach 3 Kriterien: verdichteter Siedlungsraum, Tourismusregion und Verkehrsleistung; Annahme zur Ermittlung des Schnellladebedarfs: ein Ladeort je 50 km an Bundesstraße und zwei Ladeorte je 30 km an Autobahn
Website	www.isb.rwth-aachen.de	https://www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_633.php	www.be-emobil.de	www.thueringen.de
Literatur	Brost et al., 2016; Brost, W., Funke, T., Vallee, D., 2016	Anderson et al., 2016	Voigt et al., 2013	Seiler et al., 2016

4.2 Datengrundlage der Modellierung

Zur Darstellung der räumlichen Verteilung von Elektrofahrzeugen im Markthochlauf wurde der Bestand an konventionellen PKW sowie an BEV und PHEV berücksichtigt. Relevante statistische Kennzahlen sowie zahlreiche Geodaten zur Verkehrs- und Siedlungsinfrastruktur dienten, wie aus Abbildung 20 ablesbar, als Grundlage für die Modellierung der räumlichen Verteilung von EV und der eigentlichen Anzahl der Ladevorgänge. Basierend auf den Ergebnissen aus Befragungen von PKW-Fahrern und EV-Fahrern können Rückschlüsse auf das Fahr- und Ladeverhalten gezogen werden. Kenntnisse über den derzeitigen Ausbaustand der LIS sind notwendig, um Lücken zum prognostizierten Bedarf zu identifizieren (vgl. Anhang II).

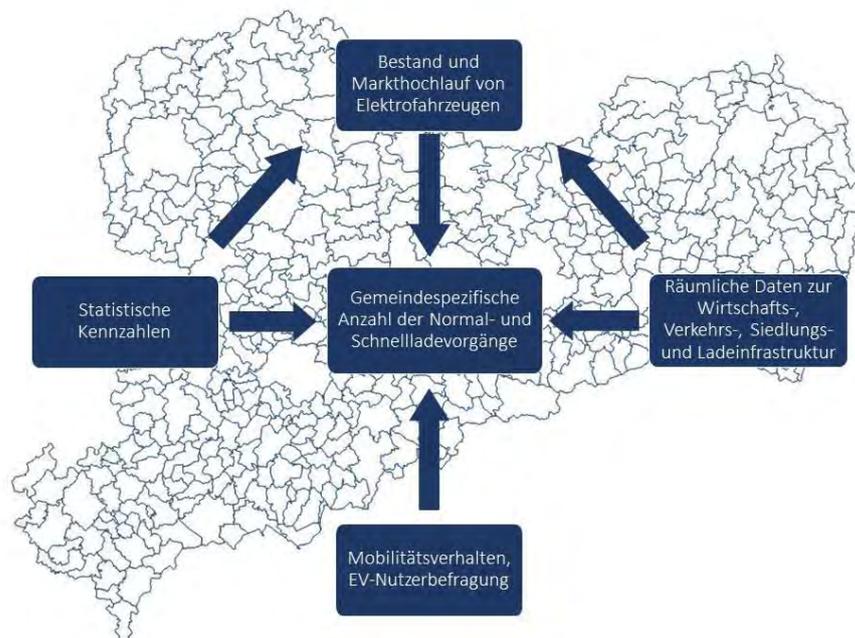


Abbildung 20: Struktur über die Einbeziehung und Verknüpfung der verwendeten Datensätze

Als räumliche Unterteilung wurden die administrativen Grenzen auf Gemeindeebene gewählt,¹⁰² da diese im Gegensatz zu Rasterzellen mit ähnlicher Größe eine demografisch und infrastrukturell homogene Flächeneinheit begründen. Höhere Detailgrade, zum Beispiel auf Straßenebene, sind methodisch kein Hindernis, jedoch steht der Detaillierungsgrad nicht mit der Unsicherheit der Prognose im adäquaten Verhältnis. Eine derartige Prognose ist technisch möglich, jedoch aufgrund der notwendigen detaillierten Daten nicht fundiert darstellbar. Erwägungsgründe und genaue Fahrwege von Nutzern sind nicht vorhanden und beeinflussen die Planung auf Mikroebene erheblich. Zudem spielen spezifische Standortfaktoren wie Attraktivität, Sicherheitsgefühl und weitere subjektive Faktoren eine Rolle. Es können auf Basis der verfügbaren Daten keine spezifischeren Aussagen abgeleitet werden, die eine vertretbare Belastbarkeit besitzen.

¹⁰² Zwar werden kreisfreie Städte im Verwaltungsaufbau der Bundesrepublik nicht den Gemeinden zugeordnet, doch wird im folgenden Text mit dem Begriff Gemeinde eine kreisfreie Stadt impliziert.

Datengrundlagen wie Nettoeinkommen oder die Anzahl BEV und Fahrzeugneuzulassungen, die über das Statistische Landesamt nur auf Kreisebene verfügbar sind, werden auf Basis der Einwohnerzahl skaliert. Im Falle von Quoten (z. B. Arbeitslosenquote) sind diese für alle Gemeinden eines Kreises verwendet worden.

Die folgende Tabelle 13 vermittelt einen Überblick aller verwendeten Datengrundlagen. Eine detaillierte Auflistung mit Angabe zu Urheber, Bezugszeitraum und räumlicher Auflösung befindet sich im Anhang VI.

Tabelle 13: Übersicht der zugrunde liegenden Datensätze

Daten	Beschreibung
Administrative Grenzen	Geodaten zu Gemeinde- und Kreisgrenzen in Deutschland
Strukturdaten	Relevante Informationen zur Charakterisierung der Gemeinden wie Einkommen, Pendlerbewegung und Neuzulassungen
Geodaten	Räumliche Daten zu Straßen, Bahnhöfen, Haltepunkten und Haltestellen, POI, POS und sonstiger Infrastruktur
PKW-Bestand	Angaben über Anzahl und räumliche Verteilung von konventionellen PKW sowie PHEV und BEV (vgl. Kapitel 2.2.1)
Verkehrsmenge	Erhebung des KFZ-Verkehrs an über 1 900 Messpunkten
Mobilitätsverhalten	Befragung zum Mobilitätsverhalten in Deutschland
Ladeinfrastruktur	Angaben zur Anzahl der Ladepunkte, Steckertyp und Ladeleistung sowie daraus abgeleitete Datenprodukte wie Erreichbarkeit
Nutzerbefragung	Befragung zum Lade- und Nutzungsverhalten von E-PKW-Fahrern

4.3 Konzept der Bedarfsprognose

Die Bedarfsprognose gliedert sich in vier Schritte (vgl. Abbildung 21). Zuerst wird die Anzahl der Elektrofahrzeuge, unterschieden nach BEV und PHEV, zum derzeitigen Stand und für den Markthochlauf auf Gemeindeebene bestimmt. Diese fließen in einen Score für das Gemeindepotenzial von E-PKW ein, der sich aus mehreren Variablen wie zum Beispiel dem Anteil der Neuzulassungen und Bestandszahlen konventioneller PKW auf Kreisebene sowie demographischen und siedlungsstrukturellen Daten zusammensetzt. Anhand dieses Scores werden die im Hochlauf erwarteten Fahrzeuge auf Landes- bzw. Bundesebene auf die einzelnen Gemeinden verteilt.

Im zweiten Schritt wird, primär basierend auf der Verkehrserhebung des Berichts für Mobilität in Deutschland (MiD) 2008, die typische Anzahl an Wegen von PKW-Nutzern, abhängig von Wegezweck und -länge, ermittelt.¹⁰³ Unter anderem konnte aus einer EV-Nutzerbefragung abgeleitet werden, wie häufig öffentliche/halböffentliche LIS pro Weg – abhängig von dessen Länge – verwendet wird.¹⁰⁴ Daraus kann die Anzahl der Ladevorgänge von privaten E-PKW abgeleitet werden. Gewerblich zugelassene Elektrofahrzeugen, die häufig als Flottenfahrzeuge betrieben werden und oftmals über eigene LIS verfügen, werden differenziert betrachtet.¹⁰⁵

¹⁰³ Vgl. Lenz, Barbara et al. (2010)

¹⁰⁴ Vgl. Vogt, M., Fels, K. (2017)

¹⁰⁵ Vgl. Anhang VII

Als Drittes folgt die Bewertung der Gemeinden hinsichtlich ihres Ladepotenzials. Dies ist ein Maß für die Anziehungskraft einer Gemeinde für einen Ladevorgang bei einer Fahrt des jeweiligen Wegezwecks und setzt sich aus zahlreichen Kriterien zusammen.¹⁰⁶

Diese Aufschlüsselung ermöglicht es, den Ladebedarf sehr detailliert zu berechnen und die Anzahl der Ladevorgänge je nach Wegezweck spezifisch ausweisen zu können. Weiterhin kann das Arbeitgeberladen ausgeschlossen werden, da es sich hierbei nicht um öffentliche LIS handelt. Einzelheiten zur Berechnung sind im Anhang X näher erläutert.

Im letzten Schritt wird die Anzahl und räumliche Verteilung der Ladevorgänge für jede Gemeinde, abhängig vom Wegezweck und Ladeleistung, ermittelt. Aussagen zu konkreten Standorten innerhalb der Gemeinden werden, wie in Kapitel 4.2 ausgeführt, nicht getroffen.

Ergebnis ist eine Gebietsmatrix aller Gemeinden in Sachsen mit der Verteilung der Ladevorgänge in Abhängigkeit des Wegezwecks. Nach der Art des Wegezwecks differiert die benötigte Ladeleistung. Der Durchgangsverkehr führt ausschließlich Schnellladevorgänge durch und der Zielverkehr überwiegend Normalladevorgänge. Für einen geringen Anteil (5 %) des Destination Chargings wird davon ausgegangen, dass für spontane Reichweitengewinne DC-Ladeorte genutzt werden.

¹⁰⁶ Vgl. Anhang VIII und Anhang IX

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

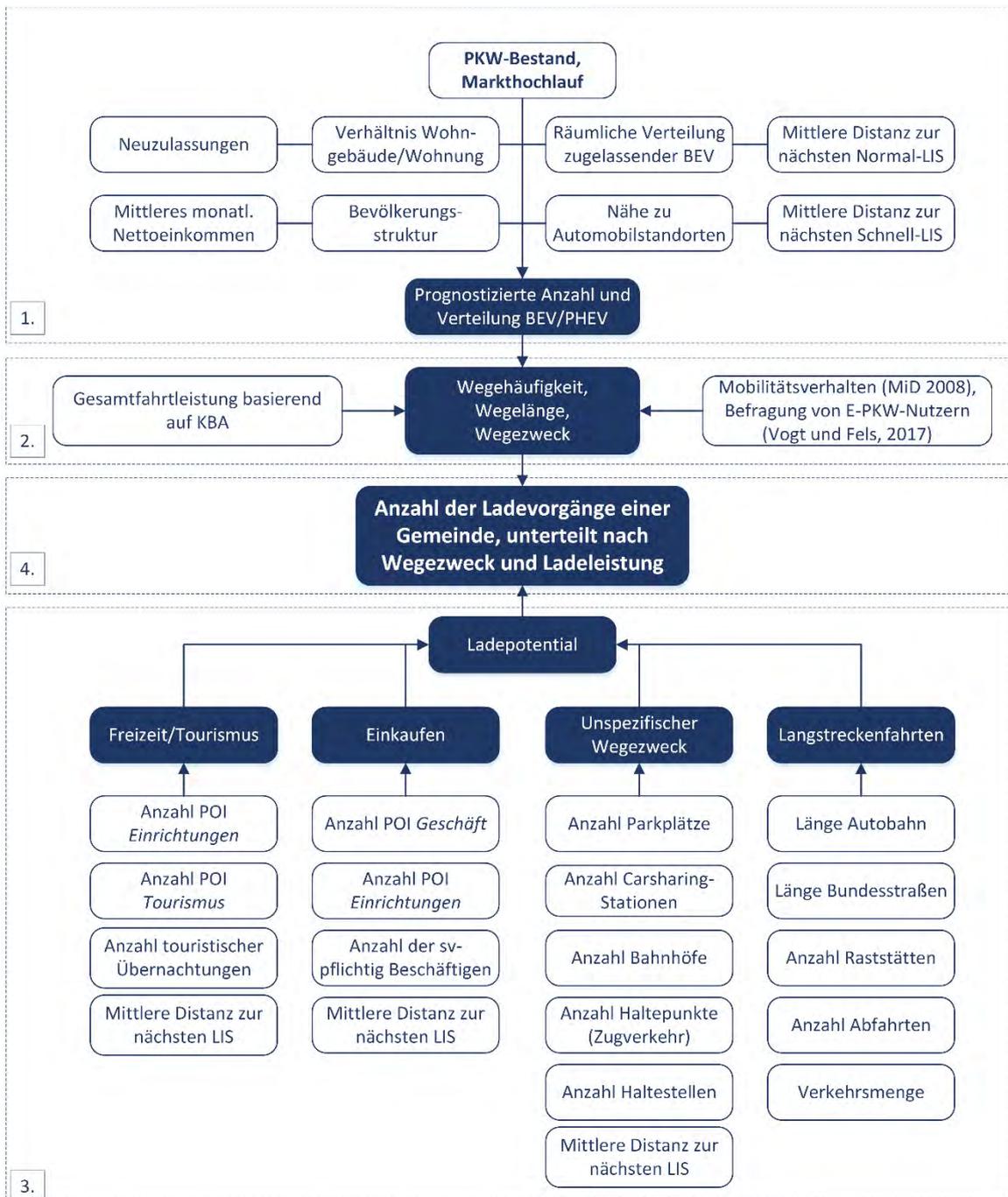


Abbildung 21: Schema des mehrstufigen Modellansatzes

Die folgende Tabelle 14 fasst alle Parameter, die in die Prognose einfließen, zusammen. Neben einer kurzen Erläuterung des jeweiligen Parameters wird die entsprechende Datengrundlage genannt.

Tabelle 14: Übersicht der im Modell verwendeten Parameter und Annahmen

Parameter	Beschreibung	Grundlage
Bestand EV	BEV- und PHEV-Bestand von 2016 auf Gemeindeebene	Daten des KBA für BEV und PHEV auf Kreis- bzw. Landesebene
Markthochlauf EV (Szenario)	Prognostizierter BEV- und PHEV-Bestand auf Gemeindeebene entsprechend den Szenarien A1 bis B2	Studienergebnisse zum deutschlandweiten Markthochlauf von EV
EV-Anteil (Szenario)	Anteil der BEV und PHEV in Sachsen an Gesamtzahl in Deutschland (zur Bestimmung des Markthochlaufes in Sachsen)	Daten des KBA zu PKW- und BEV-Bestandszahlen in Deutschland und Sachsen
Haltergruppe EV	Prozentualer Anteil von privaten und gewerblichen Haltern bei BEV und PHEV	Veröffentlichung des KBA
Ladeverhalten gewerblicher EV	Reduzierung der Anzahl öffentlicher Ladevorgänge gewerblich angemeldeter EV	Expertenbefragung
Abschlag für Ladehäufigkeit bei PHEV	Ausschluss der PHEV von Schnellladevorgängen ¹⁰⁷	Marktsituation und Experteninterviews
Fahrtverhalten eines PKW-Nutzers	Prozentualer Anteil der Fahrten nach Wegezweck und -länge	Umfrageergebnisse aus MiD 2008
Gesamtfahrleistung eines PKW	Mittlere Gesamtfahrleistung eines PKW, Stand 2015	Veröffentlichung des KBA
Mittlere Wegelänge	Mittlere Wegelänge eines Fahrers des MIV	Umfrageergebnisse aus MiD 2008
Ladepotenzial einer Gemeinde	Anziehungskraft einer Gemeinde hinsichtlich eines Ladevorgangs unterschieden nach Wegezweck	Statistische Kennwerte und Geodaten ¹⁰⁸
Ladehäufigkeit pro Weg	Anzahl der Ladevorgänge an öffentlicher/halböffentlicher LIS pro Weg, abhängig von dessen Länge und Zweck	EV-Nutzerbefragung (vgl. Kapitel 3.2.2)
Schnellladeverhalten bei Kurzstreckenfahrten	Neben der prognostizierten Anzahl an Schnellladevorgängen bei Langstreckenfahrten ergibt sich ein Teil des DC-Bedarfes durch spontane Kurzstreckenfahrten	Annahme

¹⁰⁷ PHEV verfügen derzeit nicht über eine Möglichkeit zum DC-Laden (mit einer Ausnahme).

¹⁰⁸ Auch eine erhöhte Nachfrage an den sächsischen Automobilstandorten Zwickau, Leipzig und Dresden wurde berücksichtigt, allerdings über den Parameter der zugelassenen EV in der Gemeinde. Es wird von einem höheren Anteil aufgrund von Zulassungen durch Werksangehörige ausgegangen. Abholer spielen eine nachgeordnete Rolle und sind aufgrund der Übergabe der Neufahrzeuge mit einer vollgeladenen Batterie bei Auslieferung bzw. unternehmenseigener nicht öffentlicher Ladeinfrastruktur nicht relevant. Letzteres gilt ebenfalls für firmeninterne Fahrten. Langstreckenfahrten der angesiedelten Hersteller werden im Markthochlauf aus Gründen der Verfügbarkeit von anderen Modellen im Fuhrpark nicht mit EV stattfinden bzw. wird keine Zwischenladung in Sachsen an öffentlicher Ladeinfrastruktur bei PHEV erfolgen.

5 Abschätzung der gegenwärtig und zukünftig benötigten Ladeinfrastruktur

Die Ergebnisse im folgenden Kapitel 5.1 zeigen die hochgerechnete Auslastung der vorhandenen Ladeinfrastruktur zum derzeitigen Stand und identifizieren Defizite bei dem LIS-Angebot. Anschließend werden in Kapitel 5.2 zukünftig benötigte Umfänge an Normal- und Schnellladeinfrastruktur abgeschätzt.

5.1 Derzeitige Anzahl an Ladevorgängen

Die Darstellung der gegenwärtigen Situation hinsichtlich Anzahl und Verteilung von Ladevorgängen dient zur Identifizierung von Lücken in der Ladeinfrastruktur und zur Validierung und Beurteilung der Simulationsergebnisse. Dies erfolgt getrennt nach Normal- und Schnellladeinfrastruktur.

5.1.1 Normalladeinfrastruktur

Hinsichtlich der Auslastung bestehender LIS ergeben sich folgende Simulationsergebnisse zum Ist-Stand für die Normalladeinfrastruktur in Sachsen:

- insgesamt 297 Normalladevorgänge pro Tag werden prognostiziert,
- verteilt auf 849 vorhandene Normalladepunkte würde dies einer mittleren Auslastung von 0,35 Ladevorgängen pro Tag und Ladepunkt entsprechen.

Abbildung 22 zeigt die simulierte räumliche Verteilung der potenziellen Normalladevorgänge pro Tag, wobei deutlich wird, dass nur in den Städten Dresden, Leipzig, Chemnitz und Zwickau mehr als 5 Ladevorgänge pro Tag getätigt werden. Dresden weist mit 36 Ladevorgängen die höchste Anzahl auf. In 90 % der Gemeinden fällt demnach hingegen weniger als ein Ladevorgang pro Tag an.

Von den 423 Gemeinden und kreisfreien Städten in Sachsen verfügen derzeit 72 % über keine Normalladeinfrastruktur. Zusammen besitzen diese Gemeinden jedoch rein rechnerisch ein Potenzial von täglich 94 Ladevorgängen. Dies entspricht etwas mehr als der Summe aller Ladevorgänge von Dresden, Leipzig und Chemnitz, welche derzeit über 48 % (404 von 849) der Normalladepunkte in Sachsen verfügen. Die Konzentration der Lademöglichkeiten in dicht besiedelten urbanen Gebieten offenbart die aktuell hohe Diskrepanz zwischen Stadt und Land.

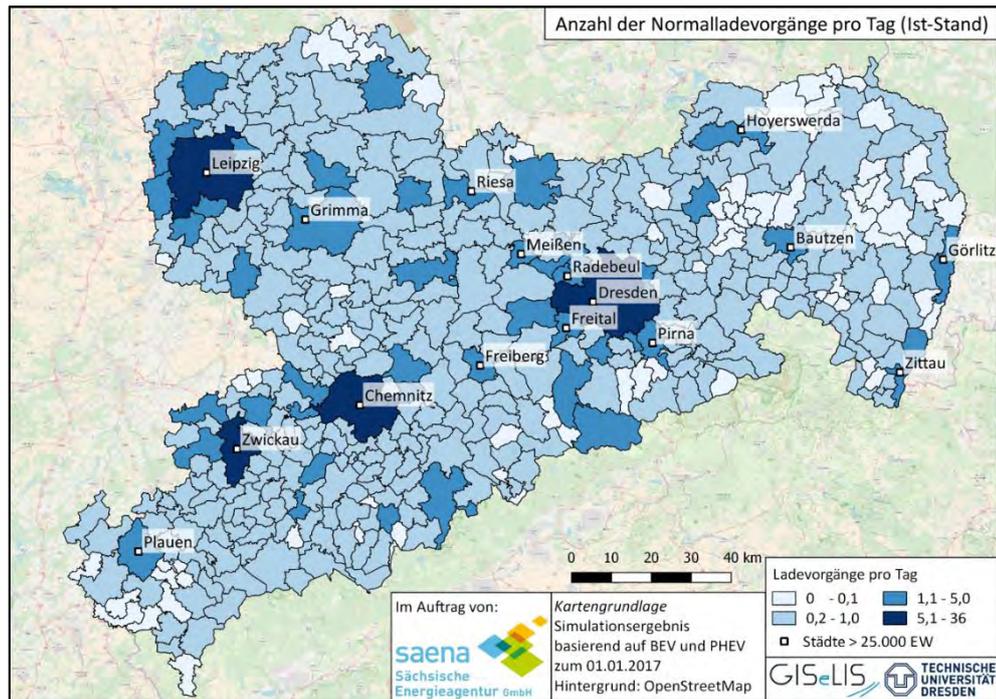


Abbildung 22: Normalladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen zum Stand 01.01.2017

5.1.2 Schnellladeinfrastruktur

Für die Schnellladeinfrastruktur ergeben sich folgende Simulationsergebnisse zum Ist-Stand in Sachsen:

- insgesamt 54 Schnellladevorgänge pro Tag werden prognostiziert,
- verteilt auf 14¹⁰⁹ gleichzeitig nutzbare Schnellladepunkte, woraus eine theoretische Auslastung von 3,9 Ladevorgängen pro Tag und Ladepunkt resultiert.

Da die Berechnung für Schnellladevorgänge überwiegend auf der durchschnittlichen Anzahl von Fahrten > 100 km eines konventionellen PKW-Fahrers beruht, muss berücksichtigt werden, dass die aktuelle Anzahl von Langstreckenfahrten von EV-Fahrern aufgrund des momentanen Ausbaustands von Schnellladeinfrastruktur geringer ist. Erst bei einer verbesserten Erreichbarkeit von Schnellladeorten wird sich das Fahrtverhalten von konventionellen PKW und Elektrofahrzeugen angleichen. Summiert man die berechnete Anzahl der potenziellen Ladevorgänge der sechs Gemeinden mit bereits vorhandener Schnellladeinfrastruktur, resultiert daraus eine Auslastung von 0,9 Ladevorgängen pro Tag und Ladepunkt.

Die geschätzte Anzahl der täglichen Schnellladevorgänge ist derzeit nur in Dresden, Leipzig, Chemnitz und Nossen größer als eins (vgl. Abbildung 23).

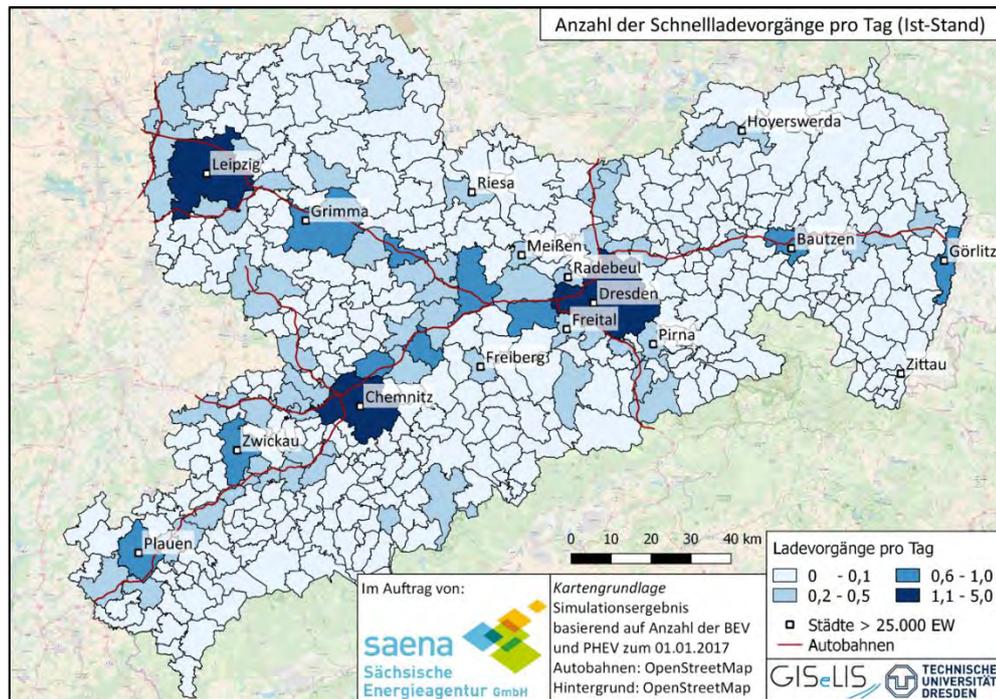


Abbildung 23: Schnellladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen zum Stand 01.01.2017

5.2 Prognostizierter zukünftiger Bedarf an Ladeinfrastruktur

Aufgrund des längerfristigen Investitionshorizonts bei der Errichtung von LIS erfolgt in diesem Kapitel eine Prognose von Ladevorgängen für den Zielhorizont 2020 – 2022 und 2025. Es soll herausgearbeitet werden, wie sich eine weitere Erhöhung der EV-Zulassungszahlen auf den Bedarf an Ladevorgängen auswirkt.

Vorbemerkung: Neben steigenden Unsicherheiten bei prognostizierten Bestandszahlen von EV ist aufgrund von technischen Weiterentwicklungen bei den Fahrzeugen und der LIS mit einem veränderten Ladeverhalten zu rechnen, was zu einer sinkenden Genauigkeit der Modellvorhersage führt und bei den folgenden Ergebnissen berücksichtigt werden muss.

Die Spannweite der Simulationsergebnisse für die fünf Szenarien ist in Tabelle 15 zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass auch für den Ist-Stand Berechnungen genutzt wurden und keine Betreiber-Daten angegeben sind. In der nachfolgenden Erläuterung und grafischen Darstellung der Ergebnisse wird auf die Szenarien A1 und C näher eingegangen.

Tabelle 15: Berechnete Ladevorgänge zum Ist-Stand und für alle Szenarien

Szenario	Ist-Stand	A1	A2	B1	B2	C
Normalladevorgänge pro Tag in Sachsen	297	5 281	3 521	3 297	2 198	20 604
Schnellladevorgänge pro Tag in Sachsen	54	958	638	598	399	3 910

5.2.1 Normalladeinfrastruktur

Bei der im Szenario A1 angenommenen maximalen Summe von BEV und PHEV von rund 35 000 Fahrzeugen ergeben sich für ganz Sachsen 5 281 Normalladevorgänge pro Tag. Diese verteilen sich zu 32 % auf Dresden, Leipzig, Chemnitz und Zwickau mit insgesamt 1 678 Normalladevorgängen pro Tag. Auf die verbleibenden 166 Städte entfallen 45 % der Normalladevorgänge und 23 % auf alle Gemeinden in Sachsen (vgl. Abbildung 24). Den drei kreisfreien Städten sowie Zwickau mit jeweils über 100 prognostizierten Normalladevorgängen am Tag stehen 210 Gemeinden mit weniger als 6 Normalladevorgängen pro Tag gegenüber.

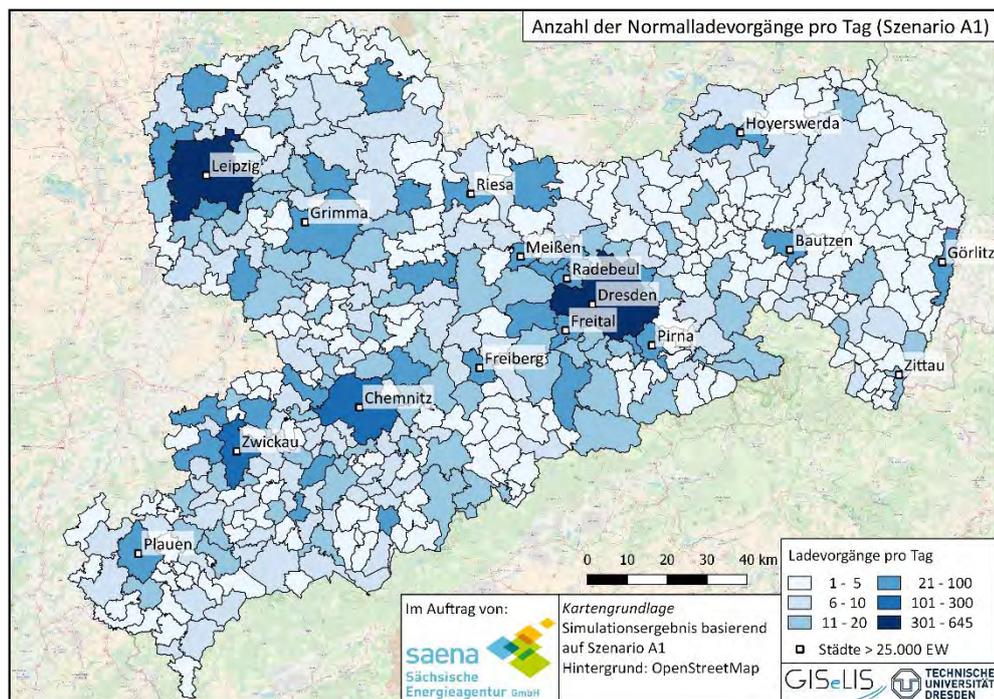


Abbildung 24: Normalladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario A1

Bis 2025 wird mit einem Zuwachs auf rund 20 600 Normalladevorgänge pro Tag gerechnet (vgl. Abbildung 25). Gegenüber dem Szenario A1 vervierfacht sich die Anzahl der Normalladevorgänge. Auf Dresden, Leipzig und Chemnitz entfallen allein 6 000 Normalladevorgänge pro Tag. Für keine Gemeinde in Sachsen werden weniger als drei Normalladevorgänge pro Tag erwartet.

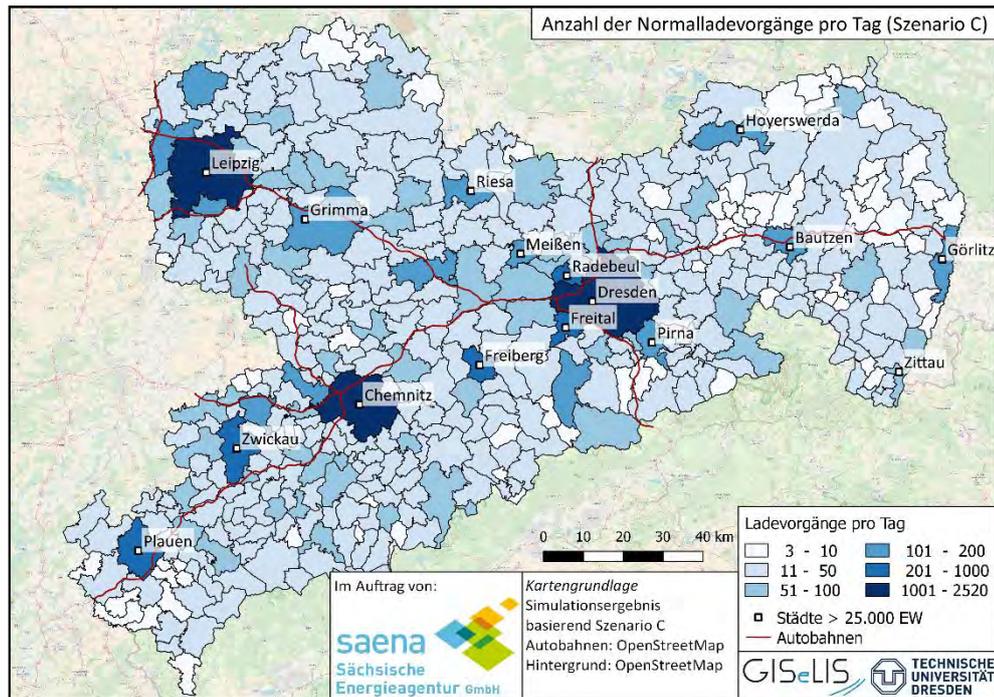


Abbildung 25: Normalladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario C

Anhang XII enthält eine Tabelle mit den Simulationsergebnissen bzgl. Normalladevorgängen für alle Szenarien, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Gemeinden und kreisfreien Städten.

5.2.2 Schnellladeinfrastruktur

Im Szenario A1 werden für Sachsen insgesamt 957 Schnellladevorgänge pro Tag prognostiziert (vgl. Abbildung 26). 70 % der Ladevorgänge entfallen dabei auf Gemeinden und Städte entlang einer Bundesautobahn. Die restlichen 30 % befinden sich in den 325 Gemeinden und Städten ohne Autobahn. In über 50 % aller Gemeinden und Städte bezieht sich die Anzahl der Schnellladevorgänge pro Tag unter 1. Die Städte Dresden, Chemnitz und Leipzig konzentrieren laut Prognose 226 Schnellladevorgänge pro Tag und damit fast ¼ der gesamten Schnellladevorgänge.

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

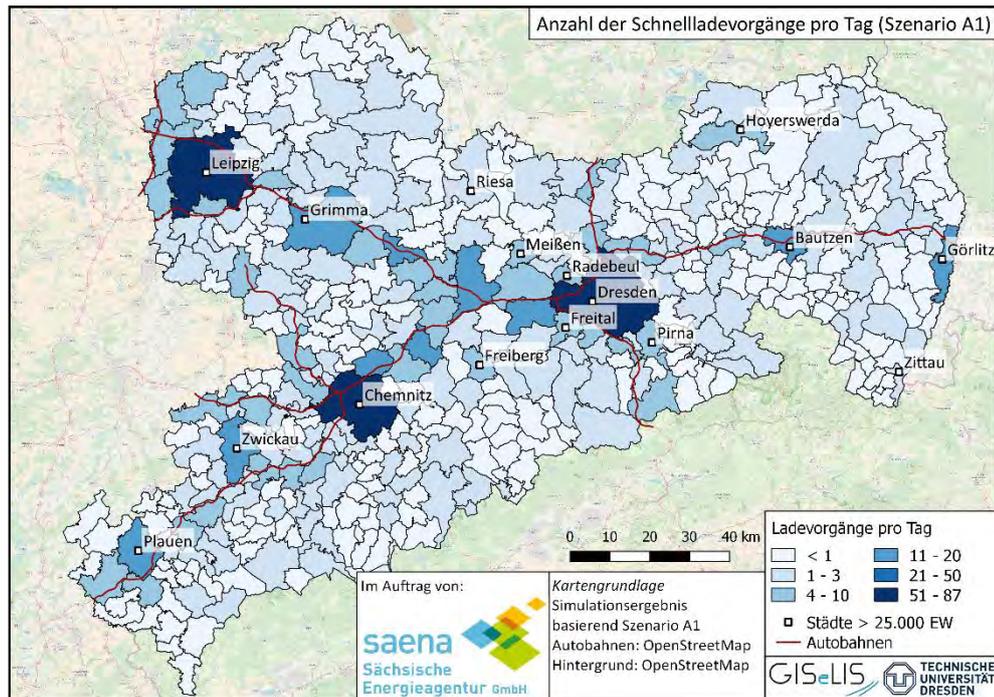


Abbildung 26: Schnellladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario A1

Für das Szenario C werden 3 910 Schnellladevorgänge prognostiziert, wobei auch hier das Verhältnis der Gemeinden mit und ohne Bundesautobahn bei 7:3 liegt (vgl. Abbildung 27). Die Anzahl der Ladevorgänge vervierfacht sich gegenüber dem Szenario A1. Für 161 Gemeinden werden weniger als 1 000 Schnellladevorgänge pro Jahr prognostiziert. Schwerpunkte der Schnellladevorgänge mit insgesamt 919 pro Tag sind Dresden, Leipzig und Chemnitz. Gefolgt werden die kreisfreien Städte von Gemeinden an Verkehrsknotenpunkten wie Nossen und großen Kreisstädten wie Bautzen, Grimma, Zwickau und Plauen mit 50 – 75 Schnellladevorgängen pro Tag.

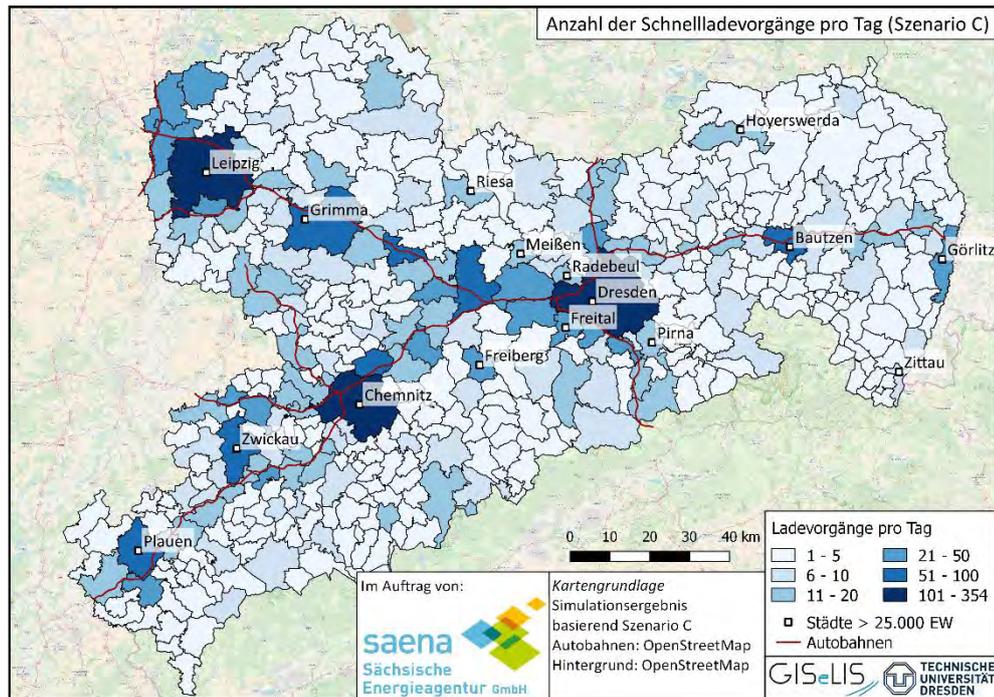


Abbildung 27: Schnellladevorgänge pro Tag für jede Gemeinde basierend auf der Anzahl an Elektrofahrzeugen im Szenario C

Anhang XIII enthält eine Tabelle mit den Simulationsergebnissen bzgl. Schnellladevorgängen für alle Szenarien, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Gemeinden und kreisfreien Städten.

5.3 Clusterung

Um eine Betrachtung in Gruppen vorzunehmen, wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Es erfolgte eine Zuordnung aller Gemeinden in sechs charakteristische Gruppen. Jedes Cluster ist durch typische Merkmale, wie bspw. Einwohnerzahl, Normal- und Schnellladebedarf, Verkehrsmenge oder Erreichbarkeit von LIS, gekennzeichnet, woraus sich Maßnahmen für eine angemessene Unterstützung beim bedarfsgerechten Ausbau von LIS ableiten lassen. Details zur Methodik und weitere Ergebnisse der Clusteranalyse lassen sich dem Anhang XI entnehmen.

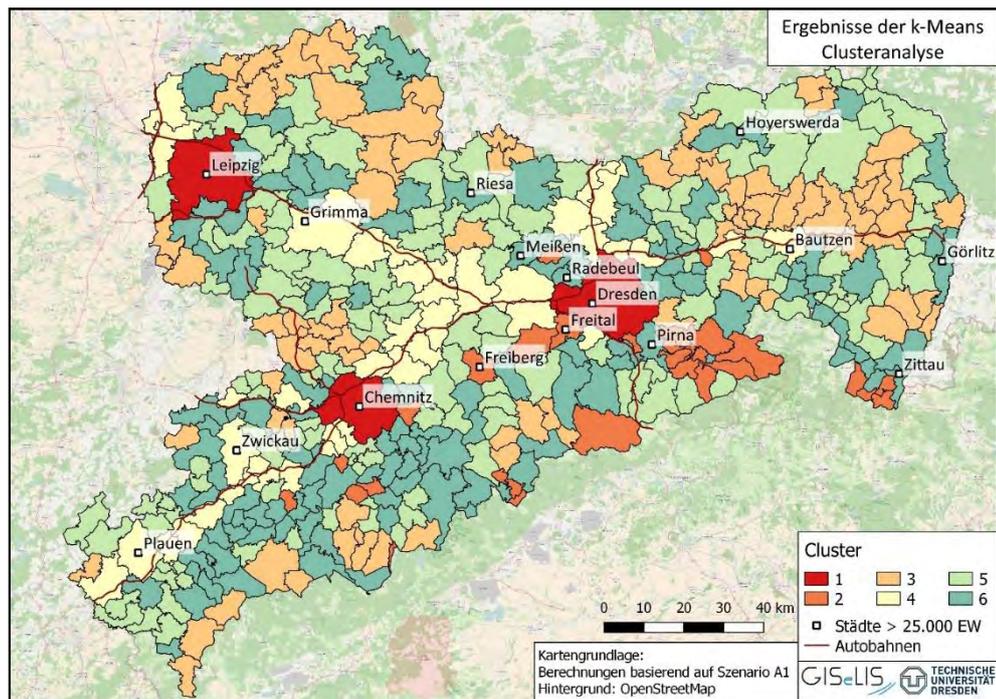


Abbildung 28: Ergebnisse der k-Means Clusteranalyse

Die Großstädte Dresden, Leipzig und Chemnitz unterscheiden sich deutlich von den restlichen Gemeinden und kreisfreien Städten. So weisen sie fast das 20-fache der Verkehrsmenge, das 65-fache der Normalladevorgänge und das 45-fache der Schnellladevorgänge pro Tag im Szenario A1 auf. Des Weiteren ist die derzeitige Entfernung zum nächsten Ladeort mit durchschnittlich 2,1 km die kürzeste innerhalb Sachsens.

Gemeinden und Städte des Clusters 4 (vgl. Abbildung 28) liegen an Hauptverkehrsachsen und weisen die zweithöchste Verkehrsmenge, Einwohnerzahl sowie Normal- und Schnellladebedarf auf.

Cluster 6 besitzt die dritthöchste Einwohnerzahl, Verkehrsmenge und Normal- und Schnellladebedarf, verfügt zusätzlich noch über ein hohes touristisches Potenzial und eine derzeit gute Erreichbarkeit von LIS.

Touristisch sehr attraktive Regionen werden durch Cluster 2 zusammengefasst. Diese Gemeinden befinden sich primär in den Mittelgebirgsregionen (Elbsandsteingebirge, Erzgebirge, Zittauer Gebirge) und verfügen bereits über eine gute Erreichbarkeit von LIS. Eine Herausforderung für dieses Cluster stellt der hohe Anteil an tourismus- und freizeitorientierten Wegen dar, was zu deutlichen Peaks bei der Nachfrage führt und zusätzliche LIS erfordert.

Cluster 3 und 5 beinhalten mit durchschnittlich weniger als 4 000 Einwohnern die kleinsten Gemeinden und auch den geringsten Normal- und Schnellladebedarf. Letzterer liegt für das Szenario A1 bei beiden unter einem Schnellladevorgang pro Tag. Cluster 3 liegt mit einer mittleren Entfernung von 12,6 km zum nächsten Ladeort hinter Cluster 5 (7,3 km) und besitzt damit die geringste Erschließung innerhalb Sachsens. Für die Errichtung einer flächendeckenden

LIS wird die Wirtschaftlichkeitslücke für die drei letztgenannten Cluster am höchsten bewertet.

5.4 Geschäftsmodell Ladeinfrastruktur

In diesem Abschnitt erfolgt die Herleitung eines Weges zur rechnerischen Beurteilung eines Geschäftsmodells für Ladeinfrastruktur. Dies dient als Vorschlag für eigene Wirtschaftlichkeitsrechnungen basierend auf den oben prognostizierten Zahlen an Ladevorgängen und zur Ableitung von Handlungsempfehlungen.

Vorbemerkung: Bei so einer Wirtschaftlichkeitsrechnung würden Details wie Preisgestaltung, Parallelausbau an Standorten, schlechte Mikrolagen und Auffindbarkeit, Ausbau über dem Bedarf oder Bedienungsaspekte nicht berücksichtigt, die aber deutlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben können. Insbesondere bei Normalladeinfrastruktur wird mit Betreibern gerechnet, die Ladeinfrastruktur als Marketinginstrument verwenden und keine Gewinnerzielungsabsicht mit der Ladeinfrastruktur selbst verfolgen. Hier würde von einer Mindestanzahl an Ladevorgängen pro Jahr ausgegangen, die benötigt wird, um einen Ladepunkt wirtschaftlich zu betreiben.

Den größten Einfluss auf das Geschäftsmodell, sofern das Ziel eine separate Wirtschaftlichkeit des Ladeorts ist, übt neben der Anzahl der Ladevorgänge und der abgegebenen Strommenge die Differenz zwischen dem Stromeinkaufs- und Stromverkaufspreis aus.¹¹⁰ Hinzu kommen die Anschaffungs- und Betriebskosten. Dementsprechend müssen größere Mengen an Strom abgesetzt werden, die mit einer hohen Anzahl an Ladevorgängen einhergehen, da fahrzeugseitig die Speicherkapazitäten der Batterien und ggf. auch nutzerseitig die Standzeiten begrenzt sind. Die Möglichkeit, hohe Aufschläge für Ladevorgänge mit geringen Strommengen zu verlangen, um gleiche absolute Überschüsse am Ladeort zu erzielen, würde zu extrem hohen Preisen führen.

Als Referenz für die positiven Auswirkungen einer bedarfsgerechten Schnellladeinfrastruktur kann der Automobilhersteller Tesla mit seinem Netz von Superchargern, den unternehmens-eigenen Schnellladeorten mit bis zu 120 kW Ladeleistung, dienen. Zwar sind die bisherigen Fahrzeuge des Herstellers in der Oberklasse angesiedelt und weisen eine deutlich höhere Jahresfahrleistung in Verbindung mit häufigeren Fernstreckenfahrten auf. Dennoch wird deutlich, dass sich die Käufer unproblematisches Laden hinsichtlich Verfügbarkeit, Bedienung, Authentifizierung sowie schnelles und planbares Laden wünschen. Durch die identische Ladeinfrastruktur ist dies gegeben. Mit insgesamt 390 Superchargern in Deutschland rangiert die Anzahl der Lademöglichkeiten nur etwas hinter CCS-Schnellladern (490) und noch vor CHAdeMO (331), wobei diese meist nur über 50 kW Ladeleistung verfügen. Ein Teil der Tesla-Fahrer nutzt fast ausschließlich diese Ladeinfrastruktur. Dadurch sah sich Tesla veranlasst, an den Fair-Use-Gedanken zu appellieren und für zukünftige Fahrzeugverkäufe die bisher enthaltene Lade-

¹¹⁰ Bereinigt um technische Verluste beim Ladevorgang

Flatrate zu streichen sowie ein geringes Jahreskontingent einzuführen. Aufgrund der steigenden Reichweiten der kommenden Elektrofahrzeuge kann die präferierte Nutzung der Schnelllader und deren Komfort als Maß für zukünftige Fahrzeuge genommen werden, da diese ähnliche Reichweiten aufweisen werden.

Ein Ladevorgang mit geringerer Ladeleistung führt bei gleicher Stromabgabemenge zu längeren Standzeiten der Fahrzeuge, wodurch die potenziell mögliche Anzahl von Ladevorgängen in einem festen Zeitraum sinkt. Folglich kann an Ladeorten mit geringer Ladeleistung, bereinigt um standortspezifische und tarifliche Aspekte, eine deutlich geringere Menge an Strom abgesetzt werden als an Schnellladeorten. Diese besitzen aufgrund der zu Hause schwer substituierbaren Dienstleistung, der dringlichen Bedarfsdeckung auf längeren Wegen, der Funktion als Notlademöglichkeit und einer potenziell höheren Stromabgabemenge ein größeres Potenzial für ein tragfähiges Geschäftsmodell. Normalladeinfrastruktur konkurriert mit dem Strompreis zu Hause, da sie, abgesehen von Urlaubsfahrten, eher auf alltäglichen Wegen und damit meist um den Wohnort genutzt wird.¹¹¹ Normalladeinfrastruktur bietet aufgrund dieser Parameter ein potenziell sehr interessantes Kundenbindungs- und Kundenakquiseinstrument, wobei die Variationen zwischen preislich reduziertem oder kontingentiertem kostenfreien Laden liegen.

Potenzielle Betreiber haben die Möglichkeit, die Ladeleistung entsprechend der technisch möglichen Realisierung am Standort festzulegen. Insbesondere bei Schnellladeorten können signifikante Kosten hinzukommen, die sich aus der ggf. notwendigen Errichtung von Trafostationen ergeben können. Neben dem Standort des Ladeorts sind auch die anfallenden Kosten für Aufbau, Beschaffung, Wartung und Betrieb von der Höhe der Ladeleistung abhängig.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Kosten für die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur in den nächsten Jahren sinken. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Ladeorten bzw. Ladeaggregaten beträgt laut Abschreibungsrichtlinie 10 Jahre. Die technische Nutzungsdauer variiert, je nach Art der Lademöglichkeit, zwischen 6 und 15 Jahren.¹¹² Tabelle 16 zeigt exemplarisch die Kosten für den Ladeinfrastrukturaufbau und Betrieb.¹¹³ Es wurde ein Abschreibungszeitraum von 7,5 Jahren gewählt.

111 Ladevorgänge bei Reisen müssen differenziert werden nach den Wegen, um den Urlaubsort zu erreichen und den Ladevorgängen vor Ort. Bei Ersteren wird Schnellladeinfrastruktur meist genutzt werden. Vor-Ort wird dann Normalladeinfrastruktur sofern komfortabel, d. h. ohne zusätzliche Wege oder sehr günstig nutzbar, eine hohe Relevanz besitzen.

112 Vgl. Lucas et al. (2012)

113 Vgl. NPE (2015)

Tabelle 16: Kosten für Ladeinfrastrukturaufbau- und Betrieb (NPE 2015)

Ladetechnik	Smarte Ladebox		Ladesäule		Ladesäule	
Spannungstyp	AC		AC		DC	
Smart Meter & Energiemanagement	Ja		Ja		Ja	
Ladepunkt	1		2		1	
Ladeleistung	< 3,7 kW		11 oder 22 kW		50 kW	
	2015	Prognose 2020	2015	Prognose 2020	2015	Prognose 2020
Hardware komplett, inkl. Kommunikation und Smart Meter [€]	1 200	700	5 000	2 500	25 000	15 000
Netzanschlusskosten [€]	0 - 2 000	0 - 2 000	2 000	2 000	5 000	5 000
Genehmigung/Planung/Standortsuche [€]	500	500	1 000	1 000	1 500	1 500
Montage/Baukosten/Beschilderung [€]	500	500	2 000	2 000	3 500	3 500
Gesamte Investition (CAPEX) ¹¹⁴ [€]	2 200	1 700	10 000	7 500	35 000	24 000
Sondernutzung	Beispiel Ausschreibung Berlin: 180 € ¹¹⁵					
Hotline, Wartungs-, Entstörungskosten	Marktübliche Wartungsverträge/Erfahrungen aus Ladesäulenbetrieb					
Kommunikationskosten	Marktübliche Mobilfunkverträge/Erfahrungen aus Ladesäulenbetrieb					
Vertragsmanagement/Abrechnung	Annahme: ½ bis 1 Mitarbeiter					
IT-System	Nach Eigenaufwand bzw. Marktangebot					
Laufende Kosten (€/a) OPEX ¹¹⁶	1 000	500	1 500	750	3 000	1 500

Um die Umsatzpotenziale für die drei Kategorien aus Tabelle 16 abzuschätzen, werden realisierte Margen von 0,05 Euro ($\leq 3,7$ kW), 0,10 Euro (11/22 kW) und 0,25 Euro (50 kW) je kWh angenommen.¹¹⁷ Durch die Wahl von Stromabsatzmengen lassen sich die notwendigen Auslastungswerte der Ladeorte für einen kostendeckenden Betrieb ermitteln. Bei diesen Werten ist zu berücksichtigen, dass der Ladeort dies auch hinsichtlich der Ladeleistung und der daraus resultierenden Ladedauer abbilden kann (vgl. Tabelle 17).

114 Capital expenditure (Investitionskosten)

115 p.a. (Verwaltungsgebühr)

116 Operational expenditure (Betriebskosten)

117 Es besteht über den Preis eine Konkurrenz zwischen den verschiedenen Ladeleistungen. Werden, wie vermutet, verstärkt Akteure mit dem Ziel der Kundenbindung für ihr Kerngeschäft, was nicht Ladeinfrastruktur ist, in den Markt eintreten, dann werden subventionierte Preise auch zur Verlagerung von Ladevorgängen von bspw. Schnellladeinfrastruktur zu Normalladeinfrastruktur führen.

Tabelle 17: Ladedauer je Ladevorgänge und Ladesäule in Abhängigkeit von der Strommenge

Verkaufte Menge Strom p. a. [kWh]	Ladevorgang à 20 kWh		Ladevorgang à 40 kWh		Erforderliche durchschnittliche Belegungs-/Ladedauer pro Tag und Ladesäule			
	Anzahl Ladevorgänge pro Jahr	Anzahl Ladevorgänge pro Tag ¹¹⁸	Anzahl Ladevorgänge pro Jahr	Anzahl Ladevorgänge pro Tag ¹¹⁹	≤ 3,7 kW	11 kW	22 kW	50 kW
1 000	50	0,14	25	0,07	00:45	00:15	00:08	00:03
10 000	500	1,39	250	0,69	07:30	02:32	01:16	00:33
50 000	2 500	6,94	1 250	3,47	37:32 ₁₂₀	12:38	06:19	02:47
100 000	5 000	13,89	2 500	6,94	75:05	25:15 ₁₂₁	12:38	05:33

Aus Tabelle 17 wird deutlich, dass die hohen Stromabsatzmengen pro Jahr insbesondere bei geringeren Ladeleistungen nicht mehr realisierbar sind. Bei der Beurteilung der Plausibilität muss berücksichtigt werden, dass außer bei 3,7 kW Ladeleistung von zwei Ladepunkten je Ladesäule ausgegangen werden kann. Die Nachfrage ist jedoch nicht über die gesamte Tagesdauer gleich verteilt. Überdies muss die Park- und Ladedauer nicht identisch sein, was zu einer längeren Blockierung der Ladesäule führen kann.

Um bspw. eine Strommenge von 10 000 kWh pro Jahr absetzen zu können, sind 500 Ladevorgänge à 20 kWh notwendig. Dies entspricht 1,39 Ladevorgängen pro Tag (27,8 kWh). Bei einer Ladeleistung von 3,7 kW entsteht dafür eine zeitliche Belegung des Ladeortes von 7,5 Stunden. In der Realität dürfte die Stand- und damit Belegungszeit etwas höher liegen, da die Fahrzeuge nicht exakt zum Ende des Ladevorgangs abgesteckt und weggefahren werden und die Ladeleistung nicht über den gesamten Ladevorgang hinweg konstant ist.

Für die Abschätzung einer finanziellen Erfolgsgröße werden der Bruttogewinn, differenziert nach Ladeleistungen (vgl. Tabelle 18), unter Einbeziehung der Werte für 2015 aus Tabelle 16 und Tabelle 17 sowie der Marge je Ladevorgang herangezogen. Werte werden nur angegeben, wenn die Gesamtladedauer aller Ladevorgänge unter 24 Stunden liegt.¹²²

118 360 Tage je Jahr.

119 S. o.

120 Auch wenn mit 2 Ladepunkten eine theoretische Möglichkeit besteht, diese Ladevorgänge abzuwickeln, erscheinen aufgrund der zeitlich differenzierten Nachfrage Werte von über 12 h als unrealistisch.

121 S. o.

122 Auch bei zwei Ladepunkten wird eine Auslastung von mehr als 50 % nicht für realistisch gehalten.

Tabelle 18: Bruttomarge je verkaufte Strommenge

Verkaufte Menge Strom in kWh	Bruttomarge je Jahr (AFA*)		
	≤ 3,7 kW	11 kW/22 kW	50 kW
1 000	-1 243,33 €	-2 733,33 €	-7 416,67 €
10 000	-793,33 €	-1 833,33 €	-5 166,67 €
50 000	n/a	2 166,67 €	4 833,33 €
100 000	n/a	n/a	17 333,33 €

*Absetzung für Abnutzung: Abschreibungszeitraum: 7,5 Jahre

Allein die höheren Ladeleistungen können die für einen Gewinn notwendigen Strommengen realistisch erreichen. Lediglich auf diese Weise ist ein nachhaltiges Geschäftsmodell bzgl. des reinen Ladens (ohne Berücksichtigung weiterer Einnahmen durch andere Leistungen, wie beispielsweise für Kundenbindung bzw. -gewinnung) möglich.

Deutlich wird, dass sich die notwendigen Absatzmengen bei den verschiedenen Ladeleistungen aufgrund der unterschiedlichen Margen nicht deutlich unterscheiden. Sinkende Infrastrukturkosten verbessern bei Neuinvestitionen die Erlössituation deutlich. Bei steigenden Ladeleistungen an Schnellladeorten steigen die Kosten durch die aufwändigere Technik jedoch wieder und die positive Preisentwicklung relativiert sich.¹²³

Tabelle 19: Notwendige Ladevorgänge an der Wirtschaftlichkeitsgrenze

Ladeleistung [kW]	Zeithorizont	Anzahl Ladevorgänge (Jahr)		Anzahl Ladevorgänge (Tag)	
		20 kWh	40 kWh	20 kWh	40 kWh
≤ 3,7	2015	1 539	770	4,3	2,1
	Jahr 2020	865	432	2,4	1,2
11/22	2015	1 686	843	4,7	2,3
	Jahr 2020	1 041	521	2,9	1,4
50	2015	1 825	912	5,1	2,5
	Jahr 2020	1 119	559	3,1	1,6

Tabelle 19 zeigt auf, dass die Anzahl der Ladevorgänge je Ladeort stark variiert. Da je Ladeort, außer bei 3,7 kW, zwei Ladepunkte zur Verfügung stehen und nicht bei jedem Ladevorgang¹²⁴ eine Vollladung stattfindet, werden für die in Kapitel 4 und 5 vorgenommenen Prognosen folgende Werte angenommen:¹²⁵

123 Müssen 50 000 € für eine neue Transformationsstation aufgewendet werden, so sind innerhalb der 7,5 Jahre Abschreibungsdauer ca. 27 000 kWh jedes Jahr an zusätzlichem Stromabsatz notwendig.

124 Je Ladevorgang kann unter Zugrundelegung der durchschnittlich im Jahr zurückgelegten Fahrleistungen eines Elektrofahrzeugs und der Angaben zum Ladeverhalten von einer durchschnittlichen Strommenge je Ladevorgang von 5 – 10 kWh, auch unter Berücksichtigung der PHEV, ausgegangen werden. Bei Schnellladevorgängen werden durchschnittlich deutlich höhere Abgabemengen beobachtet.

125 Effekte aus der Förderung der Ladeinfrastruktur wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass in der Phase bis 2020, respektive bis 2022, ein exponentielles Wachstum an Fahrzeugen herrschen wird.

- Normallader ca. 2,1 Ladevorgänge je Ladepunkt/Tag (750 Ladevorgänge je Jahr)¹²⁶,
- Schnelllader ca. 2,7 Ladevorgänge je Ladepunkt/Tag (1 000 Ladevorgänge je Jahr)¹²⁷.

Hinsichtlich der Normalladeorte wird voraussichtlich eine andere Konkurrenzsituation herrschen, da die Anzahl der Installationen gegen Ende des Markthochlaufs wahrscheinlich deutlich steigen wird. Wesentlich mehr Akteure dürften dann Ladeinfrastruktur als Kundenbindungsmaßnahme anbieten, wodurch die Anzahl aktuelle Prognosen deutlich übersteigen könnte.

Aus Sicht der Flächenabdeckung ist es kritisch, dass sich die hohen Ladehäufigkeiten für Schnellladeinfrastruktur oft nur an exponierten und stark frequentierten Standorten (Fernverkehrsstraßen und Ballungsräume) ergeben werden. Ländliche Gebiete werden demnach mit erheblich größeren Problemen konfrontiert sein, die Wirtschaftlichkeit entsprechend der oben dargestellten Werte der Mindestladevorgänge, insbesondere im Markthochlauf, zu erreichen (vgl. Kapitel 5.1).

5.5 Zwischenfazit

Die Problematik hinsichtlich der aktuellen Bereitstellung von LIS wird deutlich. Es existiert eine zu geringe Anzahl an Fahrzeugen, um vorhandene Infrastruktur wirtschaftlich auszulasten. Für einen Großteil der bestehenden Ladepunkte wird anhand der Bedarfsprognose eine zu geringe Wirtschaftlichkeit vermutet. Dies betrifft 94 % der vorhandenen Normal- und 79 % der parallel nutzbaren Schnellladepunkte. Lediglich 43 Normal- und 3 Schnellladepunkte könnten derzeit in Sachsen mit einer zufriedenstellenden Auslastung betrieben werden. In 72 % der Gemeinden sind keine Lademöglichkeiten vorhanden. Ein Bedarf besteht in fast allen Gemeinden. Eine Bereitstellung scheitert jedoch an der mangelnden Wirtschaftlichkeit.

Im für das Jahr 2025 prognostizierten Szenario C ergeben sich kaum noch Lücken in der wirtschaftlichen Darstellbarkeit, insbesondere der Schnellladeinfrastruktur. Die Verbreitung der Elektromobilität erreicht dann ein Maß, das die notwendige Auslastung der LIS ermöglicht. Im Normalladebereich kann zu diesem Zeitpunkt von einem großen Angebot an Lademöglichkeiten an vielen öffentlich zugänglichen Parkmöglichkeiten ausgegangen werden. Die Situation im prognostizierten Szenario für 2025 setzt jedoch den Markthochlauf der Elektromobilität mit der entsprechenden Anzahl von Fahrzeugen voraus, was beim jetzigen Stand der Zulassungszahlen noch eine erhebliche Herausforderung darstellt.

126 Es wird nicht davon ausgegangen, dass eine separate Wirtschaftlichkeit für eine Mehrzahl von Normalladeinfrastruktur erreicht wird. Die geringen Strommengen je Ladevorgang machen dies, wie dargelegt, problematisch. Zudem wird eine Konkurrenz durch Laden zur Kundenbindung erwartet, die über einen reduzierten Preis oder kostenfreie Stromabgabe den Markt relevant beeinflussen wird. Daher wird zur Verteilung des Ladebedarfs auf Normalladeinfrastruktur von diesen Werten ausgegangen, ohne dass eine Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Am Ende des Markthochlaufs ist mit deutlich mehr Normalladeinfrastruktur zu rechnen.

127 Zur Ermittlung wurden die Wirtschaftlichkeitswerte bzgl. der aktuellen Beschaffungspreise für Ladeinfrastruktur herangezogen. Effekte, die sich über vorher eintretende Preisreduzierungen ergeben, werden teilweise erforderlichen erhöhten Anschlusskosten zugeordnet. Es wird von 18,7 kWh Strommenge je Ladevorgang und 2,7 Ladevorgängen je Ladepunkt ausgegangen. Die Berechnungen in Tabelle 19 und den vorherigen adressieren die Beispielwerte, welche teilweise eine Vollladung von bestimmten Fahrzeugtypen annehmen. Unter Abwägung von Fahrzeugmodellen und deren Batteriekapazitäten, dem Ladestand zu Ladebeginn sowie der Ladedauer wurde der Durchschnittswert, basierend auf Nutzerbefragungen geschätzt.

6 Fazit und Handlungsempfehlungen

Die Bereitstellung von bedarfsgerechter Ladeinfrastruktur, die gleichzeitig Kaufanreize bzw. Vertrauen für Elektromobilität eröffnet, stellt eine große Herausforderung im Markthochlauf dar. Für den Freistaat Sachsen und ganz Deutschland lässt sich folgendes Fazit ziehen.

6.1 Fazit

- Bei etwa 2 Millionen Elektrofahrzeugen in Deutschland und mindestens 75 000 im Freistaat Sachsen werden die Marktakteure wirtschaftlich eine flächendeckende und kapazitiv ausreichende bedarfsgerechte Schnellladeinfrastruktur bereitstellen können. Normalladeinfrastruktur wird dann auch bedarfsgerecht vorhanden sein.
- Größere Ausbaumaßnahmen für Schnellladeinfrastruktur an den Hauptverkehrsachsen sind in Sachsen ohne Anreize/Impulse nicht vor dem Erreichen von etwa 50 % des Markthochlauf-Ziels für EV der Bundesregierung zu erwarten.
- Die bestehende Ladeinfrastruktur ist hinsichtlich der Anzahl der Ladepunkte momentan ausreichend, die räumliche Verteilung der Ladeorte entspricht jedoch nicht dem Bedarf, da eine Konzentration an hoch frequentierten Standorten und ein Mangel in der Fläche besteht.
- Es besteht die Notwendigkeit, gezielt den Aufbau von Ladeinfrastruktur in Gebieten mit geringem Ladeaufkommen voranzutreiben, um eine Flächenverfügbarkeit herzustellen. Die Erwartungshaltung, dass die Verbreitung der Fahrzeuge zu einem nachfragegetriebenen Ausbau führt, ist richtig, greift jedoch aufgrund der Wirkungszusammenhänge zwischen Ladeinfrastrukturserwartung und Fahrzeugkauf beim Markthochlauf deutlich zu kurz. Die Herstellung einer Mindestattraktivitätsschwelle hinsichtlich Anzahl und Qualität der LIS ist für die Käufer unabdingbar. Andernfalls ist die Elektromobilität nicht reif für den Massenmarkt. Dies gilt besonders für BEV.
- Normalladeinfrastruktur wird einen Großteil der Ladevorgänge im öffentlichen Raum auf sich vereinen können. Die Mehrheit der Ladevorgänge wird jedoch, bis zu relevanten Anschaffungen von Elektrofahrzeugen durch Privatpersonen ohne eigene Lademöglichkeiten, Gelegenheitsladen sein. Dies wird von der Verfügbarkeit und der preislichen Attraktivität abhängen. Daher wird an Verkaufsbauwerken, Freizeiteinrichtungen und privaten Parkhäusern mit einem erheblichen Anteil von Parkplätzen, die mit Normalladeinfrastruktur ausgestattet sind, gerechnet. Die Anzahl dürfte am Ende des Markthochlaufs unverkennbar über dem rechnerischen Bedarf liegen und ohne eine Querfinanzierung nur sehr selten eine Wirtschaftlichkeit der LIS aufweisen können.

- Für die Wahrnehmung und Nutzung im Alltag kommt der Normalladeinfrastruktur eine wichtige Rolle zu. Aufgrund der größeren Menge gegenüber der Schnellladeinfrastruktur ergeben sich mehr Kontaktpunkte für die Wahrnehmung im Alltag.
- Schnellladeinfrastruktur nimmt die Funktion der Sicherstellung von Streckenabsolvierung und Ad-hoc-Ladebedarfen ein. Der Mehrwert eines einzelnen Ladevorgangs ist dabei deutlich höher als bei Normalladeinfrastruktur. Destinationsladen mit Normalladeinfrastruktur kann hinsichtlich der Erreichbarkeit bzw. Rückfahrt ähnliche Ergebnisse, allerdings bei deutlich geringerer Flexibilität, erzielen.

Folgende Aussagen können zur Standortwahl von LIS getroffen werden:

- Innenstadtlagen bieten sich besonders für Normalladeinfrastruktur an, sofern hohe Besucherfrequenzen vorhanden sind. Für den Durchreiseverkehr bedingt die innerstädtische Lage meist Umwege und bietet sich daher nur eingeschränkt für Schnellladeinfrastruktur an.
- Die Nähe zu häufig frequentierten Verkehrswegen ist sinnvoll. Dies gilt insbesondere für Schnellladeinfrastruktur.
- Einkaufszentren und Einkaufsmöglichkeiten in verkehrlich günstigen Lagen wird eine Schlüsselstellung zuteil. Sie bieten ein attraktives Umfeld bei kurzen Standzeiten für Schnellladeinfrastruktur. Für Besucher mit primärem Interesse an einem längeren Einkauf bietet Normalladeinfrastruktur einen Anreiz und die notwendige Ladeleistung.
- Für Normalladeinfrastruktur sind übliche Parkflächen (Parkhäuser, Parkplätze) ideal geeignet, um eine Verlässlichkeit zu signalisieren. Elektroautofahrer sollen mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgehen können, dort LIS vorzufinden.
- Normalladeinfrastruktur bedingt aufgrund der längeren Ladezeiten eine Nähe zu geplanten oder regelmäßigen Zielen. Dies kann ein Reiseziel, Wohnort, Arbeitsplatz, Erledigung oder ein Freizeitziel sein. Schnellladeinfrastruktur benötigt dies nicht zwingend. Es erhöht aber die Attraktivität erheblich und wird bei Konkurrenzsituationen mehrerer Ladeorte im Umkreis entscheidend sein.
- Eine Orientierung am jetzigen Parkverhalten (Dauer, Häufigkeit, Kennzeichnung), das an den zur Auswahl stehenden Flächen vorherrscht, gibt einen guten Anhaltspunkt. Typische längere Parkzeiten (> 2 Stunden) und längere Anfahrtswege bieten eine Attraktivität für Normalladeinfrastruktur. Kürzere Standzeiten dienen eher Vermarktungsaspekten bzw. besitzen bei einer hohen Anzahl von Ortsfremden ein Potenzial für Schnellladeinfrastruktur.

6.2 Handlungsempfehlungen

Für die Marktakteure und den politischen Rahmen werden nachfolgend Handlungsempfehlungen abgeleitet. Dies erfolgt getrennt für folgende Adressaten:

- Öffentliche Hand getrennt nach Bund/Land und Kommunen/Kreise,
- Betreiber mit Fokus auf Ladeinfrastrukturbetrieb,
- Betreiber mit Fokus auf Ladeinfrastruktur als Marketinginstrument.

Darüber hinaus besteht eine Reihe von Abhängigkeiten, die eine Zusammenarbeit der Akteure bedingen. Im Freistaat Sachsen zeigen sich für alle genannten Adressaten folgende Herausforderungen hinsichtlich der Bereitstellung von attraktiver, zeitgemäßer und bedarfsgerechter Infrastruktur:

- Die Verringerung der Bevölkerung im erwerbsfähigem Alter und die räumlichen Konzentrationsprozesse zugunsten großer und wirtschaftsstarker Zentren begründen erhebliche Herausforderungen für den Flächenausbau insbesondere von Schnellladeinfrastruktur. Dem sollte mit der Schaffung gleicher Rahmenbedingung bzgl. LIS entgegen gewirkt werden.
- Ein geringerer Anteil an Neuzulassungen im Bundesvergleich aufgrund des geringeren Durchschnittseinkommens und ein folglich höheres Fahrzeugalter lassen die schnelle Durchdringung des Markts mit Elektrofahrzeugen, die nur in geringen Mengen am Gebrauchtwagenmarkt verfügbar sind, unwahrscheinlich erscheinen. Gerade deshalb sollte flächendeckende Ladeinfrastruktur mit relevanten Schnellladanteilen geschaffen werden, um möglichst viele interessierte Autofahrer zum Wechsel auf ein Elektrofahrzeug motivieren zu können.
- Aufgrund der geografischen Lage Sachsens und der geringen Anzahl von Firmenzentralen, insbesondere im POS-Bereich, kann im Markthochlauf nicht mit finanzstarken Akteuren und großen Roll-outs gerechnet werden.
- Als Flächenland steht Sachsen bis zum Erreichen der Zulassungszahlen aus den obigen Szenarien (vgl. Kapitel 4) vor Herausforderungen. Insbesondere in ländlichen Regionen, autobahnfernen und grenznahen Gebieten ist vorerst kein wirtschaftlicher Betrieb zu erwarten. Aktuell und mittelfristig ist ein so geringer Bedarf zu erwarten, dass die Marktakteure in diesen Gebieten kaum oder zu geringe Investitionen vornehmen werden. Die zeitliche Überbrückung bis zur Erreichung einer relevanten Anzahl an Fahrzeugen im Markt stellt die Betreiber vor erhebliche wirtschaftliche Risiken. Eine Ausnahme bildet Normalladeinfrastruktur, die zu Kundenbindungs- und Neukundengewinnungsaktivitäten eingesetzt wird. Sächsische Betreiber, deren Kerngeschäft der Betrieb von LIS ist, können aktuell nur in Ballungszentren und an Hauptverkehrsachsen von einer Refinanzierung ihrer Investitionen sowie einer angemessenen risikogerechten Verzinsung in der Lebensdauer der bestehenden Ladesäulen ausgehen.

Für Sachsen und Deutschland lassen sich daraus, zunächst unabhängig von den Adressaten, folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Die Attraktivität und Positionierung Sachsens als Automobil- und Hightech-Standort sollte in die Strategiefindung einbezogen werden. Die aktuelle Ladeinfrastruktur entspricht nicht der Relevanz Sachsens als Automobilstandort. Elektromobilität als Zukunftsbereich der Automobilindustrie muss mit höherer Glaubhaftigkeit auch durch Ladeinfrastruktur, insbesondere Schnellladeinfrastruktur, dargestellt werden. Aufgrund der geringen Verbreitung der Elektromobilität sind noch keine relevanten Auswirkungen hinsichtlich der Akquise von Führungs- und Fachkräften zu erwarten. In der Zukunft ist dies nicht auszuschließen.¹²⁸
- Es bedarf weiterer Initiativen, um die Anzahl der Elektrofahrzeuge nachhaltig zu steigern. Dem Markt der Ladeinfrastruktur eine Nachfrage entgegenzusetzen, muss kurzfristig fokussiert werden. Eine alleinige Bereitstellung der Ladeinfrastruktur wird die geringe Fahrzeuganzahl nicht ändern.
- Die Einsehbarkeit des Belegungsstatus sowie ggf. die Reservierungsmöglichkeit der LIS wird zunehmend relevanter. Da dem Aufbau der Schnellladeinfrastruktur eine fundierte Planung zugrunde liegen muss, um die nötige Auslastung generieren zu können, ist sie, besonders aktuell, nicht in nahräumigen Abständen verfügbar. Die Auslastung eines Ladeorts im Tagesverlauf ist bekannt. Durch eine Steuerung der Nachfrage kann daher der Bedarf an Ladevorgängen zu Spitzenzeiten auf Ladeorte im Umkreis verlagert, oder eine Verschiebung der Ladevorgänge hin zu Zeiten mit geringerer Auslastung angestrebt werden.
- Es kann gleichzeitig eine höhere Auslastung von Ladesäulen erreicht werden, da durch die Disposition eine geringere Dimensionierung der einzelnen Standorte erfolgen kann. Es kann damit eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Weniger frequentierte Standorte könnten von einer Verlagerung von hoch frequentierten Standorten profitieren. Diese Standorte stehen mittelfristig vor der Herausforderung an wenigen Tagen und Zeiträumen in der Hauptreisezeit enorme Nachfrage zu verzeichnen. Eine Peak-Dimensionierung erscheint wirtschaftlich nicht sinnvoll.
- Der Ausbau von Ladeinfrastruktur sollte, insbesondere im Schnellladebereich, berücksichtigen, dass ab dem Jahr 2020 Fahrzeuge zu erwarten sind, die höhere Ladeleistungen (100 – 200 kW, ggf. bis 600 kW), unterstützen. Daher sollten die Ladeorte eine Ausbaumöglichkeit vorsehen, sofern netzseitig größere Investitionen vorgenommen werden. Für den Markthochlauf, die Abschreibungsdauer der Fahrzeuge und kom-

¹²⁸ Gründe wie Wohnqualität, Bildungsmöglichkeiten, Preisniveau, soziales Umfeld und Unternehmensansiedlungen dürften dies aktuell deutlich übertreffen.

mende Batterievolumen (Speichergröße), werden die jetzt verfügbaren Schnellladetechnologien (50 kW) eine Standardversorgung garantieren. Neuere Technologien wie induktives Laden dürften auf absehbare Zeit eher im privaten Bereich und Spezialbereichen wie beim ÖPNV zum Einsatz kommen.

- An größeren Ladeorten wird ein Lastmanagement sinnvoll sein, um den Fahrzeugen zum Ende der Standzeit den notwendigen Ladestand bereit zu stellen. Damit könnte der benötigte Ladestand der einzelnen Fahrzeuge sichergestellt, jedoch unnötige Ladespitzen durch Parallelladungen mit den höchsten Ladeleistungen vermieden werden. Insbesondere bei Ladeorten mit einem attraktiven Umfeld ist von etwas längeren Standzeiten auszugehen. Mittelfristig sollte dies bei größeren Standorten Berücksichtigung finden. Abholzeiten des Fahrzeugs könnten daher an öffentlicher Ladeinfrastruktur, neben der Stellplatzverfügbarkeit, ein Eingabekriterium vonseiten der Nutzer vor Beginn des Ladevorganges bilden.
- Die Verbesserung der Sichtbarkeit, Vereinfachung der Zugänglichkeit und Nutzung sowie Vereinheitlichung der Bezahlmöglichkeiten für LIS im öffentlich zugänglichen Raum ist unabdingbar. Die Wahrnehmung von Ladeinfrastruktur muss steigen, um Reichweitenängste bei potenziellen Interessenten zu nehmen. Nutzungsbarrieren müssen auf das zwingend notwendige Maß reduziert werden.

6.2.1 Öffentliche Hand

Für die öffentliche Hand können folgende Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

6.2.1.1 Land/Bund

- Aufgrund der beschriebenen Lage mit wenig großen Akteuren im Freistaat Sachsen müssen kleinere Akteure und Multiplikatoren adressiert werden. Dazu muss das Thema sowohl als Anliegen des Freistaates in der Öffentlichkeit wahrgenommen als auch direkt gegenüber den Verbänden als Vermittler kommuniziert werden. Dazu wäre eine gemeinsame Zielerklärung zu begrüßen. Dies sollte auch kommunal weitergetrieben werden.
- Die Ansprache von potenziellen Investoren und Akteuren muss aktiv betrieben werden, um den Freistaat Sachsen als Standort zu vermarkten. Insbesondere im POS-Bereich sollten Filialisten, deren Unternehmenszentralen nicht in Sachsen liegen, angesprochen werden.
- Es bedarf der Aktivierung einer Vielzahl von Akteuren und des Einsatzes von Fördermitteln, um eine Grundlage in Sachsen für den Markthochlauf zu ermöglichen. Im Markthochlauf sollten Aktivitäten zum Infrastrukturausbau koordiniert werden, sodass

Kenntnis über die Aktivitäten der Marktakteure untereinander vorherrscht. Die Einnahmen sind aktuell derartig begrenzt, dass überschneidende Aktivitäten zu weiter sinkender Wirtschaftlichkeit führen.

- Exemplarische Einzelstrecken, die eine Anbindung Sachsens mit Schnellladeinfrastruktur an andere Großstädte und Regionen (zum Beispiel Berlin) ermöglichen, sollten forciert werden.
- In Sachsen sollten unterschiedliche Strategien bzgl. der städtischen und verkehrsreichen sowie der ländlichen und insbesondere grenznahen Regionen verfolgt werden. Dabei steht zu Beginn die Bereitstellung von Schnellladeinfrastruktur im Fokus. Außerdem sollten Normalladeorte mit hohem Referenzcharakter und guter kommunikativer Wirkung gefördert werden. Dabei sollte es sich um eine sehr große Anzahl von Ladepunkten an einem Standort oder adaptierbare Lösungen handeln. Für erstere Gebiete, in denen mit wirtschaftlichen Lösungen zu rechnen ist, sind weiterhin eine Moderation, Hinweise und die Vernetzung der Akteure auch vor dem Hintergrund der Förderrichtlinie des Bundes notwendig. Für die Standorte, die keine ausreichende Wirtschaftlichkeit für Ladeinfrastruktur aufweisen können, sollten darüber hinausgehend und in Verbindung mit den Kreisen und Gemeinden Anreize gesetzt werden. Im Zusammenspiel aus Förderung, Flächenbereitstellung sowie Abnahme von Kontingenten durch die öffentliche Hand sind auch hier wirtschaftlich attraktive Investitionsbedingungen möglich.
- Auf die Schnellladeinfrastruktur sollte das Hauptaugenmerk, aus öffentlicher Sicht im Sinne einer Daseinsvorsorge, ausgerichtet sein. Die Verbreitung dieser kann als Messgröße für einen komfortablen Transformationsprozess zur Elektromobilität gelten, die nur wenig Umstellung von der aktuellen Nutzung konventionell angetriebener Fahrzeuge erfordert. Eine hohe Flächenerschließung, d. h. eine geringe Entfernung von jedem Punkt (in Sachsen) zu Schnellladeinfrastruktur, fördert die Attraktivität von Elektromobilität durch ein Vertrauen in die neue Technologie enorm.
- Der Einfluss der Ladesäulenverordnung und des Eichrechts auf den Betrieb der Ladesäulen ist relevant und stellt Herausforderungen für Hersteller und Investoren dar. Um Investitionssicherheit zu schaffen, sollten hier vonseiten der Hersteller klare Zertifizierungsaussagen getroffen bzw. kommuniziert werden. Eine neutrale Konformitätsübersicht ist sinnvoll und dürfte eine notwendige Orientierung für Interessenten darstellen.
- Eine eindeutig positive Umweltwirkung von Elektromobilität wird lediglich durch die Verwendung von Ökostrom erreicht. Für öffentliche Ladeinfrastruktur sollten zudem – auch finanzielle – Anreize gesetzt werden. Aufgrund des teilweise dringlichen Ladebedarfs ist die direkte Verwendung von Ökostrom nur schwer möglich. Zeitlich differenzierte Tarife könnten Anreize für die Verlegungen von Ladezeiten bieten. Vorstellbar sind auf Grundlage von statistischen Daten günstigere Tarife in Zeitfenstern, in denen

die Ladeinfrastrukturbetreiber mit Vergünstigungen nach § 14a EnWG rechnen könnten. Dazu sollte das EnWG modifiziert werden und ein Dialog aller Beteiligten vorangetrieben werden.

- Bei einer größeren Anzahl von Elektrofahrzeugen und zukünftig höheren Ladeleistungen müssen Lastspitzen abgedeckt werden können. Der Variante Anpassung des Stromnetzes sollten Varianten mit Energiespeichern gegenübergestellt werden, die nicht zwingend beim Letztverbraucher angesiedelt sein müssen. Dafür sind aber gesetzliche Rahmenbedingungen, bspw. die der Netzentgelte, zu ändern, um attraktive Rahmenbedingungen herzustellen.
- Die Bereitstellung von Mehrfachkapazitäten an Standorten sollte zugunsten einer Flächenversorgung zurückgestellt werden. Eine Abdeckung zwischen 5 und 10 km stellt eine gute Zielgröße dar.¹²⁹ Schnellladeinfrastruktur in der Fläche und abseits von verkehrsreichen Fernstraßen weist wenig Potenzial für direkte Einnahmen auf. Da es sich um Investitionsentscheidungen von Unternehmen handelt, ist jedoch kein direkter Eingriff möglich. Das Hauptaugenmerk sollte auf Schnellladeinfrastruktur in den wirtschaftlich nicht zu versorgenden Regionen liegen. Normalladeinfrastruktur kommt eine Ergänzungsrolle zu, die gefördert werden kann, um eine alltäglichere Wahrnehmung zu erreichen.
- Förderquoten von bis zu 60 %, wie im Förderprogramm Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge des Bundes, reichen nicht aus, um die teilweise vorhandenen Standortnachteile zu kompensieren und den Markthochlauf voranzutreiben.
- Förderprogramme sollten die standortspezifische Beurteilung der Wirtschaftlichkeit zwingend zur Bemessung der Förderquote bei Schnellladeinfrastruktur heranziehen. Bei Normalladeinfrastruktur sollte dies aus Gründen des Aufwands erst bei größeren Projekten erfolgen. Dabei sollten deutlich größere Schwankungsbreiten der Zuwendung als die in der aktuellen Förderrichtlinie des Bundes möglich sein.¹³⁰ Eine Obergrenze für die Preisgestaltung der Ladetarife bei Fördermittelbezug sollte definiert werden, um eine Attraktivität sicherzustellen.
- In Förderprogrammen und Forschungsprojekten sollten einfache Lösungen vorgeschrieben bzw. entwickelt werden, die Reservierungen von LIS dynamisch durch Fahrzeugnavigationssysteme ermöglichen. Die Ladeorte müssen technisch in die Lage versetzt werden, ihre Belegung per API (application programming interface – Programmierschnittstelle) bereitzustellen, welche die Fahrzeughersteller oder Dienstleister einbinden können.

¹²⁹ Die entsprechenden Werte dazu finden sich in Tabelle 5.

¹³⁰ Der Maximalfördersatz beträgt 60 %.

- Um die Fahrzeuganzahl nachhaltig zu steigern, muss der Fokus dahingehend ausgerichtet werden, dass kurzfristig größere Mengen an Elektrofahrzeugen bereitgestellt werden können. Dies führt zu einem Ausbau der Verkaufs-, Vertriebs- und Herstellungskanäle die nach der Förderperiode weiterhin zur Verfügung stehen. Daher sollten hohe und kurzfristige Förderanreize geschaffen werden.

6.2.1.2 Kommunen/Kreise

- Die Verpflichtung der Parkplatzbetreiber, eine Mindestanzahl an frei verfügbaren Parkplätzen im öffentlich zugänglichen Raum (z. B. Parkhäuser, Parkplätze) zu elektrifizieren, würde die Verfügbarkeit von LIS erhöhen. Dabei sollte auf Kennzeichnung und Abgrenzung zu Parkplätzen für konventionelle Fahrzeuge Wert gelegt werden.
- Vonseiten der Gemeinden sollten in den Landkreisen gemeinsame Aktivitäten bzgl. Schnellladeinfrastruktur verfolgt werden, da diese eine Reichweite über die Gemeindegrenzen hinaus haben kann. Dazu sollte kein Eigenbetrieb, sondern die Vergabe an externe Betreiber erfolgen, die meist über mehr Know-how hinsichtlich des Betriebs und der Vermarktung verfügen. Der Aufwand für den Betrieb und die Administration kann sonst sehr hoch ausfallen. Dies mindert die Chance auf einen langfristigen Betrieb und die erwartete Servicequalität.
- Die Berücksichtigung von Infrastrukturprojekten in der Planungsphase, sowie die Unterstützung bzw. Schaffung neuer Lademöglichkeiten an intermodalen Übergangspunkten, wie P&R-Parkplätzen, Flughäfen oder Bahnhöfen sind für die Attraktivität von Elektromobilität förderlich.
- Kommunale Bündnisse von Politik und Unternehmen für die Elektromobilität sollten forciert werden.
- Abnahme von Kontingenten an neu geschaffener Ladeinfrastruktur schafft Nutzung und Vertrauen der Investoren. Mit den Fahrzeugen von kommunalen Unternehmen und der Verwaltung kann eine erste Grundlage geschaffen werden. Eine Erweiterung auf andere Unternehmen der Region kann dies noch fördern.

6.2.2 Betreiber mit Fokus auf Ladeinfrastrukturbetrieb

Für Betreiber von Ladeinfrastruktur, EVU, Energieproduzenten und Investoren mit Fokus auf eine Erlösgenerierung durch LIS werden nachfolgend einige Handlungsempfehlungen formuliert.

- Der Sicherung guter Standorte für Schnellladeinfrastruktur hinsichtlich Netzverfügbarkeit, verkehrlicher Lage und einem attraktiven Umfeld zur zeitlichen Überbrückung kommt eine große strategische Relevanz zu. Hier werden zeitnah Engpässe vonseiten

des Netzes, verbunden mit höheren Kosten, und bzgl. der Flächenverfügbarkeit bestehen. Ist ein Standort durch einen Ladeort besetzt, sind die Hürden für einen zweiten Investor deutlich höher.

- Die Aussicht des Markthochlaufs macht auch aktuell wirtschaftlich wenig attraktive Standorte perspektivisch interessant. Hier sollten ggf. Flächenreservierungen geprüft werden.
- Ein Ausbau der Schnellladestandorte um weitere Ladesäulen sollte möglich sein.
- Normalladeinfrastruktur verfügt über wenig attraktive Geschäftsmodelle. Im Normalladebereich sollte das Produktportfolio hinsichtlich der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Geschäftskunden (B2B) forciert werden. Diese nutzen die Ladeinfrastruktur für die eigenen Kunden.
- Die Bereitstellung etablierter Zugangsmedien (Authentifizierung) und die Bereitstellung von einfachen Ad-hoc-Zahlungsverfahren führen zu einer stärkeren Nutzung.
- Die zeitnahe Aufrüstung bisheriger Standorte hinsichtlich Ladeleistungen und Zugang sollte forciert werden.
- Eine Co-Finanzierung von Ladeinfrastruktur und Abstimmung mit anderen Betreibern sollte geprüft werden, um die Auslastung der Ladeinfrastruktur im Markthochlauf zu sichern. Außerdem erfolgt dadurch eine Reduktion der wirtschaftlichen Risiken.
- Tankstellen in guten verkehrlichen Lagen sollten den Aufbau von Schnellladeinfrastruktur prüfen, auch wenn diese erst nach dem Markthochlauf für sich relevante Auslastungen zu erwarten haben.

6.2.3 Betreiber mit Fokus auf Ladeinfrastruktur als Marketinginstrument

Für jeglichen Standort mit Publikumsverkehr wird Elektromobilität die Möglichkeit bieten, einen Mehrwert für die Kunden und eine Differenzierung zum Wettbewerb zu schaffen. Daher können POI und POS mit Parkmöglichkeiten Ladeinfrastruktur den Kunden bereitstellen.

- Je größer das Einzugsgebiet und je länger die Standzeiten sind, desto sinnvoller erscheint die Bereitstellung von LIS. Langfristig kann bei den Fahrern von Elektrofahrzeugen ebenfalls mit einer Erwartungshaltung hinsichtlich der Bereitstellung ausgegangen werden. Eine Honorierung bzw. einen Einfluss auf die Auswahl von POS und POI, insbesondere beim Einkaufen, hat die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur schon heute.
- Generell sind sämtliche POI und POS geeignet. Dies reicht von touristischen Zielen und Einrichtungen, Forschungseinrichtungen, Unternehmen, öffentliche Einrichtungen (z. B. Bibliothek) bis zu ökologischen Produzenten/Dienstleistern/Händlern. Normalladeinfrastruktur, auch mit geringen Ladeleistungen, ist meist ausreichend.

- Lediglich in wenigen Einzelfällen (z. B. Premium Hotelbetrieb) und bei mangelnden Alternativen besteht eine Chance auf Erlöse mittels Normal-LIS.
- Die Querfinanzierung durch Kundenbindung bzw. -akquise und eine aktive Einbindung in Kundenkommunikation (Reichweite des Themas und Attraktivität nutzen) ist hoch. Es kann, sofern konsequent umgesetzt (z. B. Öko-Strom), eine hohe Glaubwürdigkeit bzgl. Nachhaltigkeitsaspekten und Innovationen transportiert werden. Eine zeitnahe Umsetzung ermöglicht noch Innovationsführerschaft, auch wenn aktuell noch geringe Zulassungszahlen zu verzeichnen sind.
- Die Berücksichtigung von LIS bei der Umweltzertifizierung (bspw. Blauer Engel) ist möglich und bietet für die eigenen Dienstleistungen/Produkte eine deutliche Differenzierung vom Wettbewerb.
- Die Fahrer von Elektrofahrzeugen stellen eine Kundengruppe dar, die auf absehbare Zeit über ein überdurchschnittliches Einkommen verfügen wird. Zudem herrscht bei den Fahrern eine hohe Vernetzung und es existieren eine Vielzahl von Internetplattformen mit hoher Reichweite zur Kommunikation neuer Lademöglichkeiten. Dies bildet ein attraktives Umfeld für die Darstellung des eigenen Unternehmens.
- Ein Ladevorgang ist mit geringen Kosten verbunden bzw. kann ggf. kontingentiert werden. Die Kosten der Ladeorte fallen im Vergleich zu sonstigen Kundenbindungs- und Kundengewinnungsmaßnahmen gering aus.
- Die Nutzung durch eigene Fahrzeuge eröffnet einen zusätzlichen Nutzen und verstärkt die wirtschaftliche Attraktivität der LIS. Es ist dabei auf eine ausreichende Verfügbarkeit für Kunden zu achten.

Literaturverzeichnis

- Amtsblatt der Europäischen Union (2014):** Richtlinie 2014/94/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe. Gesetzgebungsakte. Amtsblatt der Europäischen Union. L307/1.
- Anderson, J. E. et al. (2016):** *LADEN2020. Konzept zum Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur in Deutschland von heute bis 2020.* Schlussbericht vom 15.12.2016. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Berlin.
- Aral AG (2015):** *Aral Studie. Trends beim Autokauf 2015.* 2015, Bochum.
- Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (Hrsg.) (2016):** *Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder.* Bd. 1. Indikatoren und Kennzahlen. Tabellen. i.A. der Statistischen Ämter der Länder. Ausgabe 2016. Düsseldorf: 2016.
- Autogeco (2016):** *Elektromobilmarkt im internationalen Vergleich.* Unter: <http://autogeco.de/elektromobilmarkt-im-internationalen-vergleich/> (Abruf am 10.01.2017).
- Bain & Company Germany (2015):** *Eine Million E-Autos in Deutschland bis 2020 nicht zu schaffen.* Unter: <http://www.bain.de/press/press-archive/bain-analyse-zur-elektromobilitaet.aspx> (Abruf am 01.11.2016).
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2016):** *12. Erhebung zur Ladeinfrastruktur in Deutschland* Unter: <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de#ed-accordion-33136431-panel-body> (Abruf am 17.10.2017).
- Bigalke, S. (2015):** *Elektromobilität: Darum funktioniert es in Norwegen. Säulen-Eilige.* Süddeutsche Zeitung, Artikel vom 12.09.2015. Unter: <http://www.sueddeutsche.de/auto/-staatliche-foerderung-der-elektromobilitaet-saeulen-eilige-1.2639442> (Abruf am 10.01.2017).
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie BKG (2016):** Verwaltungsgebiete 1:250 000. Stand 01.01.2016. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Unter: http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz_rahmen.gdz_div?gdz_spr=deu&gdz_akt_zeile=5&gdz_anz_zeile=1&gdz_unt_zeile=14&gdz_user_id=0 (Abruf am 15.11.2016).
- Boesche, K. et al. (2017):** Eckpunkte für den rechtlichen Rahmen der Elektromobilität. Überblick und Handlungserwägungen der Begleit- und Wirkungsforschung zum Schaufenster-Programm Elektromobilität. In: *Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität* (Hrsg.). Ergebnisrapport Nr. 34. 2017, Stuttgart.

- Bratzel, S. (2016):** *Elektromobilität im internationalen Vergleich. Bilanz 2015 und Prognose.* Pressemitteilung vom 26.01.2016. Center of Automotive Management (CAM). Bergisch Gladbach. Unter: <https://kommunalwirtschaft.eu/images/presse/pdf/87ee9d8567ba0c8a9bf0f868c40ba56b-Pressemitteilung-Elektro-Jan-2016-v01.pdf> (Abruf am 29.03.2017).
- Brost, W., Funke, T., Vallée, D. (2016):** *SLAM - Schnellladenetz für Achsen und Metropolen.* In: *DVWG Jahresverkehrskongress 2016: „Elektromobilität - aktuelle Chancen und Risiken der Umsetzung“*, B 367. ISBN 978-3-942488-32-7. Berlin, 2016
- Brost, W. et al. (2016):** *Standortfindungsmodell für elektrische Ladeinfrastruktur. Projektbeschreibung und Modellierungsmethodik.* Präsentation: 7. Pegasus Jahrestagung, Stuttgart: 30.09.2016).
- Bundesanstalt für Straßenwesen bast (2015):** *Automatische Straßenverkehrszählung.* Unter: http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Aktuell/zaehl_aktuell_node.html (Abruf am 02.03.2017).
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI (2017):** *Förderung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge.* Unter: https://www.bav.bund.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Foerderung_Ladeinfrastruktur/Foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Abruf am 13.03.2017).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWI (2015):** *Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb öffentlich zugänglicher Ladepunkte für Elektromobile (Ladesäulenverordnung - LSV).*
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft BDEW e.V. (2016):** *BDEW-Erhebung Elektromobilität. Zum Jahresende 2016 standen insgesamt 6.517 öffentlich zugängliche Ladepunkte (2.859 Ladestationen) zur Verfügung, vom 24.03.2017* Unter: <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de> (Abruf am 25.03.2017).
- Chargemap (2016):** *Find a charging point for your electric vehicle.* Unter: <https://chargemap.com/> (Abruf am 30.11.2016).
- Cocca, S., Fabry, C., Stryja, C. (Hrsg.) (2015):** *DELFIN. Dienstleistungen für Elektromobilität. Ergebnisse einer Expertenstudie.* Fraunhofer IAO. Stuttgart: 2015.
- Deutsch-Polnische Industrie- und Handelskammer Ahk (2016):** *Polen setzt auf Elektromobilität.* Unter: <http://ahk.pl/medien/wirtschafts-news/einzel/artikel/polen-setzt-auf-elektromobilitaet/?cHash=4bc3058927abb708dfde8c7e6e48cb54> (Abruf am 17.01.2017).
- Dijkstra, E. W. (1959):** *A Note on Two Problems in Connexion with Graphs.* Numerische Mathematik, 1, 269-271.
- Eafo (2017a):** *Poland.* Unter: <http://www.eafo.eu/content/poland> (Abruf am 17.01.2017).

- Eafo (2017b):** Czech Republic. Unter: <http://www.eafo.eu/content/poland> (Abruf am 17.01.2017).
- Eafo (2017c):** Countries. Unter: <http://www.eafo.eu/countries> (Abruf am 26.02.2017)
- Eafo (2017d):** Germany. Unter: <http://www.eafo.eu/content/germany> (Abruf am 16.01.2017).
- Eafo (2017e):** Netherlands. Unter: <http://www.eafo.eu/content/netherlands> (Abruf am 10.01.2017).
- Elbil (2016):** Norwegian EV market. Unter: <http://elbil.no/english/norwegian-ev-market/> (Abruf am 26.02.2017).
- E-stations (2016):** Ladestationen für Elektroautos. Unter: <https://www.e-stations.de/ladestationen/map> (Abruf am 30.11.2016).
- Figenbaum, E., Kolbenstvedt, M. (2013):** Electromobility in Norway - experiences and opportunities with Electric vehicles. Unter: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=33828> (Abruf am 03.02.2017).
- Fortum Corporation (2015):** Fortum to deliver EV charging units to southern Norway. Unter: <http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/fortum-to-deliver-ev-charging-units-to-southern-norway.aspx> (Abruf am 01.02.2017).
- Goingelectric (2016a):** Stromtankstellen Verzeichnis. Unter: <http://www.goingelectric.de/stromtankstellen/> (Abruf am 30.11.2016).
- Goingelectric (2016b):** Stromtankstellen Statistik für Deutschland. Unter: <http://www.goingelectric.de/stromtankstellen/statistik/Deutschland> (Abruf am 18.01.2017).
- Goingelectric (2017):** Elektroauto Routenplaner. Unter: <http://www.goingelectric.de/stromtankstellen/routenplaner/> (Abruf am 15.03.2017).
- Haase, R. (2013):** *Berichtsmodul Verkehr und Umwelt – Kraftfahrzeugbestand, Jahresfahrleistung und Straßenverkehrsfläche für Sachsen im Bundesländervergleich.* Erschienen in: Statistik in Sachsen 04/2013.
- Horváth & Partner GmbH (2016):** Durchschnittliche Reichweite von Elektrofahrzeugen nähert sich der 250-Kilometer-Marke. Pressemitteilung vom 29.03.2016. Unter: <https://www.horvath-partners.com/de/presse/aktuell/detail/date/2016/03/29/durchschnittliche-reichweite-von-elektrofahrzeugen-naehert-sich-der-250-kilometer-marke/> (Abruf am 01.11.2016).
- Hubject GmbH (2017):** *eRoaming - Ein offenes Marktmodell für Elektromobilität. Was ist eRoaming?* Unter: <https://www.hubject.com/ueber-uns/eroaming/> (Abruf am 16.01.2017).
- KBA (2016a):** Bestand. Zahlen zum 1. Januar 2016 im Überblick. Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg. Unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2016_b_umwelt_dusl.html?nn=663524 (Abruf am 18.02.2017).

- KBA (2016b):** Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen, Jahr 2015 (FZ 14). Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg. Unter: http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015/fz14_2015_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Abruf am 16.01.2017).
- KBA (2016c):** Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2016 gegenüber 1. Januar 2015 nach Segmenten und Modellreihen (Zulassungen ab 1990). Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg. Unter: http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2016/fz12_2016_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Abruf am 20.11.2016).
- KBA (2016d):** Neuzulassungen von Personenkraftwagen im November 2016 nach Segmenten und Modellen. Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg. Unter: http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2016_monatlich/FZ11/fz11_2016_11_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Abruf am 12.12.2016).
- KBA (2017a):** Bestand am 1. Januar 2017 nach Fahrzeugklassen. Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg. Unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2017_b_fzkl_eckdaten_pkw_dusl.html?nn=652402 (Abruf am 07.05.2017).
- KBA (2017b):** Bestand an PKW am 1. Januar 2017 gegenüber dem 1. Januar 2016 auf 1.000 Einwohner (Diagramm). Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg. Unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/2017_b_pkw_bundeslaender_diagramm.html?nn=652402 (Abruf am 20.03.2017).
- KBA (2017c):** Neuzulassungen im Jahr 2016 nach Fahrzeugklassen. Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg. Unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/FahrzeugklassenAufbauarten/2016_n_fzkl_eckdaten_pkw_dusl.html?nn=652406 (Abruf am 07.05.2017).
- KBA (2017d):** Personenkraftwagen am 1. Januar 2017 nach ausgewählten Merkmalen. Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg. Unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Ueberblick/2017_b_barometer.html?nn=1133288 (Abruf am 07.05.2017).
- KBA (2017e):** Neuzulassungsbarometer im März 2017. Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg Unter: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/2017/201703_GV1monatlich/201703_nzbarometer/201703_n_barometer.html?nn=1571914 (Abruf am 07.05.2017).
- KBA (2017f):** Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken 1. Januar 2017 (FZ 1). Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg. Unter: http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2017/fz1_2017_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Abruf am 07.05.2017).

- Landestourismusverband Sachsen e.V. (2016):** *Tourismus-Bilanz 2015*. Dresden. Unter: http://www.ltv.sachsen.de/de/Wirtschaftsfaktor/Das-Jahr-2015_1708.html?sid=6W4OTOPq7LL5H0qJirRNMdh4qEf6AP5C (Abruf am 18.02.2017)
- LEMnet Europe e.V. (2016):** Verzeichnis von Stromtankstellen für Elektrofahrzeuge. Unter: <http://www.lemnet.org/de/> (Abruf am 30.11.2016).
- Lenz, Barbara et al. (2010):** *Mobilität in Deutschland 2008*. DLR- Forschungsbericht, Projektbericht. Berlin. Unter: <http://mobilitaet-in-deutschland.de/mid2008-publikationen.html> (Abruf am 30.11.2016).
- Lucas, A. et al. (2012):** *Life cycle analysis of energy supply infrastructure for conventional and electric vehicles*. In: *Energy Policy*, Vol. 41., February 2012, S. 537 – 547.
- Ministry of foreign Affairs of the Czech Republic (2016):** *Business. Elektromobilität in Tschechien wächst*. Unter: <http://www.czech.cz/de/Comercio/Elektromobilitat-in-Tschechien-wachst> (Abruf am 17.01.2017).
- Nationale Plattform Elektromobilität NPE (2015):** *Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015*. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung Deutschland (Hrsg.). NPE AG 3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Berlin: 2015.
- Nobil (2017):** *Welcome to the charging station database NOBIL*. Unter: <http://info.nobil.no/index.php/english> (Abruf am 01.02.2017).
- Open Charge Map (2016):** Open Charge Map. Das weltweite und öffentliche Verzeichnis für Ladestationen für elektrische Fahrzeuge. Unter: <https://openchargemap.org/site> (Abruf am 30.11.2016).
- Plötz, P. et al. (2013):** *Markthochlaufszzenarien für Elektrofahrzeuge. Langfassung*. Fraunhofer ISI. Karlsruhe: 18.09.2013 (korrigierte Version 20.01.2014).
- Pricewaterhouse Coopers GmbH PwC (2016):** Maximal eine halbe Million E-Autos bis 2020
Pressemitteilung vom 09.08.2016, Frankfurt. Unter: <http://www.pwc.de/de/pressemitteilungen/2016/maximal-eine-halbe-million-e-autos-bis-2020.html> (Abruf am 01.11.2016).
- Randall, T. (2016):** *Here's How Electric Cars Will Cause the Next Oil Crisis. A shift under way that will lead to widespread adoption of EVs in the next decade*. Vom 25.02.2016. Unter: <https://www.bloomberg.com/features/2016-ev-oil-crisis/> (Abruf am 01.11.2016).
- RVO (2015):** *Electromobility in the Netherlands. Highlights 2014*. Netherlands Enterprise Agency. Utrecht: 2015. Unter: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/04/Electromobility%20in%20the%20Netherlands%20Highlights%202014.pdf> (Abruf am 15.01.2017).
- RVO (2016):** *Cijfers elektrisch vervoer*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Unter: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers> (Abruf am 23.01.2017).

- Sächsische Staatskanzlei (2015):** *Demografische Entwicklung. Entwicklungstrends.* Freistaat Sachsen. Sächsische Staatskanzlei, Referat 32. Unter: <http://www.demografie.sachsen.de/download/Bevoelkerungsentwicklung.pdf> (Abruf am 15.02.2017).
- Sächsische Staatskanzlei (2016):** *Durchschnittsalter der Bevölkerung in Sachsen 1990 bis 2014, 2020, 2025, 2030.* Freistaat Sachsen. Sächsische Staatskanzlei, Referat 32. Unter: <http://www.demografie.sachsen.de/download/Durchschnittsalter.pdf> (Abruf am 05.03.2017).
- Sächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr SMWA (2015):** *Mittelstandsbericht 2013/2014 des Freistaates Sachsen.* Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. Dresden: 2015. Unter: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26046/documents/36242>. (Abruf am 18.02.2017).
- Sahay, D. (2014):** *Elektroautos in Deutschland. 2020 könnten 750.000 auf der Straße sein.* Artikel vom 19.03.2014, erschienen in Wirtschafts Woche Online. Unter: <http://www.wiwo.de/technologie/green/tech/elektroautos-in-deutschland-2020-koennten-750-000-auf-der-strasse-sein/13548704.html> (Abruf am 01.11.2016).
- Seiler, N. et al. (2016):** *Schlussbericht. Ladeinfrastrukturstrategie für Elektrofahrzeuge des Freistaates Thüringen für die Jahre 2016 – 2020.* LISS. Weimar: 2016.
- SMWA (2017):** *Verkehr – Autobahnen in Sachsen.* Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. Unter: <http://www.verkehr.sachsen.de/822.html> (Abruf am 17.01.2017).
- Solvi, E. et al. (2012):** *Projektrapport etter 3 år. Transnova – for baerekraftig mobilitet.* Unter: <http://docplayer.me/5983637-Projektrapport-etter-3-ar.html> (Abruf am 03.02.2017).
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2016):** *Verdienste – Produzierendes Gewerbe und Dienstleistungsbereich: Bruttomonatsverdienste.* Unter: http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb22_jahrtab63.asp (Abruf am 26.03.2017).
- Statistisches Bundesamt (2015):** *Bruttoinlandsprodukt 2015 für Deutschland.* Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 14. Januar 2016, Berlin.
- Statistisches Bundesamt (2017):** *Arbeitslose, Arbeitslosenquoten, Gemeldete Arbeitsstellen: Bundesländer, Jahre.* Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg. Unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon?sequenz=tabelleErgebnis&selection-name=13211-0007&zeitscheiben=1> (Abruf am 28.03.2017).
- Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2013):** *Statistisches Jahrbuch Sachsen 2013.* Jg. 22, Kamenz: 2013.
- Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.) (2016a):** *Datenblatt. 6. Regionalisierte Bevölkerungsberechnung für den Freistaat Sachsen 2015 bis 2030.* Gebietsstand: 01.01.2016, Kamenz.

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (Hrsg.) (2017): *Kreisfreie Städte im und Landkreise im Freistaat Sachsen am 1. Januar 2017*. Januar 2017, Kamenz).

Vallée, D. et al. (2017): *STELLA - Standortfindungsmodell für elektrische Ladeinfrastruktur*. ISB Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr. RWTH Aachen University. Aachen. Unter: <http://www.isb.rwth-aachen.de/cms/ISB/Forschung/Projekte/~mdac/STELLA/> (Abruf am 18.02.2017).

Van der Wees, B. (2014): *The Dutch approach for the deployment of charging infrastructure Presentation for EEO Workshop*. 10.10.2014. Ministrie van Economische Zaken. Unter: http://www.polisnetwork.eu/uploads/Modules/PublicDocuments/eeo-workshop_-dutch-policy (Abruf am 18.01.2017).

Vogt, M., Fels, K. (2017): Bedarfsorientierte Ladeinfrastruktur aus Kundensicht. Handlungsempfehlungen für den flächendeckenden Aufbau benutzerfreundlicher Ladeinfrastruktur. In: Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (Hrsg.). Ergebnispapier Nr. 35. 2017, Stuttgart.

Voigt, R. (2013): *Bedarfsgerechte Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge*. Standortkonzept Ladesäulen. VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH 2013.

Wietschel, M. (2014): *Wirkung von Förderinstrumenten auf den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Ergänzende Studie zur Studie Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge*. Fraunhofer ISI. i.A. acatech und AG 7 der NPE. Karlsruhe.

Anhang

Anhang I Absolute Anzahl Elektrofahrzeuge und LIS nach Bundesländern

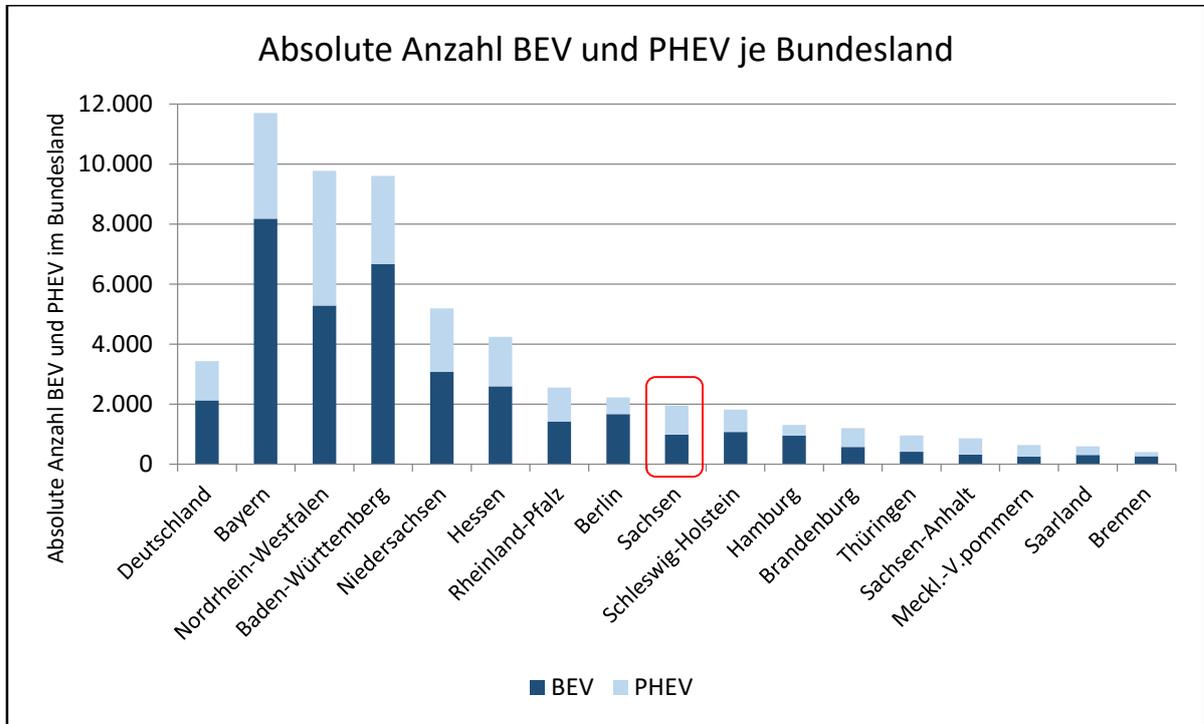


Abbildung 29: Anzahl PHEV und BEV nach Bundesländern

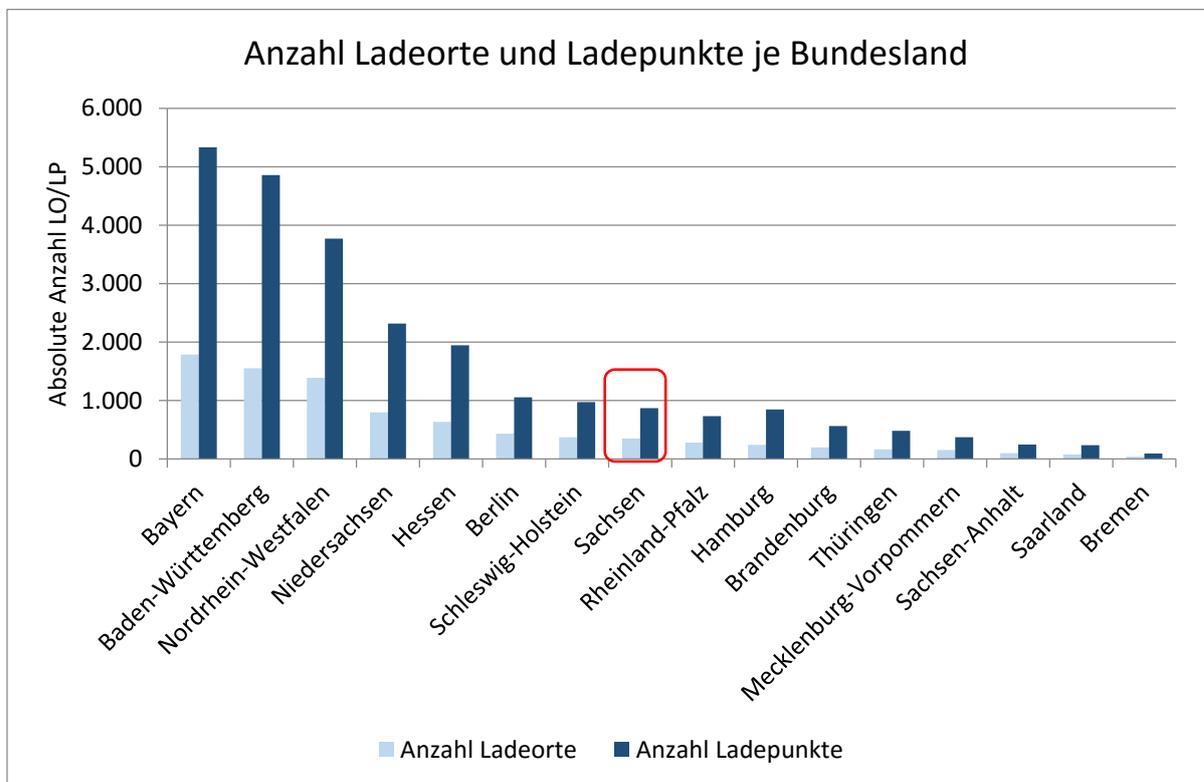


Abbildung 30: Anzahl Ladeorte und -punkte nach Bundesländern

Anhang II Datengrundlage – Analyse LIS Sachsen

Eine öffentliche, einheitliche und fortlaufend aktualisierte Übersicht der bestehenden (öffentlich zugänglichen) LIS in Deutschland ist lange nicht verfügbar gewesen. Seit dem 18. April 2017 stellt die Bundesnetzagentur auf ihrer Webseite die im Rahmen der Ladesäulenverordnung gemeldeten Daten zur öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur in Deutschland bereit. Da sämtliche Ladepunkte, welche vor dem 17.03.2016 errichtet worden sind, nicht von der Anzeigepflicht betroffen sind, sind diese unvollständig registriert. Außerdem sind nur Ladepunkte verzeichnet, welche der LSV genügen und deren Betreiber der Veröffentlichung zugestimmt haben. Da die Bundesnetzagentur explizit auf die Unvollständigkeit ihres Registers hinweist, ist dieses bisher nicht verwendet worden. Aufgrund der hohen Datenqualität und Validität der Einträge könnte die Datengrundlage zukünftig nutzerbasierte Plattformen ablösen.

Zahlreiche Plattformen bieten derzeit Elektrofahrzeugfahrern fokussierte Informationen zu bestehenden Ladeorten, welche auf anbieter- und nutzerbasierten Einträgen beruhen.¹³¹ Um möglichst alle Ladeorte in Sachsen, den angrenzenden Bundesländern, sowie von Polen und Tschechien zu erfassen, sind die reichweitenstärksten Onlineplattformen *LEMnet*¹³² und *GoingElectric*¹³³ genutzt und auch Daten zu Steckertypen und Ladeleistungen erfasst worden. Abbildung 31 stellt die Heterogenität des Datenangebots der verschiedenen Plattformen dar. Auf diese Weise wird auch grafisch deutlich, dass es an einer einheitlichen Datenbasis fehlt.

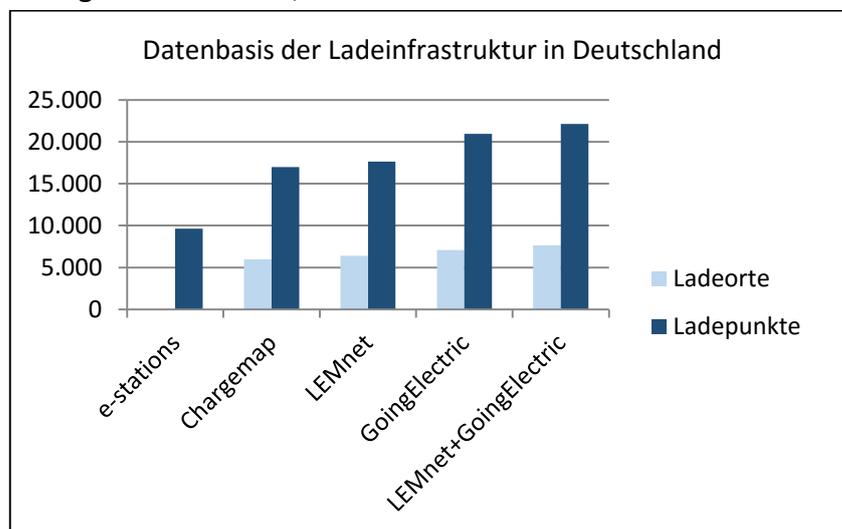


Abbildung 31: Übersicht zum Umfang der verwendeten Datenbasis (Stand Nov. 2016)

Die Datensätze aus den beiden Plattformen sind zum Stand vom 07.03.2017 harmonisiert und zusammengeführt worden, wobei doppelte Standorte eliminiert worden sind. Für die anschließende Auswertung sind die Steckertypen und Ladeleistung zu drei Ladegruppen zusammengefasst worden:

131 Vgl. LEMnet Europe e.V. (2016), GoingElectric (2016a), E-stations (2016), Chargemap (2016), Open Charge Map (2016)

132 Vgl. LEMnet Europe e.V. (2016)

133 Vgl. Goingelectric (2016b)

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

- ≤ 11 kW (alle Steckertypen mit Ladeleistung kleiner gleich 11 kW),
- 22 - 43 kW (alle Steckertypen mit Ladeleistung von 22 – 42 kW sowie 43 kW Typ2 AC),
- ≥ 43 kW (Schnelllader mit einer Ladeleistung größer gleich 43 kW DC).

Anhang III Durchführbarkeit von Fahrtstrecken mit Elektrofahrzeugen

Tabelle 20: Ergebnisse der Tourenplanung

Tour (Hin- und Rückfahrt)				Konventioneller PKW		Ø BEV - Mittelklasse Szenario A (ohne Ladevorgang am Zwischenziel)					Ø BEV - Mittelklasse Szenario A (mit Ladevorgang am Zwischenziel)				
				Gesamtdistanz [km]	Gesamtzeit [hh:mm]	Gesamtdistanz [km]	Gesamtzeit [hh:mm]	Differenz Distanz [km]	Differenz Zeit [hh:mm]	Gesamtanzahl Ladevorgänge	Gesamtdistanz [km]	Gesamtzeit [hh:mm]	Differenz Distanz [km]	Differenz Zeit [hh:mm]	Gesamtanzahl Ladevorgänge
150-250 km	1	Dresden	Chemnitz	158	02:06	158	02:06	0,00	0:00	0	158	02:06	0,00	0:00	0
	2	Leipzig	Chemnitz	171	02:13	171	02:13	0,00	0:00	0	171	02:13	0,00	0:00	0
	3	Leipzig	Mittweida	193	02:21	194	02:38	1,00	0:17	1	193	02:21	0,00	0:00	0
	4	Leipzig	Freiberg	226	02:39	227	02:50	1,00	0:11	1	226	02:39	0,00	0:00	0
	5	Leipzig	Meißen	226	02:43	227	02:54	1,00	0:11	1	226	02:43	0,00	0:00	0
	6	Dresden	Zwickau	237	02:49	241	03:28	4,00	0:39	1	237	02:49	0,00	0:00	0
	7	Dresden	Leipzig	244	02:53	241	03:15	-3,00	0:22	1	244	02:53	0,00	0:00	0
	8	Dresden	Borna	245	02:34	247	03:15	2,00	0:41	1	245	02:34	0,00	0:00	0
250-350 km	9	Leipzig	Annaberg-Buchholz	251	03:24	251	04:37	0,00	1:13	1	251	03:24	0,00	0:00	0
	10	Leipzig	Reichenbach	266	02:59	271	04:25	5,00	1:26	1	266	02:59	0,00	0:00	0
	11	Leipzig	Kreischa	270	02:55	276	03:18	6,00	0:23	1	270	02:55	0,00	0:00	0
	12	Chemnitz	Torgau	272	03:18	243	04:23	-29,00	1:05	1	272	03:18	0,00	0:00	0
	13	Dresden	Prag	297	03:36	299	04:12	2,00	0:36	1	303	03:48	6,00	0:12	1
	14	Leipzig	Königstein	312	03:28	330	04:36	18,00	1:08	2	314	03:38	2,00	0:10	1
	15	Dresden	Klingenthal	315	03:56	327	06:01	12,00	2:05	3	319	04:18	4,00	0:22	1
	16	Leipzig	Altenberg	334	03:32	340	04:19	6,00	0:47	2	340	03:55	6,00	0:23	1
350-450 km	17	Leipzig	Bautzen	354	03:34	367	04:36	13,00	1:02	2	355	03:48	1,00	0:14	1
	18	Dresden	Berlin	387	04:30	397	05:44	10,00	1:14	2	392	04:52	5,00	0:22	2
	19	Dresden	Erfurt	433	04:24	434	05:34	1,00	1:10	2	439	05:30	6,00	1:06	2
	20	Leipzig	Görlitz	447	04:24	461	06:57	14,00	2:33	3	464	05:49	17,00	1:25	3
*mindestens eine Ladestation außerhalb der sächsischen Landesgrenze															

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

				Konventioneller PKW		Ø BEV - Mittelklasse Szenario B (mit Ladevorgang am Zwischenziel)				
				Gesamt-distanz [km]	Gesamtzeit [hh:mm]	Gesamt-distanz [km]	Gesamtzeit [hh:mm]	Differenz Distanz [km]	Differenz Zeit [hh:mm]	Gesamtanzahl Ladevorgänge
>150-250 km	1	Dresden	Chemnitz	158	02:06	162	02:07	4,00	0:01	1
	2	Leipzig	Chemnitz	171	02:13	170	02:08	-1,00	0:05	1
	3	Leipzig	Mittweida	193	02:21	194	02:22	1,00	0:01	1
	4	Leipzig	Freiberg	226	02:39	219	02:36	-7,00	-00:03	1
	5	Leipzig	Meißen	226	02:43	225	02:39	-1,00	0:04	1
	6	Dresden	Zwickau	237	02:49	243	03:10	6,00	0:21	1
	7	Dresden	Leipzig	244	02:53	241	02:52	-3,00	0:01	3
	8	Dresden	Borna	245	02:34	262	03:05	17,00	0:31	2
>250-350 km	9	Leipzig	Annaberg-Buchholz	251	03:24	263	03:53	12,00	0:29	2
	10	Leipzig	Reichenbach	266	02:59	276	03:51	10,00	0:52	2
	11	Leipzig	Kreischa	270	02:55	275	03:08	5,00	0:13	2
	12	Chemnitz	Torgau	272	03:18	273	03:25	1,00	0:07	2
	13	Dresden	Prag	297	03:36	311	04:15	14,00	0:39	3
	14	Leipzig	Königstein	312	03:28	314	03:50	2,00	0:22	2
	15	Dresden	Klingenthal	315	03:56	331	05:49	16,00	1:53	3
	16	Leipzig	Altenberg	334	03:32	334	04:00	0,00	0:28	2
350-450 km	17	Leipzig	Bautzen	354	03:34	369	04:29	15,00	0:55	3
	18	Dresden	Berlin	387	04:30	412	08:09	25,00	3:39	5
	19	Dresden	Erfurt	433	04:24	463	06:32	30,00	2:08	5
	20	Leipzig	Görlitz	447	04:24	453	06:47	6,00	2:23	5

Anhang IV Parkgebühren nach Betreibern

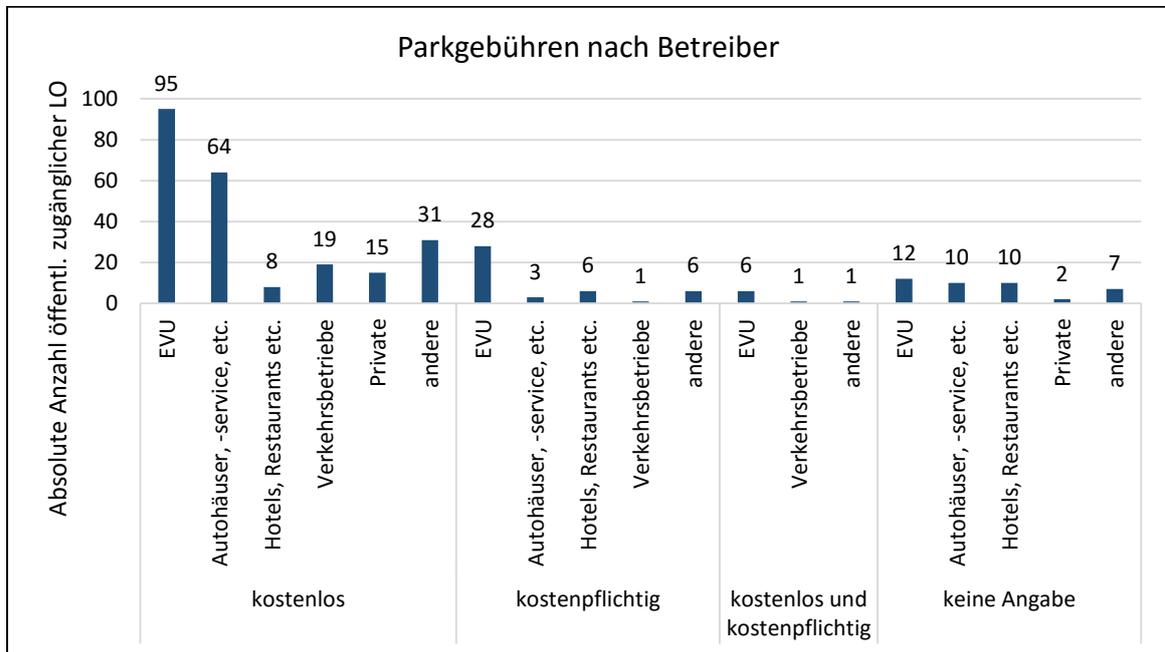


Abbildung 32: Erhebung von Parkgebühren für Ladeorte in Sachsen (n = 325)

Anhang V eRoaming-Angebot an sächsischen Ladeorten

Beim sogenannten eRoaming handelt es sich um ein Marktmodell im Bereich der Elektromobilität, welches Besitzern von E-Fahrzeugen die Möglichkeit eröffnet, an allen Ladeorten Strom zum Laden des Fahrzeuges zu beziehen, unabhängig davon mit welchem Betreiber oder Netzwerk der Nutzer einen Vertrag abgeschlossen hat.

Die Abrechnung des Ladevorgangs erfolgt im Nachgang über den eigenen Vertragspartner. Ohne eRoaming sind die Ladeorte mit herstelleraufspezifischen Abrechnungssystemen ausgestattet und damit für Nutzer, die mit einem fremden Anbieter einen Vertrag abgeschlossen haben, nicht zugänglich. Der potenzielle Nutzerkreis wird folglich erheblich eingeschränkt.¹³⁴ Die eigene Station für eine Vielzahl an Nutzern zugänglich zu machen und den Anwenderkreis zu maximieren, räumt einen wesentlichen Vorteil für den Betreiber ein. Deutschlandweit existieren eine Reihe Roaming-Partner im Wettbewerb, auch in Sachsen, wobei das eRoaming nicht durch alle Anbieter zur Verfügung gestellt wird. Die nachstehende Tabelle 21 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die auf dem sächsischen Markt befindlichen Anbieter und das jeweilige eRoaming-Angebot.

Tabelle 21: eRoaming-Angebot unter sächsischen Anbietern

Anbieter / Tarif	Authentifizierungsmedium	Mit eRoaming-Angebot
Bergische Energie- und Wasser GmbH - BEW Autostrom	App, Telefonie	Ja
Charge & Pay	App	Ja
Charge & Fuel	Ladekarte, App	Ja
ChargeNow Active, ChargeNow Flex	Ladekarte, App	Ja
Eins Einmal - SMS	SMS	Nein
Eins Ladekarte	Ladekarte	Nein
Innogy ePower Basic	App, Telefonie	Nein
intercharge und intercharge direct	App	Ja
LübbeckeStrom eMobil	App, Telefonie	Ja
Park & Charge Schlüssel	Schlüssel	Nein
PlugSurfing App	App	Ja
PlugSurfing Ladeschlüssel	Ladekarte	Ja
StromTicket (easy.GO)	App	Ja
StromTicket (Handy Ticket)	App	Nein
Stadtwerke Union Nordhessen - SUN e-Ladekarte	Ladekarte	Ja
Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim - ladepay	Ladekarte	Ja
Stadtwerke Bietigheim-Bissingen - SW BB Ladekarte	Ladekarte	Ja
Stadtwerke Leipzig GmbH - SWL Zugangskarte Dauernutzer	Ladekarte	Nein
The New Motion (TNM)	Ladekarte, App	Ja
Zero Emission - Z.E. Pass	Ladekarte, App	Ja

¹³⁴ Vgl. Hubject GmbH (2017)

Anhang VI Eingangsdaten Modell

Tabelle 22: Eingangsdaten für die Modellierung

		Daten auf Ebene verfügbar		Quelle	
Eingangsgrößen		Gemeinde	Kreis	Urheber	Stand
Gemeinden/ Landkreise	Grenzen	x	x	BKG	01.01.2016
	Fläche	x	x	BKG	01.01.2016
Bevölkerungs- daten	Anzahl EW	x	x	STLA Sachsen	31.12.2015
	Altersgruppierung/ -struktur	x		STLA Sachsen	31.12.2015
Verkehrsmengen	Menge innerhalb der Gemeinde (Fernstraßen, Kreisstraßen etc.)	x		LIST	2010
Wegelängen	Gesamtlängen pro Gemeinde innerhalb der Gemeinde (Fernstraßen, Kreisstraßen etc.)	x		OSM	Nov. 2016
Pendlerbewegungen	Einpendler, Auspendler, Pendlersaldo	x		STLA Sachsen	Dez. 2015
Wohnungen/ Eigenheime	Anzahl Wohnungen	x		STLA Sachsen	01.01.2016
	Anzahl Eigenheime	x		STLA Sachsen	01.01.2016
(Netto-) Einkommen	Mittleres Monatsnettoeinkommen (Haushalts-Nettoeinkommen, pro Person)	x		STLA Sachsen	2015
POI	Kategorien: Einzelhandel, Freizeiteinrichtungen, Ausflugsziele, Gastronomie- und Gastgewerbe, ÖPNV Haltestellen	x		OSM	Nov. 2016
Tourismus	Anzahl touristischer Übernachtungen	x		STLA Sachsen	2015
PKW	Bestand PKW - konventionell	x		STLA Sachsen, basierend auf KBA	01.01.2017
	Neuzulassungen PKW - konventionell		x	STLA Sachsen, basierend auf KBA	31.12.2013

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

	PKW je 1 000 EW - konventionell	x		STLA Sachsen, basierend auf KBA	01.01.2015
	Bestand-Elektrofahrzeuge		x	KBA	01.01.2017
	Bestand-Hybridfahrzeuge		x	KBA	01.01.2017
LIS	Ladeleistungen (≤ 11 kW, 22-43 kW AC, ≥ 43 kW DC)	x		Lemnet.org, GoingElectric.de	07.03.2017
	Standorte LIS (≤ 11 kW, 22-43 kW AC, ≥ 43 kW DC)	x		Lemnet.org, GoingElectric.de, OSM	07.03.2017

Erreichbarkeit von LIS

Die Erreichbarkeit von LIS ist basierend auf der realen Wegestrecke berechnet worden. Zu diesem Zweck ist ein Auszug der OpenStreetMap-Datenbank für Sachsen und Umgebung (100 km-Radius) in eine PostgreSQL-Datenbank importiert worden. Mit den Erweiterungen *PostGIS* und *pgrouting* kann somit ein routingfähiges Straßennetz erstellt werden.

Anschließend ist für alle Knotenpunkte (rund 200 000 in Sachsen) die kürzeste Route auf Basis des „Dijkstra shortest path“-Algorithmus zum nächstgelegenen Ladeort berechnet worden.¹³⁵

Dies ist sowohl für die drei Ladegruppen (≤ 11 kW, 22 - 43 kW, ≥ 43 kW) getrennt als auch für alle Ladeorte zusammen durchgeführt worden. Die berechnete Distanz für jeden Knotenpunkt kann man nun wiederum dem dazugehörigen Straßensegment zuweisen. Da die mittlere Länge der Straßensegmente rund 170 m beträgt, erhält man eine detaillierte Straßenkarte mit Informationen zur Erreichbarkeit der nächsten LIS (vgl. Abbildung 7). Eine Ableitung der mittleren Distanz zur nächsten LIS für jede Gemeinde ist dergestalt ohne Verzerrung möglich und erlaubt eine fundierte Beurteilung des aktuellen Ausbaustands.

¹³⁵ Vgl. Dijkstra, E. W. (1959), S. 269 - 271

Detaillierte Modellbeschreibung

Anhang VII Anzahl und räumliche Verteilung der Elektrofahrzeuge

Grundlegend für eine Ermittlung der benötigten LIS ist die Anzahl und räumliche Verteilung der derzeitig vorhandenen und zukünftig erwarteten BEV und PHEV.

Für die Szenarien wird als realistisches MarkthochlaufszENARIO für den Zeitraum 2020 – 2022 ein Bestand von 750 000 Elektrofahrzeugen (BEV und PHEV) angenommen sowie unter der Annahme einer verzögerten Entwicklung eine Gesamtzahl von 500 000 Fahrzeugen.

Basierend auf PKW- und EV-Bestandszahlen des KBA¹³⁶ für Deutschland und Sachsen ist der derzeitige Anteil berechnet (vgl. Tabelle 23) und die beiden Verhältnisse

1. Anteil der PKW in Sachsen an Gesamtzahl in Deutschland von 4,63 % und
2. Anteil der BEV in Sachsen an Gesamtzahl in Deutschland von 2,89 %

als zweite Komponente der Szenarien verwendet worden (vgl. Kapitel 4).

Dabei wird im Szenario 1 angenommen, dass sich der Anteil der BEV und PHEV in Sachsen an den Anteil aller PKW angleichen wird. Im Szenario 2 wird hingegen davon ausgegangen, dass sich die Attraktivität zum Erwerb eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zum Bundesschnitt nicht verbessert und der Anteil weiterhin bei 2,89 % liegt. Unter der Annahme, dass der Anteil der BEV gegenüber PHEV zukünftig steigen wird, wurde eine Verteilung zwischen BEV und PHEV von 1:1 angenommen. Die Abschätzung erfolgte auf Basis der Marktstudien und eigenen Erhebungen der aktuellen Zulassungszahlen.

Es resultieren folgende Szenarien:

- **A1:** Erreichen des Ziels von 750 000 BEV + PHEV mit einem Anteil von 4,63 % für Sachsen, was dem Anteil des gesamten PKW-Bestands entspricht,
- **A2:** Erreichen des Ziels von 750 000 BEV + PHEV mit einem Anteil 2,89 % für Sachsen, was dem derzeitigen Anteil des BEV in Sachsen an der Gesamtzahl in Deutschland entspricht,
- **B1:** Gesamtanzahl von 500 000 BEV + PHEV in Deutschland mit einem Anteil von 4,63 % für Sachsen, was dem Anteil des gesamten PKW-Bestands entspricht,
- **B2:** Gesamtanzahl von 500 000 BEV + PHEV in Deutschland mit einem Anteil 2,89 % für Sachsen, was dem derzeitigen Anteil des BEV in Sachsen an der Gesamtzahl in Deutschland entspricht.

136 Vgl. KBA (2017a)

Der PKW-Bestand zum 01.01.2017 für Deutschland und Sachsen sowie die aus dem Markhochlauf abgeleiteten Bestandszahlen für BEV und PHEV der jeweiligen Szenarien sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23: Stand¹³⁷ und Prognose zur Anzahl von BEV + PHEV in Deutschland und Sachsen

	Deutschland	Sachsen	Anteil in Sachsen Ist-Stand [%]	Szenario 1 (EV-Anteil 4,63 %)	Szenario 2 (EV-Anteil 2,89 %)
PKW-Bestand 01.01.2017	45 803 560	2 122 325	4,63		
Bestand BEV	34 022	984	2,89		
Bestand Hybridfahrzeuge	165 405	8 309	5,02		
Bestand PHEV	20 975 ¹³⁸	972	4,63		
Szenario A: BEV	375 000			17 376	10 846
Szenario A: PHEV	375 000			17 376	10 846
Szenario A: Summe	750 000			34 752	21 692
Szenario B: BEV	250 000			11 584	7 231
Szenario B: PHEV	250 000			11 584	7 231
Szenario B: Summe	500 000			23 168	14 461

Annahmen kursiv

Laut KBA¹³⁹ befanden sich zum 1.1.2016 nur 39 % aller BEV und 78 % aller Hybrid-PKW in privater Hand. Da es sich bei Elektrofahrzeugen von gewerblichen Haltern oftmals um Flottenfahrzeuge handelt, welche über eine eigene Ladeinfrastruktur verfügen und ein nicht verallgemeinerbares Ladeverhalten aufweisen, müssen diese differenziert betrachtet werden.¹⁴⁰ Überdies gestaltet sich die Privatnutzung von E-Firmenfahrzeugen bei nicht vorhandener privater LIS weniger attraktiv. Daher wurde angenommen, dass der Anteil an öffentlichen Ladevorgängen um 85 % geringer gegenüber privat zugelassenen EV ist. Folglich wurde für 61 % aller BEV und 22 % aller PHEV dieser Abschlag berücksichtigt.

Im zweiten Schritt wurden die aktuellen sowie prognostizierten Bestandszahlen für Sachsen auf die Gemeinden verteilt. Da die Anzahl der BEV auf Kreisebene vorliegen, wurden diese anhand der Bevölkerungsanzahl auf die Gemeinden skaliert. Für die zukünftige Verteilung der BEV und PHEV wurde ein Ansatz gewählt, bei welchem der aktuelle PKW-Bestand auf Gemeindeebene mit einem Score für die Wahrscheinlichkeit des Kaufs von Elektrofahrzeugen gewichtet und darüber die Gesamtzahl an Fahrzeugen auf die Gemeinden verteilt wird.

137 Zum 01.01.2017

138 Der Bestand von Plug-in-Hybriden wird vom KBA nicht gesondert ausgewiesen und wurde daher anhand der Neuzulassungen berechnet, Abmeldungen sind nicht berücksichtigt.

139 Vgl. KBA (2016a)

140 Es erfolgt eine anteilige Klassifizierung, ob es sich um ein Leasing oder 1:1-Fahrzeug handelt. Für diese Fahrzeuge kann eine Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur angenommen werden.

Für diesen Score, welcher im Folgenden EV-Score genannt wird, sind mehrere Einflusskriterien eingeflossen, welche durch einen oder mehrere Faktoren abgebildet worden sind (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Einflusskriterien und Faktoren für die Berechnung des EV-Scores

Einflusskriterium	Faktor
Anteil der potenziellen Käufer-schicht	<ul style="list-style-type: none"> - Bevölkerungsstruktur (Anteil der 35- bis 55-Jährigen) - Mittleres monatliches Nettoeinkommen
Affinität zu einem Neuwagenkauf	<ul style="list-style-type: none"> - Neuzulassungen je 1 000 Einwohner - Räumliche Verteilung zugelassener BEV
Möglichkeit zur Errichtung privater LIS	<ul style="list-style-type: none"> - Verhältnis zwischen Wohngebäude und Wohnungen (privates Laden vorrangig bei Hausbesitzern möglich)
Verfügbarkeit öffentlicher LIS, psychologischer Effekt	<ul style="list-style-type: none"> - Mittlere Distanz zur nächsten Normalladeort - Mittlere Distanz zur nächsten Schnellladeort
Positive Effekte großer Automobilkonzerne (Firmenflotte, Corporate Regional Responsibility, Aufbau von LIS u. a.)	<ul style="list-style-type: none"> - Distanz zu Automobilstandorten (Dresden, Zwickau, Leipzig)

Liegt der Wert eines Faktors für die jeweilige Gemeinde mehr als 20 % über/unter dem Durchschnitt, so erhält sie ein Zu- bzw. Abschlag von $\pm 0,1$, wobei als Ausgangswert 1,0 festgelegt wird. Der **EV-Score** reicht folglich von 0,2 – 1,8.

Anhang VIII Wegelänge, -häufigkeit und -zweck

Um Aussagen über die aktuellen und zukünftigen Ladehäufigkeiten treffen zu können, kann die mittlere Länge und Anzahl der zurückgelegten Wege mit PKW verwendet werden. Mit der Kenntnis über den jeweiligen Zweck der Fahrt ist es darüber hinaus möglich, eine Abschätzung der Ladehäufigkeit für bestimmte POI und POS (wie z. B. Einzelhandel oder Restaurant) durchzuführen.

Als Ausgangspunkt diente die mittlere Gesamtfahrleistung eines PKW aus dem Jahr 2015 von 14 074 km basierend auf Angaben des KBA¹⁴¹. Wird diese Gesamtfahrleistung durch die mittlere Wegelänge eines Fahrers des MIV von 14,7 km¹⁴² dividiert, ergibt dies die Summe von 957,4 Wegen pro Jahr und PKW (bzw. 2,6 Wegen pro Tag und PKW).

Als zweiter Schritt wurde der prozentuale Anteil der Wege von MIV-Fahrern nach Wegezweck und -länge basierend auf Angaben des MiD 2008¹⁴³ ermittelt (vgl. Tabelle 25).

Über die Anzahl der Elektrofahrzeuge (vgl. Kapitel 2.2.) kann somit die absolute Anzahl der Wege nach Länge und Zweck angegeben werden.

Tabelle 25: Prozentualer Anteil der Wege eines MIV-Fahrers nach Wegezweck und -länge¹⁴⁴

Wegezweck	Summe	0 - 5 km	5 - 10 km	10 - 25 km	25 - 100 km	> 100 km
Arbeit	21	7,54	3,74	5,75	3,55	0,29
Dienstlich	13	5,55	2,47	2,61	1,81	0,47
Ausbildung	1	0,64	0,16	0,13	0,06	0,00
Einkaufen	22	16,68	2,64	1,83	0,62	0,04
Erledigungen	12	8,15	1,61	1,51	0,56	0,08
Freizeit	22	13,44	3,32	2,88	1,58	0,51
Begleitung	9	6,05	1,40	1,04	0,41	0,06
Summe	100	58,04	15,34	15,76	8,58	1,46

141 Vgl. KBA (2016d)

142 Vgl. Lenz, Barbara et al. (2010)

143 Vgl. s.o.

144 Vgl. Lenz, Barbara et al. (2010)

Anhang IX Räumliche Verteilung der Ladevorgänge

Im ersten Schritt ist die Anzahl der Elektrofahrzeuge einer Gemeinde bestimmt, im zweiten Schritt die Anzahl der Wege pro Fahrzeug nach deren Länge und Zweck berechnet worden. Da jedoch nicht alle Fahrten eines E-PKW aus Gemeinde A innerhalb dieser liegen, sondern abhängig von der Wegelänge in einem bestimmten Radius auch um diese Gemeinde verteilt sind, müssen die Fahrtziele bzw. potenziellen Ladevorgänge räumlich verortet werden. Da eine gleichmäßige Verteilung der Fahrtziele von Gemeinde A auf alle Gemeinden im Umkreis von x km der Realität sehr fern ist, muss die Attraktivität einer Gemeinde hinsichtlich Fahrtziel bzw. Ladestopp ermittelt werden.

Zu diesem Zweck ist ein Maß für das Ladepotenzial jeder Gemeinde hinsichtlich vier Kategorien entwickelt worden. Diese Kategorien referenzieren auf den Wegezweck. Dabei wird für jede Gemeinde der prozentuale Anteil des Ladepotenzials von ganz Sachsen berechnet.

Zwar stellen Arbeit und Dienstlich mit 34 % den häufigsten Wegezweck für MIV-Fahrer dar, doch findet Arbeitgeberladen in der Regel nicht an öffentlicher LIS statt und wird daher in der Studie nicht berücksichtigt.

Die Ladepotenzial-Klassen und die dafür verwendeten Eingangsdaten werden im Folgenden näher beleuchtet. Weitere Angaben zu Urheber und Aktualität des Datensatzes befinden sich im Anhang VI.

1. Freizeit/Tourismus

Mit 22 % zählt Freizeit zu dem zweitwichtigsten Wegezweck von PKW-Fahrern.

Um die Attraktivität einer Gemeinde für diesen Bereich zu bestimmen, werden folgende Kriterien verwendet:

- Anzahl der Dienstleistungs- und Serviceeinrichtungen (z. B. Café, Bahnhof, Arzt) basierend auf der OSM-Kategorie *amenity*,
- Anzahl der touristischen Punkte (z. B. Ferienwohnung, Sehenswürdigkeit, Museum) basierend auf der OSM-Kategorie *tourism*,
- Anzahl der touristischen Übernachtungen pro Jahr,
- mittlere Distanz zum nächsten Ladeort basierend auf Routing-Analyse (vgl. Kapitel 2.2.3).

Für den Wegezweck *Freizeit/Tourismus* ergibt sich am Beispiel der kreisfreien Stadt Dresden mit 4,3 Mio. Übernachtungen im Tourismussektor (24 %), 13 282 POI zum Thema Freizeit (14 %), 1 202 (4 %) POI zum Thema Tourismus und einer mittleren Entfernung zum nächsten Ladeort von 2 km (\emptyset 6,9 km, über alle Ladeorte) ein Ladepotenzial von 12,6 %.

2. Einkaufen

Mit ebenfalls 22 % begründet Einkaufen einen weiteren wichtigen Wegezweck. Um kombinierte Wege zu erfassen, wie das Einkaufen nach der Arbeit oder dem Sport, werden neben der Anzahl an Einzelhandelsstandorten auch die Anzahl der Beschäftigten und die Anzahl an Dienstleistungs- und Serviceeinrichtungen einbezogen. Analog zum Wegezweck Freizeit/Tourismus wird ebenfalls die Erreichbarkeit von LIS als Kriterium aufgenommen:

- Anzahl der Einzelhandelsstandorte basierend auf der OSM-Kategorie *shop*,
- Anzahl der Dienstleistungs- und Serviceeinrichtungen (z. B. Café, Arzt) basierend auf der OSM-Kategorie *amenity*,
- Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten,
- mittlere Distanz zum nächsten Ladeort basierend auf Routing-Analyse (vgl. Kapitel 2.2.3).

3. Unspezifischer Wegezweck

Die verbleibenden Wegezwecke *Ausbildung*, *Erledigungen* und *Begleitung* sind als unspezifische Fahrten zusammengefasst worden. Da der Wegezweck nicht bekannt ist bzw. im Falle von *Ausbildung* mit einem Prozent nicht relevant genug ist, sind die Anzahl der Parkplätze, das Potenzial für Multimodalität und die Erreichbarkeit von LIS als Kriterien herangezogen worden, wobei folgende Daten verwendet werden:

- Anzahl an Parkplätzen basierend auf OSM-Kategorie *amenity = parking*,
- Anzahl der Carsharing-Stationen basierend auf der OSM-Kategorie *amenity = car_sharing*,
- Anzahl der Bahnhöfe basierend auf der OSM-Kategorie *railway = station*,
- Anzahl der Haltepunkte basierend auf der OSM-Kategorie *railway = halt*,
- Anzahl der Haltestellen basierend auf der OSM-Kategorie *railway = tram_stop* oder *highway = bus_stop*,
- mittlere Distanz zum nächsten Ladeort basierend auf Routing-Analyse (vgl. Kapitel 2.2.3).

4. Langstreckenfahrten

Da für alle Fahrten über 100 km Länge ein Bedarf an Schnellladeinfrastruktur angenommen wird, werden für diese knapp 1,5 % aller Fahrten, unabhängig vom Wegezweck, im Durchschnitt zwei Ladestopps angenommen. Um den Bedarf an Schnellladeinfrastruktur auf Langstrecken abschätzen zu können, wird für jede Gemeinde die überregionale Bedeutung aus verkehrsinfrastruktureller Sicht beleuchtet. Folgende Kriterien werden herangezogen:

- Länge der Autobahnen basierend auf der OSM-Kategorie *highway = motorway*,
- Länge der Bundesstraßen basierend auf der OSM-Kategorie *highway = primary* oder *highway = trunk* oder *highway = secondary*,
- Anzahl der Abfahrten an Autobahnen basierend auf der OSM-Kategorie *highway = motorway_link*,

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

- Anzahl der Rastplätze an Autobahnen basierend auf der OSM-Kategorie *highway = services*,
- durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) von PKW multipliziert mit Länge des dazugehörigen Streckenabschnitts.

Neben dem Bedarf durch Langstreckenfahrten wird ein geringer Anteil an Schnellladevorgängen zur Bewältigung von spontanen Kurz- und Mittelstrecken gesehen. Deshalb wurde unabhängig vom Wegezweck sechs Prozent aller Normalladevorgänge dem Schnellladen zugeordnet.

Anhang X Anzahl der Ladevorgänge

Um die Anzahl der Ladevorgänge für jede Gemeinde, unterschieden nach den drei Kategorien der Wegezwecke (Freizeit/Tourismus, Einkaufen, unspezifischer Wegezweck) sowie Langstreckenfahrten, abschätzen zu können, ist zuerst die Anzahl der Ladevorgänge pro Elektrofahrzeug für jede Wegelänge bestimmt worden.

Ausgehend von 0,43 Ladevorgängen¹⁴⁵ pro Tag an öffentlicher, halböffentlicher und Hersteller-LIS ist für jede Wegelänge die Anzahl an Ladevorgängen pro Weg annäherungsweise festgelegt worden (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 26: Angenommene Anzahl an Ladevorgängen pro Weg abhängig von dessen Länge

Wegelänge	Wegehäufigkeit in %	Wege pro Jahr	Ladevorgänge pro Weg	Ladevorgänge pro Jahr
0 - 5 km	58,0	555,7	0,05	27,8
5 - 10 km	15,3	146,9	0,2	29,4
10 - 25 km	15,8	150,9	0,4	60,4
25 - 100 km	8,6	82,1	0,6	49,3
> 100 km	1,5	14,0	2	21,0

Die Anzahl der Ladevorgänge pro PKW und Jahr ergeben sich somit aus dem prozentualen Anteil der Wegehäufigkeit (vgl. Tabelle 25) multipliziert mit der Summe der Wege pro Jahr (957,4) und den Ladevorgängen pro Weg. Über die Anzahl der Elektrofahrzeuge pro Gemeinde kann die Summe der potenziellen Ladevorgänge bestimmt werden. Die Verteilung der Wegezwecke musste aufgrund der Datenlage für alle Gemeinden gleich angenommen werden.

Das Ladeverhalten von PHEV-Fahrern wird für Normalladevorgänge identisch zu dem von BEV gesehen, da zwar Ladevorgänge aufgrund der Bauweise nicht zwingend notwendig sind, aber insbesondere durch häufiges Laden höhere Fahrtanteile im Elektrobetrieb bewältigt werden können.

Da der wesentliche Vorteil von PHEV darin besteht, dass Ladestopps auf Langstreckenfahrten nicht notwendig sind und derzeit nur ein Modell schnellladefähig ist, werden für PHEV keine Schnellladevorgänge angenommen.

Normalladen

Es wird die Anzahl der Ladevorgänge an öffentlicher LIS aus Elektrofahrzeugen, Wegen und Ladehäufigkeiten für jede Gemeinde ermittelt. Dies ist nur eine hypothetische Größe, da die Ladevorgänge nicht in der Gemeinde erfolgen müssen. Demgemäß muss die räumliche Verteilung der tatsächlich durchgeführten Normalladevorgänge ausgehend von möglichen Zielen und zugehörigen Wegstrecken berechnet werden.

¹⁴⁵ Vgl. Vogt, M., Fels, K. (2017)

Insofern wird für die Startgemeinde A, in Abhängigkeit von der Wegelänge, die Anzahl der Normalladevorgänge auf die eigene Gemeinde und die im Umkreis (mit dem Radius) liegenden verteilt, wobei die Gewichtung auf dem Ladepotenzial der Zielgemeinde basiert. Somit ziehen Gemeinden mit vielen Arbeitsplätzen, POI und POS deutlich mehr Ladevorgänge, auch der umliegenden Gemeinden, auf sich, als es sich aus der Anzahl der jeweils in der Gemeinde zugelassen Elektrofahrzeuge ergeben würde.

Schnellladen

Für die Prognose des Schnellladeverhaltens bei Langstreckenfahrten ist der Anteil der Fahrten > 100 km basierend auf den Daten in Tabelle 25, unabhängig vom Fahrtzweck, summiert. Als mittlere Wegelänge werden aufgrund des Durchgangsverkehrs in Sachsen und der Straßennetzlänge 200 km angenommen. Zur Abbildung von Schnellladevorgängen zur Reichweitengewinnung bei spontanen Fahrten werden 5 % des Destination Chargings an Normalladeinfrastruktur als Schnellladevorgänge umgewidmet.

Für die räumliche Verteilung auf alle Gemeinden in Sachsen kommt die bei der Darlegung für Normalladen beschriebene Methodik der Ladepotenziale der Gemeinden im Umfeld zur Anwendung. Es kann eine Zuordnung erfolgen und die Gesamtmenge der Ladevorgänge aufgeteilt werden.

Anhang XI Methodik und Ergebnisse der Clusteranalyse

Um ähnliche Strukturen zwischen den Gemeinden und Städten in Sachsen hinsichtlich ihres Ladebedarfs zu identifizieren, ist eine Clusteranalyse mittels k-Means in R mit folgenden Variablen durchgeführt worden:

- Anzahl der Einwohner,
- Verkehrsmenge (DTV)*Länge des Streckenabschnitts,
- Anzahl der touristisch relevanten POI pro km²,
- Anzahl der Normalladevorgänge pro Tag im Szenario A1,
- Anzahl der Schnellladevorgänge pro Tag im Szenario A1,
- mittlere Entfernung zum nächsten Ladeort zum Ist-Stand.

Da die Eingangsdaten unterschiedliche Skalenniveaus aufweisen, sind diese z-transformiert und im Anschluss die Anzahl an Clustern basierend auf den Ergebnissen des Scree-Plots auf sechs festgelegt worden. Abbildung 33 visualisiert das Ergebnis der Clusterung. Gruppe 1 mit den drei Großstädten hebt sich deutlich von den anderen Clustern ab, welche geringere Abstände untereinander und teilweise Überschneidungen aufweisen.

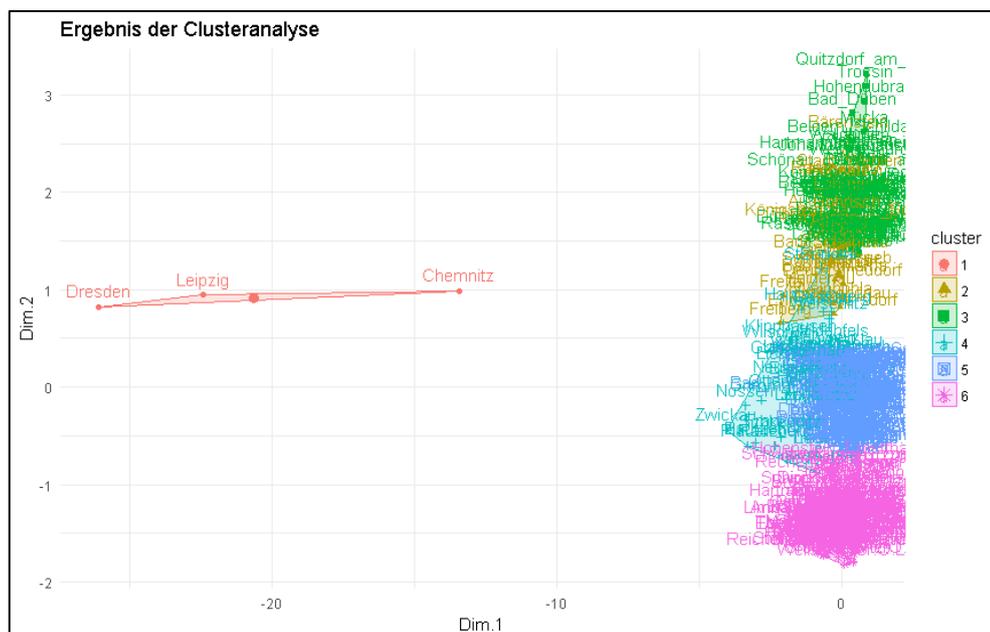


Abbildung 33: Ergebnisse der Clusteranalyse

Nach der Zuordnung der Cluster wurden die Mittelwerte der verwendeten Variablen berechnet, um die gefundenen Gruppen beschreiben zu können (vgl. Tabelle 27).

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Tabelle 27: Mittelwerte der Variablen für jedes Cluster (basierend auf nicht-transformierten Eingangswerten)

Cluster	Einwohner	DTV*Strassenlänge in Mio Fahrzeug-km	POI Tourismus /km ²	Normalladevorgänge pro Tag, Szenario A1	Schnellladevorgänge pro Tag, Szenario A1	Derzeitige Erreichbarkeit von LIS in km
1	450 981	2 595,7	2,63	519,6	75,5	2,1
2	6 792	84,8	7,87	12,0	1,2	4,7
3	3 456	59,9	0,94	4,1	0,8	12,6
4	12 312	699,6	0,97	16,3	6,9	6,2
5	3 858	62,6	0,64	5,3	0,8	7,3
6	9 549	139,7	1,62	12,8	1,9	3,5

Anhang XII Simulationsergebnisse Normalladebedarf der Gemeinden

Tabelle 28 gibt einen Überblick über die Anzahl der berechneten Normalladevorgänge für jede Gemeinde und kreisfreie Stadt in Sachsen.

Tabelle 28: Normalladevorgänge in Sachsen nach Gemeinden

Name Gemeinde / kreisfreie Stadt	Normalladevorgänge pro Tag					
	Ist- Stand (be- rech- net)	A1	A2	B1	B2	C
Adorf/Vogtl.	0,29	5,10	3,40	3,18	2,12	19,88
Altenberg	1,06	18,88	12,59	11,79	7,86	73,66
Altmittweida	0,24	4,32	2,88	2,70	1,80	16,86
Amtsberg	0,33	5,85	3,90	3,65	2,43	22,82
Annaberg-Buchholz	1,30	23,16	15,44	14,46	9,64	90,35
Arnsdorf	0,64	11,34	7,56	7,08	4,72	44,26
Arzberg	0,11	2,01	1,34	1,26	0,84	7,85
Aue	1,23	21,85	14,57	13,64	9,09	85,24
Auerbach	0,16	2,89	1,93	1,81	1,20	11,29
Auerbach/Vogtl.	0,87	15,49	10,33	9,67	6,45	60,44
Augustusburg	0,64	11,33	7,56	7,08	4,72	44,22
Bad Brambach	0,13	2,33	1,55	1,45	0,97	9,09
Bad Dübener	0,64	11,36	7,58	7,09	4,73	44,33
Bad Elster	0,42	7,47	4,98	4,66	3,11	29,15
Bad Gottscheuba-Begleitshübel	0,60	10,64	7,10	6,64	4,43	41,52
Bad Lausick	0,97	17,24	11,49	10,76	7,17	67,25
Bad Muskau	0,21	3,76	2,51	2,35	1,56	14,67
Bad Schandau	0,67	11,86	7,91	7,40	4,94	46,27
Bad Schlema	0,47	8,38	5,58	5,23	3,49	32,68
Bahretal	0,14	2,41	1,60	1,50	1,00	9,39
Bannewitz	0,69	12,33	8,22	7,70	5,13	48,10
Bärenstein	0,12	2,19	1,46	1,37	0,91	8,55
Bautzen	2,46	43,85	29,23	27,37	18,25	171,08
Beiersdorf	0,11	1,99	1,33	1,24	0,83	7,78
Beilrode	0,28	4,90	3,27	3,06	2,04	19,13
Belgern-Schildau	0,49	8,75	5,83	5,46	3,64	34,14
Belgershain	0,26	4,65	3,10	2,90	1,94	18,15
Bennewitz	0,73	13,01	8,68	8,12	5,42	50,77
Bergen	0,08	1,44	0,96	0,90	0,60	5,63
Bernsdorf	0,48	8,61	5,74	5,37	3,58	33,58
Bernsdorf	0,17	2,95	1,97	1,84	1,23	11,52
Bernstadt a.d. Eigen	0,22	3,99	2,66	2,49	1,66	15,58
Bertsdorf-Hörnitz	0,11	1,96	1,31	1,22	0,82	7,65
Bischofswerda	0,66	11,71	7,81	7,31	4,87	45,69

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Bobritzsch-Hilbersdorf	0,49	8,70	5,80	5,43	3,62	33,94
Bockau	0,11	1,99	1,33	1,24	0,83	7,77
Böhlen	0,62	11,06	7,38	6,91	4,60	43,16
Borna	1,33	23,70	15,80	14,79	9,86	92,46
Börnichen/Erzgeb.	0,19	3,35	2,23	2,09	1,39	13,05
Borsdorf	0,80	14,21	9,47	8,87	5,91	55,45
Bösenbrunn	0,09	1,53	1,02	0,95	0,64	5,96
Boxberg/O.L.	0,34	6,07	4,05	3,79	2,53	23,68
Brand-Erbisdorf	0,99	17,55	11,70	10,95	7,30	68,46
Brandis	0,85	15,06	10,04	9,40	6,27	58,75
Breitenbrunn/Erzgeb.	0,53	9,37	6,24	5,85	3,90	36,54
Brettnig-Hauswalde	0,23	4,11	2,74	2,57	1,71	16,04
Burgstädt	0,82	14,60	9,73	9,11	6,07	56,95
Burkau	0,14	2,45	1,64	1,53	1,02	9,58
Burkhardtsdorf	0,60	10,65	7,10	6,65	4,43	41,54
Callenberg	0,41	7,38	4,92	4,61	3,07	28,80
Cavertitz	0,20	3,61	2,41	2,25	1,50	14,08
Chemnitz	16,51	293,74	195,83	183,35	122,24	1145,9 8
Claußnitz	0,39	6,92	4,62	4,32	2,88	27,01
Colditz	0,67	11,95	7,97	7,46	4,97	46,62
Coswig	1,24	22,06	14,71	13,77	9,18	86,07
Crimmitschau	1,19	21,14	14,09	13,20	8,80	82,48
Crinitzberg	0,19	3,30	2,20	2,06	1,37	12,87
Crostwitz	0,07	1,23	0,82	0,77	0,51	4,79
Crottendorf	0,20	3,57	2,38	2,23	1,49	13,94
Cunewalde	0,53	9,37	6,25	5,85	3,90	36,56
Dahlen	0,50	8,85	5,90	5,53	3,68	34,53
Delitzsch	1,53	27,27	18,18	17,02	11,35	106,38
Demitz-Thumitz	0,16	2,77	1,85	1,73	1,15	10,81
Dennheritz	0,29	5,09	3,39	3,18	2,12	19,86
Deutschneudorf	0,13	2,30	1,53	1,43	0,96	8,96
Diera-Zehren	0,36	6,40	4,26	3,99	2,66	24,96
Dippoldiswalde	1,70	30,24	20,16	18,88	12,58	117,98
Döbeln	1,49	26,49	17,66	16,54	11,02	103,36
Doberschau-Gaußig	0,24	4,33	2,89	2,70	1,80	16,90
Doberschütz	0,35	6,23	4,15	3,89	2,59	24,31
Dohma	0,13	2,25	1,50	1,40	0,93	8,76
Dohna	0,64	11,30	7,54	7,06	4,70	44,10
Dommitzsch	0,12	2,12	1,41	1,32	0,88	8,26
Dorfchemnitz	0,10	1,82	1,21	1,14	0,76	7,11
Dorfhain	0,12	2,16	1,44	1,35	0,90	8,42
Drebach	0,48	8,51	5,67	5,31	3,54	33,18
Dreiheide	0,18	3,26	2,18	2,04	1,36	12,74
Dresden	36,24	644,93	429,96	402,56	268,39	2516,1 1

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Dürrhennersdorf	0,11	1,88	1,25	1,17	0,78	7,32
Dürrröhrsdorf- Dittersbach	0,26	4,61	3,07	2,88	1,92	17,99
Ebersbach	0,34	6,12	4,08	3,82	2,55	23,89
Ebersbach-Neugersdorf	0,62	11,05	7,37	6,90	4,60	43,10
Ehrenfriedersdorf	0,49	8,74	5,82	5,45	3,64	34,09
Eibenstock	0,52	9,31	6,21	5,81	3,88	36,34
Eichigt	0,06	1,14	0,76	0,71	0,47	4,44
Eilenburg	0,92	16,40	10,93	10,24	6,82	63,98
Ellefeld	0,25	4,45	2,96	2,78	1,85	17,34
Elsnig	0,12	2,20	1,47	1,37	0,92	8,59
Elsterberg	0,23	4,16	2,78	2,60	1,73	16,24
Elsterheide	0,35	6,27	4,18	3,91	2,61	24,44
Elstertrebnitz	0,07	1,29	0,86	0,80	0,54	5,03
Elstra	0,21	3,75	2,50	2,34	1,56	14,62
Elterlein	0,25	4,47	2,98	2,79	1,86	17,42
Eppendorf	0,23	4,04	2,69	2,52	1,68	15,74
Erlau	0,36	6,32	4,22	3,95	2,63	24,67
Falkenstein/Vogtl.	0,56	9,98	6,65	6,23	4,15	38,94
Flöha	1,31	23,35	15,57	14,58	9,72	91,11
Frankenberg/Sa.	1,17	20,82	13,88	13,00	8,66	81,23
Frankenthal	0,15	2,61	1,74	1,63	1,08	10,16
Frauenstein	0,24	4,27	2,84	2,66	1,78	16,65
Fraureuth	0,33	5,94	3,96	3,71	2,47	23,17
Freiberg	3,76	66,90	44,60	41,76	27,84	261,00
Freital	3,45	61,33	40,88	38,28	25,52	239,25
Frohburg	0,64	11,37	7,58	7,10	4,73	44,36
Gablenz	0,13	2,35	1,57	1,47	0,98	9,16
Geithain	0,52	9,21	6,14	5,75	3,83	35,92
Gelenau/Erzgeb.	0,26	4,57	3,05	2,85	1,90	17,83
Geringswalde	0,39	6,89	4,59	4,30	2,87	26,87
Gersdorf	0,19	3,37	2,25	2,10	1,40	13,14
Geyer	0,33	5,92	3,95	3,70	2,47	23,11
Glashütte	0,61	10,78	7,19	6,73	4,49	42,06
Glaubitz	0,26	4,58	3,05	2,86	1,91	17,87
Glauchau	1,72	30,56	20,37	19,08	12,72	119,22
Göda	0,23	4,05	2,70	2,53	1,69	15,80
Gohrisch	0,25	4,48	2,99	2,80	1,86	17,48
Görlitz	2,05	36,55	24,37	22,81	15,21	142,59
Gornau/Erzgeb.	0,34	6,09	4,06	3,80	2,53	23,76
Gornsdorf	0,18	3,23	2,16	2,02	1,35	12,61
Grimma	2,21	39,27	26,18	24,51	16,34	153,22
Gröditz	0,28	5,07	3,38	3,16	2,11	19,77
Groitzsch	0,40	7,15	4,77	4,46	2,98	27,90
Groß Düben	0,10	1,73	1,15	1,08	0,72	6,75
Großdubrau	0,26	4,69	3,13	2,93	1,95	18,30

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Großenhain	1,19	21,20	14,13	13,23	8,82	82,70
Großharthau	0,25	4,44	2,96	2,77	1,85	17,33
Großhartmannsdorf	0,23	4,02	2,68	2,51	1,67	15,67
Großnaundorf	0,11	2,01	1,34	1,26	0,84	7,85
Großolbersdorf	0,26	4,68	3,12	2,92	1,95	18,25
Großpösna	0,69	12,23	8,16	7,64	5,09	47,73
Großpostwitz/O.L.	0,34	6,04	4,02	3,77	2,51	23,55
Großröhrsdorf	0,47	8,41	5,61	5,25	3,50	32,82
Großrückerswalde	0,20	3,51	2,34	2,19	1,46	13,70
Großschirma	0,48	8,59	5,73	5,36	3,57	33,51
Großschönau	0,42	7,43	4,95	4,64	3,09	28,97
Großschweidnitz	0,16	2,89	1,93	1,81	1,20	11,29
Großweitzschen	0,28	4,91	3,28	3,07	2,04	19,17
Grünbach	0,19	3,42	2,28	2,13	1,42	13,34
Grünhain-Beierfeld	0,38	6,75	4,50	4,22	2,81	26,35
Grünhainichen	0,38	6,72	4,48	4,19	2,80	26,20
Hähnichen	0,11	1,90	1,27	1,19	0,79	7,42
Hainewalde	0,13	2,39	1,59	1,49	0,99	9,31
Hainichen	0,66	11,67	7,78	7,28	4,86	45,52
Halsbrücke	0,54	9,54	6,36	5,95	3,97	37,22
Hartenstein	0,43	7,73	5,16	4,83	3,22	30,17
Hartha	0,43	7,62	5,08	4,76	3,17	29,75
Hartmannsdorf	0,60	10,65	7,10	6,65	4,43	41,55
Hartmannsdorf-Reichenau	0,10	1,82	1,21	1,14	0,76	7,10
Hartmannsdorf b. Kirchberg	0,20	3,56	2,37	2,22	1,48	13,89
Haselbachtal	0,27	4,78	3,19	2,98	1,99	18,65
Heidenau	1,17	20,82	13,88	13,00	8,66	81,23
Heidersdorf	0,10	1,77	1,18	1,11	0,74	6,91
Heinsdorfergrund	0,43	7,65	5,10	4,77	3,18	29,83
Hermsdorf/Erzgeb.	0,11	2,02	1,34	1,26	0,84	7,87
Herrnhut	0,36	6,41	4,28	4,00	2,67	25,02
Hirschfeld	0,28	4,93	3,29	3,08	2,05	19,24
Hirschstein	0,18	3,23	2,15	2,02	1,34	12,60
Hochkirch	0,18	3,22	2,15	2,01	1,34	12,57
Hohendubrau	0,09	1,66	1,11	1,04	0,69	6,49
Hohenstein-Ernstthal	1,13	20,19	13,46	12,60	8,40	78,76
Hohndorf	0,28	4,90	3,26	3,06	2,04	19,10
Hohnstein	0,45	7,93	5,29	4,95	3,30	30,95
Horka	0,11	2,04	1,36	1,27	0,85	7,94
Hoyerswerda	1,82	32,36	21,57	20,20	13,47	126,24
Jahnsdorf/Erzgeb.	0,33	5,82	3,88	3,63	2,42	22,72
Jesewitz	0,29	5,21	3,48	3,25	2,17	20,34
Johanngeorgenstadt	0,22	3,95	2,63	2,46	1,64	15,41
Jöhstadt	0,31	5,47	3,64	3,41	2,28	21,33
Jonsdorf	0,30	5,30	3,53	3,31	2,20	20,67
Käbschütztal	0,21	3,70	2,47	2,31	1,54	14,44

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Kamenz	1,09	19,41	12,94	12,12	8,08	75,74
Kirchberg	0,49	8,66	5,77	5,40	3,60	33,77
Kitzsch	0,42	7,54	5,03	4,71	3,14	29,43
Klingenberg	0,62	10,97	7,32	6,85	4,57	42,82
Klingenthal	0,54	9,66	6,44	6,03	4,02	37,67
Klipphausen	0,90	15,99	10,66	9,98	6,65	62,39
Kodersdorf	0,16	2,93	1,95	1,83	1,22	11,43
Kohren-Sahlis	0,21	3,72	2,48	2,32	1,55	14,53
Königsbrück	0,35	6,31	4,21	3,94	2,63	24,63
Königsfeld	0,18	3,29	2,19	2,05	1,37	12,82
Königshain	0,10	1,80	1,20	1,12	0,75	7,01
Königshain-Wiederau	0,11	1,88	1,26	1,18	0,78	7,35
Königstein/Sächs. Schw.	0,38	6,69	4,46	4,17	2,78	26,08
Königswalde	0,11	1,89	1,26	1,18	0,79	7,36
Königswartha	0,27	4,76	3,17	2,97	1,98	18,56
Kottmar	0,41	7,36	4,90	4,59	3,06	28,70
Krauschwitz	0,15	2,70	1,80	1,68	1,12	10,53
Kreba-Neudorf	0,05	0,83	0,55	0,52	0,35	3,24
Kreischa	1,09	19,33	12,89	12,07	8,04	75,41
Kriebstein	0,27	4,85	3,23	3,02	2,02	18,90
Krostitz	0,36	6,49	4,33	4,05	2,70	25,32
Kubschütz	0,20	3,50	2,33	2,18	1,45	13,64
Lampertswalde	0,21	3,82	2,55	2,39	1,59	14,92
Langenbernsdorf	0,21	3,77	2,52	2,35	1,57	14,72
Langenweißbach	0,24	4,29	2,86	2,68	1,79	16,74
Laußig	0,28	4,89	3,26	3,05	2,04	19,09
Laußnitz	0,22	3,96	2,64	2,47	1,65	15,46
Lauta	0,36	6,39	4,26	3,99	2,66	24,93
Lauter-Bernsbach	0,53	9,48	6,32	5,92	3,95	37,00
Lawalde	0,13	2,24	1,50	1,40	0,93	8,76
Leipzig	34,85	620,08	413,39	387,05	258,05	2419,1 5
Leisnig	0,71	12,55	8,37	7,84	5,22	48,98
Lengenfeld	0,44	7,91	5,28	4,94	3,29	30,87
Leubsdorf	0,22	3,98	2,65	2,48	1,65	15,51
Leutersdorf	0,25	4,45	2,97	2,78	1,85	17,38
Lichtenau	0,72	12,82	8,55	8,00	5,34	50,02
Lichtenberg	0,17	3,11	2,07	1,94	1,29	12,12
Lichtenberg/Erzgeb.	0,21	3,73	2,48	2,33	1,55	14,54
Lichtenstein/Sa.	0,72	12,85	8,56	8,02	5,35	50,11
Lichtentanne	0,68	12,07	8,05	7,54	5,02	47,11
Liebschützberg	0,25	4,49	2,99	2,80	1,87	17,53
Liebstdt	0,13	2,26	1,50	1,41	0,94	8,80
Limbach	0,17	2,99	1,99	1,87	1,24	11,67
Limbach-Oberfrohna	1,77	31,49	20,99	19,65	13,10	122,85
Löbau	0,78	13,90	9,27	8,68	5,78	54,22

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Löbnitz	0,16	2,85	1,90	1,78	1,19	11,14
Lohmen	0,33	5,80	3,87	3,62	2,41	22,62
Lohsa	0,34	6,11	4,07	3,81	2,54	23,84
Lommatzsch	0,44	7,84	5,22	4,89	3,26	30,57
Lossatal	0,53	9,38	6,25	5,86	3,90	36,60
Lößnitz	0,50	8,82	5,88	5,50	3,67	34,40
Lugau/Erzgeb.	0,57	10,15	6,77	6,34	4,23	39,62
Lunzenau	0,32	5,66	3,77	3,53	2,36	22,08
Machern	0,58	10,25	6,83	6,40	4,27	39,99
Malschwitz	0,30	5,32	3,55	3,32	2,21	20,75
Marienberg	1,06	18,83	12,56	11,76	7,84	73,47
Markersdorf	0,27	4,86	3,24	3,03	2,02	18,97
Markkleeberg	2,28	40,60	27,07	25,34	16,89	158,39
Markneukirchen	0,33	5,81	3,88	3,63	2,42	22,68
Markranstädt	1,08	19,28	12,85	12,03	8,02	75,20
Meerane	0,96	17,06	11,37	10,65	7,10	66,54
Meißen	2,06	36,73	24,49	22,93	15,29	143,32
Mildenaue	0,18	3,19	2,13	1,99	1,33	12,46
Mittelherwigsdorf	0,23	4,14	2,76	2,58	1,72	16,13
Mittweida	1,01	17,89	11,92	11,16	7,44	69,78
Mockrehna	0,41	7,30	4,87	4,56	3,04	28,49
Moritzburg	1,29	23,01	15,34	14,36	9,57	89,75
Mücka	0,09	1,63	1,09	1,02	0,68	6,38
Mügeln	0,74	13,25	8,83	8,27	5,51	51,69
Müglitztal	0,26	4,68	3,12	2,92	1,95	18,24
Mühlau	0,26	4,64	3,09	2,90	1,93	18,09
Mühlental	0,08	1,39	0,93	0,87	0,58	5,44
Mulda/Sa.	0,23	4,12	2,75	2,57	1,72	16,08
Muldenhammer	0,28	5,02	3,35	3,14	2,09	19,60
Mülsen	0,52	9,26	6,17	5,78	3,85	36,11
Narsdorf	0,15	2,64	1,76	1,65	1,10	10,31
Naundorf	0,25	4,47	2,98	2,79	1,86	17,46
Naunhof	0,62	11,00	7,33	6,86	4,58	42,90
Nebelschütz	0,14	2,49	1,66	1,56	1,04	9,73
Neißeau	0,09	1,66	1,11	1,04	0,69	6,49
Neschwitz	0,15	2,63	1,76	1,64	1,10	10,27
Netzschkau	0,25	4,42	2,94	2,76	1,84	17,23
Neuensalz	0,20	3,60	2,40	2,25	1,50	14,03
Neuhausen/Erzgeb.	0,23	4,02	2,68	2,51	1,67	15,69
Neukieritzsch	0,50	8,95	5,97	5,59	3,72	34,92
Neukirch	0,14	2,42	1,61	1,51	1,01	9,43
Neukirch/Lausitz	0,39	6,95	4,63	4,34	2,89	27,11
Neukirchen/Erzgeb.	0,56	9,90	6,60	6,18	4,12	38,62
Neukirchen/Pleiße	0,53	9,41	6,27	5,87	3,91	36,70
Neumark	0,32	5,62	3,75	3,51	2,34	21,93
Neusalza-Spremberg	0,31	5,49	3,66	3,43	2,29	21,44

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Neustadt i. Sa.	0,80	14,23	9,49	8,88	5,92	55,51
Neustadt/Vogtl.	0,15	2,75	1,83	1,71	1,14	10,72
Niederau	0,45	8,09	5,40	5,05	3,37	31,57
Niederdorf	0,64	11,43	7,62	7,14	4,76	44,61
Niederfrohna	0,26	4,62	3,08	2,88	1,92	18,03
Niederwiesa	0,48	8,50	5,66	5,30	3,54	33,15
Niederwürschnitz	0,49	8,80	5,87	5,50	3,66	34,35
Niesky	0,35	6,17	4,11	3,85	2,57	24,05
Nossen	1,00	17,74	11,83	11,07	7,38	69,22
Nünchritz	0,51	9,05	6,03	5,65	3,76	35,29
Obergurig	0,17	2,99	1,99	1,87	1,25	11,67
Oberlungwitz	0,38	6,75	4,50	4,21	2,81	26,34
Oberschöna	0,31	5,59	3,73	3,49	2,33	21,82
Oberwiera	0,11	1,91	1,27	1,19	0,80	7,46
Oberwiesenthal	0,52	9,20	6,13	5,74	3,83	35,88
Oderwitz	0,26	4,65	3,10	2,90	1,94	18,14
Oederan	0,61	10,79	7,19	6,74	4,49	42,10
Oelsnitz/Erzgeb.	1,02	18,12	12,08	11,31	7,54	70,69
Oelsnitz/Vogtl.	0,64	11,41	7,60	7,12	4,75	44,50
Ohorn	0,26	4,58	3,05	2,86	1,91	17,88
Olbernhau	0,70	12,41	8,27	7,75	5,16	48,42
Olbersdorf	0,28	5,01	3,34	3,13	2,09	19,56
Oppach	0,19	3,32	2,21	2,07	1,38	12,93
Oschatz	1,27	22,52	15,02	14,06	9,37	87,88
Oßling	0,17	3,11	2,07	1,94	1,29	12,12
Ostrau	0,29	5,14	3,43	3,21	2,14	20,06
Ostritz	0,10	1,78	1,19	1,11	0,74	6,94
Ottendorf-Okrilla	0,95	16,98	11,32	10,60	7,07	66,26
Otterwisch	0,18	3,15	2,10	1,96	1,31	12,28
Oybin	0,24	4,21	2,81	2,63	1,75	16,43
Panschwitz-Kuckau	0,15	2,67	1,78	1,66	1,11	10,40
Parthenstein	0,29	5,21	3,47	3,25	2,17	20,32
Pausa-Mühltroff	0,24	4,30	2,87	2,69	1,79	16,79
Pegau	0,29	5,09	3,39	3,17	2,12	19,84
Penig	0,43	7,57	5,05	4,72	3,15	29,53
Pfaffroda	0,16	2,88	1,92	1,80	1,20	11,23
Pirna	2,18	38,76	25,84	24,20	16,13	151,24
Plauen	2,94	52,24	34,82	32,61	21,74	203,79
Pockau-Lengefeld	0,66	11,69	7,79	7,30	4,86	45,60
Pöhl	0,35	6,32	4,21	3,94	2,63	24,64
Priestewitz	0,26	4,71	3,14	2,94	1,96	18,36
Pulsnitz	0,82	14,60	9,73	9,11	6,08	56,96
Puschwitz	0,07	1,18	0,78	0,73	0,49	4,59
Quitzdorf am See	0,11	2,04	1,36	1,27	0,85	7,95
Rabenau	0,65	11,55	7,70	7,21	4,80	45,04
Räckelwitz	0,08	1,43	0,95	0,89	0,59	5,57

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Rackwitz	0,56	9,98	6,65	6,23	4,15	38,93
Radeberg	1,26	22,49	14,99	14,04	9,36	87,72
Radebeul	2,96	52,62	35,08	32,84	21,90	205,28
Radeburg	0,80	14,28	9,52	8,91	5,94	55,70
Radibor	0,14	2,48	1,66	1,55	1,03	9,69
Ralbitz-Rosenthal	0,12	2,08	1,39	1,30	0,87	8,12
Rammenau	0,24	4,34	2,89	2,71	1,81	16,92
Raschau-Markersbach	0,31	5,45	3,63	3,40	2,27	21,26
Rathen	0,33	5,88	3,92	3,67	2,45	22,93
Rathmannsdorf	0,16	2,85	1,90	1,78	1,19	11,12
Rechenberg-Bienenmühle	0,35	6,21	4,14	3,88	2,58	24,23
Regis-Breitingen	0,23	4,08	2,72	2,55	1,70	15,93
Reichenbach im Vogtland	0,84	14,94	9,96	9,33	6,22	58,29
Reichenbach/O.L.	0,28	4,97	3,31	3,10	2,07	19,37
Reinhardtsdorf-Schöna	0,14	2,48	1,66	1,55	1,03	9,69
Reinsberg	0,20	3,61	2,41	2,26	1,50	14,10
Reinsdorf	0,54	9,55	6,37	5,96	3,98	37,28
Remse	0,24	4,18	2,79	2,61	1,74	16,32
Reuth	0,08	1,50	1,00	0,93	0,62	5,84
Riesa	1,91	33,94	22,63	21,19	14,12	132,42
Rietschen	0,15	2,72	1,81	1,70	1,13	10,60
Rochlitz	0,67	11,88	7,92	7,41	4,94	46,33
Röderaue	0,15	2,60	1,74	1,62	1,08	10,15
Rodewisch	0,60	10,65	7,10	6,65	4,43	41,54
Rosenbach	0,09	1,69	1,12	1,05	0,70	6,58
Rosenbach/Vogtl.	0,31	5,53	3,69	3,45	2,30	21,57
Rosenthal-Bielatal	0,17	3,02	2,02	1,89	1,26	11,79
Rossau	0,30	5,32	3,55	3,32	2,22	20,77
Roßwein	0,55	9,81	6,54	6,12	4,08	38,26
Rötha	0,37	6,58	4,39	4,11	2,74	25,67
Rothenburg/O.L.	0,25	4,54	3,02	2,83	1,89	17,70
Sayda	0,29	5,19	3,46	3,24	2,16	20,26
Scheibenberg	0,11	2,04	1,36	1,27	0,85	7,96
Schirgiswalde-Kirschau	0,44	7,89	5,26	4,92	3,28	30,76
Schkeuditz	1,69	30,12	20,08	18,80	12,53	117,49
Schleife	0,14	2,45	1,64	1,53	1,02	9,57
Schlettau	0,17	2,97	1,98	1,85	1,24	11,58
Schmölln-Putzkau	0,21	3,81	2,54	2,38	1,58	14,85
Schneeberg	0,79	14,04	9,36	8,76	5,84	54,78
Schönau-Berzdorf a.d. Eigen	0,08	1,45	0,96	0,90	0,60	5,65
Schönbach	0,10	1,81	1,20	1,13	0,75	7,05
Schönberg	0,10	1,82	1,21	1,14	0,76	7,10
Schöneck/Vogtl.	0,46	8,27	5,52	5,16	3,44	32,28
Schönfeld	0,18	3,22	2,15	2,01	1,34	12,57
Schönheide	0,32	5,65	3,77	3,53	2,35	22,06
Schönteichen	0,20	3,56	2,37	2,22	1,48	13,87

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Schönwölkau	0,18	3,26	2,17	2,03	1,35	12,70
Schöpstal	0,18	3,29	2,19	2,05	1,37	12,82
Schwarzenberg/Erzgeb.	1,05	18,62	12,41	11,62	7,75	72,64
Schwepnitz	0,18	3,28	2,18	2,05	1,36	12,79
Sebnitz	0,84	14,90	9,93	9,30	6,20	58,13
Seelitz	0,19	3,41	2,27	2,13	1,42	13,30
Sehmatal	0,45	7,97	5,31	4,97	3,32	31,08
Seiffen/Erzgeb.	0,25	4,46	2,98	2,79	1,86	17,41
Seiffhennersdorf	0,20	3,60	2,40	2,25	1,50	14,05
Sohland a.d. Spree	0,41	7,26	4,84	4,53	3,02	28,34
Spreeetal	0,14	2,43	1,62	1,52	1,01	9,47
St. Egidien	0,44	7,84	5,23	4,89	3,26	30,59
Stadt Wehlen	0,26	4,70	3,14	2,94	1,96	18,35
Stauchitz	0,32	5,63	3,75	3,51	2,34	21,96
Steina	0,19	3,38	2,25	2,11	1,41	13,18
Steinberg	0,28	4,95	3,30	3,09	2,06	19,32
Steinigtwolmsdorf	0,14	2,44	1,63	1,52	1,02	9,52
Stollberg/Erzgeb.	1,21	21,52	14,35	13,43	8,95	83,95
Stolpen	0,49	8,76	5,84	5,47	3,65	34,18
Strehla	0,23	4,07	2,71	2,54	1,69	15,88
Striegistal	0,42	7,51	5,01	4,69	3,13	29,31
Struppen	0,24	4,21	2,80	2,63	1,75	16,41
Stützensgrün	0,31	5,59	3,73	3,49	2,33	21,81
Tannenberg	0,10	1,70	1,13	1,06	0,71	6,63
Taucha	1,14	20,22	13,48	12,62	8,42	78,90
Taura	0,20	3,51	2,34	2,19	1,46	13,71
Thalheim/Erzgeb.	0,80	14,23	9,49	8,88	5,92	55,52
Thallwitz	0,34	5,99	3,99	3,74	2,49	23,37
Tharandt	0,70	12,50	8,34	7,80	5,20	48,78
Thermalbad Wiesenbad	0,48	8,51	5,67	5,31	3,54	33,18
Theuma	0,12	2,22	1,48	1,39	0,92	8,67
Thiendorf	0,22	3,86	2,58	2,41	1,61	15,07
Thum	0,36	6,39	4,26	3,99	2,66	24,93
Tirpersdorf	0,13	2,34	1,56	1,46	0,97	9,13
Torgau	1,25	22,19	14,80	13,85	9,24	86,59
Trebendorf	0,05	0,98	0,65	0,61	0,41	3,82
Trebsen/Mulde	0,47	8,32	5,55	5,20	3,46	32,47
Treuen	0,74	13,16	8,77	8,21	5,48	51,34
Triebel/Vogtl.	0,06	1,15	0,77	0,72	0,48	4,49
Trossin	0,11	2,02	1,35	1,26	0,84	7,87
Vierkirchen	0,08	1,42	0,95	0,89	0,59	5,55
Wachau	0,43	7,60	5,07	4,75	3,16	29,66
Waldenburg	0,23	4,03	2,69	2,52	1,68	15,72
Waldheim	0,60	10,60	7,07	6,62	4,41	41,35
Waldhufen	0,11	1,95	1,30	1,22	0,81	7,61
Wechselburg	0,18	3,25	2,17	2,03	1,35	12,68

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Weinböhla	0,88	15,62	10,41	9,75	6,50	60,95
Weischlitz	0,38	6,79	4,53	4,24	2,83	26,50
Weißenberg	0,21	3,77	2,51	2,35	1,57	14,69
Weißborn/Erzgeb.	0,29	5,08	3,39	3,17	2,11	19,82
Weißkeißel	0,08	1,48	0,99	0,93	0,62	5,79
Weißwasser/O.L.	0,77	13,76	9,17	8,59	5,73	53,68
Werda	0,09	1,57	1,04	0,98	0,65	6,11
Werdau	1,32	23,54	15,69	14,69	9,80	91,84
Wernsdorf	0,41	7,36	4,91	4,59	3,06	28,72
Wiedemar	0,41	7,25	4,84	4,53	3,02	28,30
Wildenfels	0,30	5,39	3,59	3,36	2,24	21,02
Wilkau-Haßlau	0,75	13,36	8,91	8,34	5,56	52,14
Wilsdruff	1,19	21,12	14,08	13,18	8,79	82,38
Wilthen	0,27	4,80	3,20	2,99	2,00	18,72
Wittichenau	0,38	6,69	4,46	4,17	2,78	26,09
Wolkenstein	0,53	9,37	6,25	5,85	3,90	36,55
Wülknitz	0,23	4,12	2,75	2,57	1,71	16,07
Wurzen	1,42	25,29	16,86	15,79	10,52	98,67
Zeithain	0,47	8,36	5,58	5,22	3,48	32,63
Zettlitz	0,09	1,69	1,12	1,05	0,70	6,58
Zittau	1,08	19,21	12,81	11,99	7,99	74,94
Zschoitz-Ottewig	0,16	2,83	1,89	1,77	1,18	11,05
Zschepplin	0,34	5,99	3,99	3,74	2,49	23,37
Zschopau	0,92	16,38	10,92	10,22	6,81	63,88
Zschorlau	0,30	5,39	3,59	3,36	2,24	21,02
Zwenkau	1,12	19,98	13,32	12,47	8,31	77,95
Zwickau	6,76	120,23	80,15	75,05	50,03	469,06
Zwönitz	0,87	15,43	10,29	9,63	6,42	60,20

Anhang XIII Simulationsergebnisse: Schnellladebedarf der Gemeinden

Tabelle 29 gibt einen Überblick über die Anzahl der berechneten Schnellladevorgänge für jede Gemeinde und kreisfreie Stadt in Sachsen.

Tabelle 29: Schnellladevorgänge in Sachsen nach Gemeinden

Name Gemeinde / kreisfreie Stadt	Schnellladevorgänge pro Tag					
	Ist-Stand (berechnet)	A1	A2	B1	B2	C
Adorf/Vogtl.	0,04	0,79	0,53	0,49	0,33	3,23
Altenberg	0,14	2,45	1,63	1,53	1,02	9,90
Altmittweida	0,03	0,48	0,32	0,30	0,20	1,95
Amtsberg	0,05	0,86	0,58	0,54	0,36	3,50
Annaberg-Buchholz	0,15	2,71	1,81	1,69	1,13	10,93
Arnsdorf	0,06	1,13	0,75	0,70	0,47	4,52
Arzberg	0,02	0,41	0,28	0,26	0,17	1,70
Aue	0,14	2,56	1,71	1,60	1,07	10,35
Auerbach	0,02	0,31	0,20	0,19	0,13	1,23
Auerbach/Vogtl.	0,11	1,93	1,29	1,21	0,80	7,82
Augustusburg	0,07	1,15	0,77	0,72	0,48	4,63
Bad Brambach	0,02	0,36	0,24	0,22	0,15	1,46
Bad Dübener	0,08	1,50	1,00	0,94	0,63	6,09
Bad Elster	0,04	0,71	0,47	0,44	0,30	2,85
Bad Gottscheuba-Berggießhübel	0,21	3,73	2,49	2,33	1,55	15,40
Bad Lausick	0,10	1,82	1,21	1,14	0,76	7,32
Bad Muskau	0,03	0,46	0,31	0,29	0,19	1,85
Bad Schandau	0,07	1,27	0,85	0,79	0,53	5,10
Bad Schlema	0,05	0,94	0,63	0,59	0,39	3,78
Bahretal	0,18	3,11	2,07	1,94	1,29	12,94
Bannewitz	0,30	5,29	3,52	3,30	2,20	21,85
Bärenstein	0,02	0,42	0,28	0,26	0,18	1,72
Bautzen	1,03	18,28	12,19	11,41	7,61	75,55
Beiersdorf	0,01	0,21	0,14	0,13	0,09	0,84
Beilrode	0,05	0,88	0,59	0,55	0,37	3,61
Belgern-Schildau	0,08	1,45	0,97	0,91	0,60	5,91
Belgershain	0,03	0,51	0,34	0,32	0,21	2,05
Bennewitz	0,07	1,29	0,86	0,81	0,54	5,18
Bergen	0,01	0,22	0,15	0,14	0,09	0,89
Bernsdorf	0,07	1,27	0,85	0,79	0,53	5,16
Bernsdorf	0,03	0,47	0,31	0,29	0,19	1,90
Bernstadt a.d. Eigen	0,03	0,52	0,35	0,33	0,22	2,12
Bertsdorf-Hörnitz	0,02	0,39	0,26	0,25	0,16	1,61
Bischofswerda	0,08	1,41	0,94	0,88	0,59	5,68

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Bobritzsch-Hilbersdorf	0,07	1,21	0,81	0,76	0,50	4,91
Bockau	0,02	0,41	0,27	0,26	0,17	1,67
Böhlen	0,09	1,60	1,07	1,00	0,67	6,51
Borna	0,28	4,94	3,29	3,08	2,05	20,21
Börnichen/Erzgeb.	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,33
Borsdorf	0,07	1,29	0,86	0,81	0,54	5,15
Bösenbrunn	0,02	0,29	0,20	0,18	0,12	1,21
Boxberg/O.L.	0,07	1,16	0,77	0,72	0,48	4,72
Brand-Erbisdorf	0,11	1,87	1,25	1,17	0,78	7,52
Brandis	0,23	4,09	2,72	2,55	1,70	16,80
Breitenbrunn/Erzgeb.	0,07	1,23	0,82	0,77	0,51	4,97
Bretnig-Hauswalde	0,05	0,85	0,57	0,53	0,35	3,49
Burgstädt	0,09	1,56	1,04	0,97	0,65	6,28
Burkau	0,28	4,90	3,27	3,06	2,04	20,41
Burkhardtsdorf	0,06	1,04	0,69	0,65	0,43	4,15
Callenberg	0,19	3,27	2,18	2,04	1,36	13,54
Cavertitz	0,03	0,53	0,36	0,33	0,22	2,16
Chemnitz	3,05	53,95	35,97	33,68	22,45	220,32
Claußnitz	0,04	0,70	0,47	0,44	0,29	2,81
Colditz	0,08	1,48	0,98	0,92	0,61	5,97
Coswig	0,13	2,35	1,56	1,46	0,98	9,43
Crimmitschau	0,24	4,22	2,81	2,63	1,76	17,26
Crinitzberg	0,03	0,47	0,31	0,29	0,20	1,92
Croswitz	0,01	0,19	0,12	0,12	0,08	0,76
Crottendorf	0,03	0,51	0,34	0,32	0,21	2,06
Cunewalde	0,05	0,85	0,57	0,53	0,35	3,40
Dahlen	0,06	0,99	0,66	0,62	0,41	4,00
Delitzsch	0,38	6,66	4,44	4,15	2,77	27,33
Demitz-Thumitz	0,02	0,37	0,24	0,23	0,15	1,49
Dennheritz	0,07	1,24	0,82	0,77	0,51	5,08
Deutschneudorf	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,34
Diera-Zehren	0,05	0,85	0,57	0,53	0,35	3,45
Dippoldiswalde	0,18	3,15	2,10	1,96	1,31	12,64
Döbeln	0,26	4,56	3,04	2,85	1,90	18,62
Doberschau-Gaußig	0,04	0,72	0,48	0,45	0,30	2,95
Doberschütz	0,05	0,91	0,61	0,57	0,38	3,70
Dohma	0,02	0,34	0,22	0,21	0,14	1,37
Dohna	0,30	5,30	3,53	3,31	2,20	21,92
Dommitzsch	0,02	0,39	0,26	0,25	0,16	1,61
Dorfchemnitz	0,01	0,15	0,10	0,09	0,06	0,60
Dorfhain	0,01	0,17	0,11	0,10	0,07	0,67
Drebach	0,06	1,12	0,75	0,70	0,47	4,55
Dreiheide	0,03	0,48	0,32	0,30	0,20	1,95
Dresden	4,93	87,28	58,19	54,48	36,32	353,68
Dürrhennersdorf	0,01	0,14	0,09	0,08	0,06	0,54
Dürrröhrsdorf-	0,04	0,71	0,47	0,44	0,29	2,87

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Dittersbach						
Ebersbach	0,12	2,19	1,46	1,37	0,91	9,03
Ebersbach-Neugersdorf	0,07	1,20	0,80	0,75	0,50	4,84
Ehrenfriedersdorf	0,05	0,97	0,65	0,61	0,40	3,90
Eibenstock	0,08	1,45	0,96	0,90	0,60	5,88
Eichigt	0,02	0,34	0,23	0,21	0,14	1,39
Eilenburg	0,11	2,02	1,34	1,26	0,84	8,14
Ellefeld	0,02	0,39	0,26	0,24	0,16	1,54
Elsnig	0,02	0,30	0,20	0,19	0,12	1,20
Elsterberg	0,03	0,55	0,37	0,34	0,23	2,22
Elsterheide	0,06	1,03	0,68	0,64	0,43	4,18
Elstertrebnitz	0,01	0,19	0,13	0,12	0,08	0,79
Elstra	0,03	0,53	0,35	0,33	0,22	2,13
Elterlein	0,04	0,76	0,50	0,47	0,31	3,08
Eppendorf	0,04	0,73	0,49	0,46	0,31	2,99
Erlau	0,04	0,70	0,47	0,44	0,29	2,82
Falkenstein/Vogtl.	0,06	1,09	0,72	0,68	0,45	4,37
Flöha	0,13	2,31	1,54	1,44	0,96	9,27
Frankenberg/Sa.	0,27	4,86	3,24	3,03	2,02	19,92
Frankenthal	0,01	0,26	0,17	0,16	0,11	1,03
Frauenstein	0,05	0,90	0,60	0,56	0,38	3,70
Fraureuth	0,04	0,71	0,47	0,44	0,29	2,85
Freiberg	0,34	6,05	4,03	3,78	2,52	24,15
Freital	0,33	5,87	3,91	3,66	2,44	23,48
Frohburg	0,19	3,35	2,23	2,09	1,39	13,80
Gablenz	0,02	0,27	0,18	0,17	0,11	1,10
Geithain	0,10	1,82	1,22	1,14	0,76	7,46
Gelenau/Erzgeb.	0,03	0,61	0,41	0,38	0,25	2,48
Geringswalde	0,04	0,72	0,48	0,45	0,30	2,89
Gersdorf	0,03	0,48	0,32	0,30	0,20	1,95
Geyer	0,04	0,68	0,45	0,42	0,28	2,73
Glashütte	0,08	1,43	0,96	0,89	0,60	5,81
Glaubitz	0,02	0,44	0,29	0,28	0,18	1,77
Glauchau	0,36	6,43	4,29	4,02	2,68	26,35
Göda	0,12	2,04	1,36	1,27	0,85	8,44
Gohrisch	0,02	0,41	0,28	0,26	0,17	1,65
Görlitz	0,66	11,71	7,81	7,31	4,87	48,26
Gornau/Erzgeb.	0,05	0,81	0,54	0,50	0,34	3,26
Gornsdorf	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,34
Grimma	1,00	17,73	11,82	11,06	7,38	73,32
Gröditz	0,04	0,64	0,42	0,40	0,26	2,57
Groitzsch	0,06	1,08	0,72	0,68	0,45	4,40
Groß Düben	0,01	0,24	0,16	0,15	0,10	0,96
Großdubrau	0,04	0,68	0,45	0,43	0,28	2,77
Großenhain	0,14	2,48	1,66	1,55	1,03	10,02
Großharthau	0,03	0,50	0,33	0,31	0,21	2,01

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Großhartmannsdorf	0,04	0,65	0,44	0,41	0,27	2,67
Großnaundorf	0,01	0,24	0,16	0,15	0,10	0,98
Großolbersdorf	0,04	0,70	0,46	0,43	0,29	2,83
Großpösna	0,19	3,39	2,26	2,12	1,41	13,97
Großpostwitz/O.L.	0,04	0,71	0,47	0,44	0,29	2,85
Großröhrsdorf	0,12	2,08	1,39	1,30	0,87	8,56
Großrückerswalde	0,03	0,52	0,35	0,32	0,22	2,10
Großschirma	0,10	1,81	1,20	1,13	0,75	7,39
Großschönau	0,04	0,78	0,52	0,49	0,33	3,14
Großschweidnitz	0,01	0,24	0,16	0,15	0,10	0,95
Großweitzschen	0,69	12,16	8,11	7,59	5,06	50,65
Grünbach	0,03	0,51	0,34	0,32	0,21	2,09
Grünhain-Beierfeld	0,05	0,84	0,56	0,52	0,35	3,38
Grünhainichen	0,04	0,77	0,52	0,48	0,32	3,12
Hähnichen	0,01	0,21	0,14	0,13	0,09	0,83
Hainewalde	0,01	0,23	0,16	0,15	0,10	0,94
Hainichen	0,61	10,75	7,16	6,71	4,47	44,65
Halsbrücke	0,06	1,02	0,68	0,63	0,42	4,08
Hartenstein	0,22	3,82	2,55	2,38	1,59	15,81
Hartha	0,06	0,98	0,65	0,61	0,41	3,96
Hartmannsdorf	0,17	3,06	2,04	1,91	1,27	12,60
Hartmannsdorf-Reichenau	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,36
Hartmannsdorf b. Kirchberg	0,02	0,37	0,25	0,23	0,16	1,50
Haselbachtal	0,04	0,71	0,48	0,45	0,30	2,90
Heidenau	0,12	2,15	1,43	1,34	0,89	8,63
Heidersdorf	0,01	0,22	0,15	0,14	0,09	0,89
Heinsdorfergrund	0,08	1,36	0,91	0,85	0,57	5,56
Hermsdorf/Erzgeb.	0,02	0,32	0,21	0,20	0,13	1,30
Herrnhut	0,06	1,09	0,73	0,68	0,46	4,46
Hirschfeld	0,20	3,47	2,32	2,17	1,45	14,41
Hirschstein	0,03	0,48	0,32	0,30	0,20	1,96
Hochkirch	0,03	0,53	0,35	0,33	0,22	2,16
Hohendubrau	0,02	0,31	0,21	0,20	0,13	1,28
Hohenstein-Ernstthal	0,19	3,32	2,21	2,07	1,38	13,52
Hohndorf	0,03	0,48	0,32	0,30	0,20	1,93
Hohnstein	0,06	1,01	0,67	0,63	0,42	4,09
Horka	0,02	0,30	0,20	0,19	0,12	1,21
Hoyerswerda	0,22	3,82	2,55	2,39	1,59	15,42
Jahnsdorf/Erzgeb.	0,13	2,36	1,57	1,47	0,98	9,73
Jesewitz	0,04	0,68	0,45	0,42	0,28	2,75
Johanngeorgenstadt	0,03	0,58	0,39	0,36	0,24	2,37
Jöhstadt	0,04	0,67	0,44	0,42	0,28	2,69
Jonsdorf	0,02	0,40	0,26	0,25	0,16	1,57
Käbschütztal	0,03	0,50	0,34	0,31	0,21	2,04
Kamenz	0,12	2,06	1,37	1,28	0,86	8,26
Kirchberg	0,07	1,16	0,77	0,72	0,48	4,69

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Kitzscher	0,05	0,84	0,56	0,53	0,35	3,40
Klingenberg	0,08	1,38	0,92	0,86	0,57	5,58
Klingenthal	0,08	1,40	0,93	0,87	0,58	5,68
Klipphausen	0,39	6,81	4,54	4,25	2,83	28,16
Kodersdorf	0,18	3,13	2,09	1,95	1,30	13,01
Kohren-Sahlis	0,02	0,44	0,29	0,27	0,18	1,77
Königsbrück	0,04	0,73	0,49	0,46	0,30	2,95
Königsfeld	0,03	0,49	0,33	0,31	0,20	1,99
Königshain	0,01	0,14	0,09	0,08	0,06	0,54
Königshain-Wiederau	0,02	0,42	0,28	0,26	0,17	1,72
Königstein/Sächs. Schw.	0,05	0,81	0,54	0,50	0,34	3,27
Königswalde	0,02	0,40	0,27	0,25	0,17	1,64
Königswartha	0,04	0,68	0,45	0,42	0,28	2,75
Kottmar	0,06	1,07	0,72	0,67	0,45	4,36
Krauschwitz	0,04	0,75	0,50	0,47	0,31	3,08
Kreba-Neudorf	0,01	0,18	0,12	0,11	0,07	0,73
Kreischa	0,11	2,01	1,34	1,25	0,84	8,07
Kriebstein	0,03	0,58	0,39	0,36	0,24	2,34
Krostitz	0,05	0,83	0,56	0,52	0,35	3,37
Kubschütz	0,09	1,64	1,09	1,02	0,68	6,77
Lampertswalde	0,06	1,00	0,67	0,63	0,42	4,12
Langenbernsdorf	0,03	0,56	0,37	0,35	0,23	2,26
Langenweißbach	0,03	0,45	0,30	0,28	0,19	1,81
Laußig	0,04	0,80	0,53	0,50	0,33	3,24
Laußnitz	0,04	0,72	0,48	0,45	0,30	2,94
Lauta	0,05	0,83	0,55	0,52	0,35	3,37
Lauter-Bernsbach	0,07	1,17	0,78	0,73	0,49	4,71
Lawalde	0,02	0,31	0,21	0,20	0,13	1,28
Leipzig	4,82	85,37	56,91	53,29	35,53	346,11
Leisnig	0,23	4,03	2,69	2,52	1,68	16,62
Lengenfeld	0,27	4,80	3,20	3,00	2,00	19,91
Leubsdorf	0,03	0,50	0,33	0,31	0,21	2,03
Leutersdorf	0,03	0,60	0,40	0,38	0,25	2,44
Lichtenau	0,89	15,76	10,50	9,84	6,56	65,54
Lichtenberg	0,10	1,83	1,22	1,14	0,76	7,57
Lichtenberg/Erzgeb.	0,02	0,37	0,25	0,23	0,15	1,47
Lichtenstein/Sa.	0,08	1,46	0,97	0,91	0,61	5,88
Lichtentanne	0,13	2,30	1,54	1,44	0,96	9,42
Liebschützberg	0,04	0,67	0,44	0,42	0,28	2,71
Liebstadt	0,04	0,74	0,49	0,46	0,31	3,04
Limbach	0,02	0,42	0,28	0,26	0,17	1,70
Limbach-Oberfrohna	0,22	3,87	2,58	2,41	1,61	15,63
Löbau	0,13	2,28	1,52	1,42	0,95	9,28
Löbnitz	0,02	0,39	0,26	0,24	0,16	1,59
Lohmen	0,04	0,66	0,44	0,41	0,28	2,67
Lohsa	0,06	0,99	0,66	0,62	0,41	4,03

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Lommatzsch	0,06	0,99	0,66	0,62	0,41	4,00
Lossatal	0,07	1,15	0,77	0,72	0,48	4,66
Lößnitz	0,07	1,17	0,78	0,73	0,49	4,74
Lugau/Erzgeb.	0,06	1,09	0,72	0,68	0,45	4,37
Lunzenau	0,04	0,72	0,48	0,45	0,30	2,91
Machern	0,07	1,19	0,79	0,74	0,49	4,79
Malschwitz	0,13	2,35	1,57	1,47	0,98	9,72
Marienberg	0,16	2,83	1,89	1,77	1,18	11,50
Markersdorf	0,04	0,80	0,53	0,50	0,33	3,24
Markkleeberg	0,38	6,77	4,51	4,22	2,82	27,58
Markneukirchen	0,04	0,74	0,50	0,46	0,31	3,00
Markranstädt	0,20	3,51	2,34	2,19	1,46	14,32
Meerane	0,29	5,22	3,48	3,26	2,17	21,49
Meißen	0,22	3,95	2,63	2,46	1,64	15,87
Mildenaue	0,03	0,52	0,35	0,32	0,22	2,11
Mittelherwigsdorf	0,04	0,72	0,48	0,45	0,30	2,92
Mittweida	0,10	1,80	1,20	1,12	0,75	7,20
Mockrehna	0,07	1,18	0,79	0,74	0,49	4,80
Moritzburg	0,12	2,19	1,46	1,37	0,91	8,76
Mücka	0,01	0,21	0,14	0,13	0,09	0,86
Müglitz	0,11	2,04	1,36	1,27	0,85	8,28
Müglitztal	0,03	0,49	0,33	0,31	0,21	1,98
Mühlau	0,07	1,17	0,78	0,73	0,49	4,82
Mühlental	0,02	0,27	0,18	0,17	0,11	1,12
Mulda/Sa.	0,03	0,52	0,35	0,33	0,22	2,12
Muldenhammer	0,04	0,67	0,44	0,42	0,28	2,70
Mülsen	0,08	1,47	0,98	0,92	0,61	5,98
Narsdorf	0,11	1,88	1,25	1,17	0,78	7,79
Naundorf	0,03	0,56	0,37	0,35	0,23	2,26
Naunhof	0,14	2,50	1,66	1,56	1,04	10,24
Nebelschütz	0,02	0,34	0,22	0,21	0,14	1,37
Neiße	0,02	0,32	0,22	0,20	0,14	1,33
Neschwitz	0,03	0,47	0,31	0,29	0,19	1,90
Netzschkau	0,03	0,55	0,37	0,34	0,23	2,22
Neuensalz	0,18	3,26	2,17	2,03	1,36	13,54
Neuhausen/Erzgeb.	0,03	0,59	0,39	0,37	0,25	2,40
Neukieritzsch	0,08	1,33	0,89	0,83	0,55	5,40
Neukirch	0,02	0,42	0,28	0,26	0,18	1,72
Neukirch/Lausitz	0,04	0,76	0,51	0,47	0,32	3,06
Neukirchen/Erzgeb.	0,13	2,28	1,52	1,42	0,95	9,36
Neukirchen/Pleiße	0,05	0,85	0,57	0,53	0,35	3,40
Neumark	0,04	0,66	0,44	0,41	0,28	2,68
Neusalza-Spremberg	0,03	0,57	0,38	0,36	0,24	2,29
Neustadt i. Sa.	0,10	1,82	1,21	1,13	0,76	7,35
Neustadt/Vogtl.	0,03	0,46	0,30	0,28	0,19	1,86
Niederau	0,06	0,99	0,66	0,62	0,41	4,00

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Niederdorf	0,19	3,39	2,26	2,12	1,41	13,97
Niederfrohna	0,07	1,31	0,87	0,82	0,54	5,39
Niederwiesa	0,05	0,94	0,62	0,59	0,39	3,77
Niederwürschnitz	0,06	1,13	0,76	0,71	0,47	4,59
Niesky	0,06	1,04	0,70	0,65	0,43	4,26
Nossen	1,03	18,25	12,17	11,39	7,59	75,86
Nünchritz	0,05	0,96	0,64	0,60	0,40	3,85
Obergurig	0,02	0,32	0,21	0,20	0,13	1,29
Oberlungwitz	0,05	0,80	0,53	0,50	0,33	3,24
Oberschöna	0,05	0,96	0,64	0,60	0,40	3,91
Oberwiera	0,01	0,26	0,17	0,16	0,11	1,05
Oberwiesenthal	0,05	0,93	0,62	0,58	0,39	3,75
Oderwitz	0,04	0,78	0,52	0,49	0,32	3,18
Oederan	0,08	1,34	0,89	0,84	0,56	5,42
Oelsnitz/Erzgeb.	0,16	2,83	1,89	1,77	1,18	11,53
Oelsnitz/Vogtl.	0,34	6,06	4,04	3,78	2,52	25,11
Ohorn	0,18	3,11	2,08	1,94	1,30	12,92
Olbernhau	0,10	1,83	1,22	1,14	0,76	7,42
Olbersdorf	0,03	0,56	0,37	0,35	0,23	2,26
Oppach	0,02	0,35	0,23	0,22	0,15	1,41
Oschatz	0,13	2,32	1,55	1,45	0,97	9,31
Oßling	0,03	0,51	0,34	0,32	0,21	2,06
Ostrau	0,04	0,70	0,46	0,43	0,29	2,82
Ostritz	0,02	0,35	0,24	0,22	0,15	1,44
Ottendorf-Okrilla	0,22	3,95	2,63	2,46	1,64	16,18
Otterwisch	0,02	0,35	0,23	0,22	0,15	1,41
Oybin	0,03	0,46	0,31	0,29	0,19	1,86
Panschwitz-Kuckau	0,04	0,74	0,49	0,46	0,31	3,05
Parthenstein	0,14	2,41	1,61	1,50	1,00	9,97
Pausa-Mühltroff	0,04	0,72	0,48	0,45	0,30	2,93
Pegau	0,08	1,44	0,96	0,90	0,60	5,93
Penig	0,22	3,89	2,59	2,43	1,62	16,09
Pfaffroda	0,03	0,56	0,38	0,35	0,23	2,31
Pirna	0,26	4,52	3,02	2,82	1,88	18,25
Plauen	0,77	13,64	9,09	8,51	5,68	56,05
Pockau-Lengefeld	0,09	1,60	1,07	1,00	0,67	6,50
Pöhl	0,03	0,57	0,38	0,36	0,24	2,29
Priestewitz	0,04	0,62	0,41	0,39	0,26	2,51
Pulsnitz	0,08	1,37	0,91	0,85	0,57	5,47
Puschwitz	0,01	0,16	0,11	0,10	0,07	0,64
Quitzdorf am See	0,02	0,29	0,19	0,18	0,12	1,16
Rabenau	0,06	1,11	0,74	0,70	0,46	4,46
Räckelwitz	0,01	0,14	0,09	0,09	0,06	0,55
Rackwitz	0,06	1,02	0,68	0,64	0,42	4,10
Radeberg	0,13	2,38	1,59	1,49	0,99	9,57
Radebeul	0,27	4,72	3,15	2,95	1,97	18,85

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Radeburg	0,43	7,59	5,06	4,74	3,16	31,43
Radibor	0,03	0,61	0,41	0,38	0,25	2,50
Ralbitz-Rosenthal	0,02	0,36	0,24	0,22	0,15	1,46
Rammenau	0,07	1,18	0,79	0,74	0,49	4,85
Raschau-Markersbach	0,04	0,74	0,49	0,46	0,31	2,99
Rathen	0,02	0,36	0,24	0,23	0,15	1,42
Rathmannsdorf	0,01	0,23	0,15	0,14	0,10	0,91
Rechenberg-Bienenmühle	0,05	0,81	0,54	0,50	0,34	3,27
Regis-Breitingen	0,02	0,41	0,27	0,26	0,17	1,65
Reichenbach im Vogtland	0,14	2,56	1,71	1,60	1,06	10,43
Reichenbach/O.L.	0,05	0,96	0,64	0,60	0,40	3,91
Reinhardtsdorf-Schöna	0,01	0,23	0,16	0,15	0,10	0,93
Reinsberg	0,03	0,52	0,35	0,32	0,22	2,11
Reinsdorf	0,22	3,90	2,60	2,44	1,62	16,12
Remse	0,02	0,42	0,28	0,26	0,17	1,67
Reuth	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,35
Riesa	0,20	3,46	2,31	2,16	1,44	13,88
Rietschen	0,03	0,47	0,31	0,29	0,20	1,91
Rochlitz	0,07	1,20	0,80	0,75	0,50	4,79
Röderaue	0,02	0,42	0,28	0,26	0,18	1,72
Rodewisch	0,07	1,15	0,77	0,72	0,48	4,64
Rosenbach	0,02	0,32	0,21	0,20	0,13	1,30
Rosenbach/Vogtl.	0,05	0,87	0,58	0,54	0,36	3,54
Rosenthal-Bielatal	0,02	0,39	0,26	0,25	0,16	1,59
Rossau	0,18	3,12	2,08	1,95	1,30	12,95
Roßwein	0,41	7,23	4,82	4,52	3,01	30,03
Rötha	0,06	0,98	0,65	0,61	0,41	3,97
Rothenburg/O.L.	0,04	0,68	0,45	0,42	0,28	2,75
Sayda	0,04	0,63	0,42	0,39	0,26	2,55
Scheibenberg	0,02	0,42	0,28	0,26	0,17	1,71
Schirgiswalde-Kirschau	0,05	0,93	0,62	0,58	0,39	3,75
Schkeuditz	0,54	9,62	6,42	6,01	4,00	39,66
Schleife	0,02	0,41	0,27	0,26	0,17	1,67
Schleittau	0,03	0,47	0,31	0,29	0,19	1,90
Schmölln-Putzkau	0,04	0,68	0,45	0,43	0,28	2,78
Schneeberg	0,09	1,58	1,05	0,98	0,66	6,35
Schönau-Berzdorf a.d. Eigen	0,01	0,23	0,15	0,14	0,10	0,94
Schönbach	0,01	0,20	0,13	0,13	0,08	0,81
Schönberg	0,01	0,15	0,10	0,09	0,06	0,59
Schöneck/Vogtl.	0,06	1,00	0,66	0,62	0,41	4,02
Schönfeld	0,20	3,51	2,34	2,19	1,46	14,60
Schönheide	0,04	0,79	0,53	0,49	0,33	3,21
Schönnteichen	0,03	0,53	0,36	0,33	0,22	2,17
Schönwölkau	0,03	0,45	0,30	0,28	0,19	1,83
Schöpstal	0,11	2,00	1,33	1,25	0,83	8,29
Schwarzenberg/Erzgeb.	0,13	2,37	1,58	1,48	0,99	9,60

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Schwepnitz	0,03	0,50	0,33	0,31	0,21	2,03
Sebnitz	0,10	1,83	1,22	1,14	0,76	7,39
Seelitz	0,03	0,49	0,32	0,30	0,20	1,97
Sehmatal	0,05	0,88	0,59	0,55	0,37	3,55
Seiffen/Erzgeb.	0,02	0,43	0,29	0,27	0,18	1,73
Seiffhennersdorf	0,03	0,55	0,37	0,34	0,23	2,24
Sohland a.d. Spree	0,05	0,89	0,59	0,56	0,37	3,60
Spreetal	0,03	0,49	0,33	0,31	0,20	2,02
St. Egidien	0,09	1,61	1,07	1,00	0,67	6,59
Stadt Wehlen	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,29
Stauchitz	0,05	0,80	0,54	0,50	0,33	3,27
Steina	0,02	0,34	0,22	0,21	0,14	1,35
Steinberg	0,03	0,57	0,38	0,36	0,24	2,31
Steinigtwolmsdorf	0,02	0,39	0,26	0,24	0,16	1,59
Stollberg/Erzgeb.	0,23	4,00	2,67	2,50	1,66	16,33
Stolpen	0,06	1,13	0,75	0,70	0,47	4,57
Strehla	0,03	0,59	0,39	0,37	0,24	2,38
Striegistal	0,24	4,25	2,83	2,65	1,77	17,61
Struppen	0,03	0,59	0,39	0,37	0,25	2,39
Stützengrün	0,04	0,63	0,42	0,40	0,26	2,56
Tannenberg	0,02	0,29	0,19	0,18	0,12	1,16
Taucha	0,16	2,81	1,87	1,76	1,17	11,41
Taura	0,02	0,33	0,22	0,21	0,14	1,32
Thalheim/Erzgeb.	0,07	1,18	0,79	0,74	0,49	4,69
Thallwitz	0,04	0,75	0,50	0,47	0,31	3,04
Tharandt	0,07	1,27	0,85	0,79	0,53	5,11
Thermalbad Wiesenbad	0,06	1,10	0,73	0,68	0,46	4,44
Theuma	0,01	0,23	0,15	0,14	0,09	0,91
Thiendorf	0,15	2,74	1,82	1,71	1,14	11,35
Thum	0,04	0,80	0,53	0,50	0,33	3,22
Tirpersdorf	0,02	0,32	0,21	0,20	0,13	1,29
Torgau	0,16	2,85	1,90	1,78	1,19	11,55
Trebendorf	0,00	0,09	0,06	0,05	0,04	0,34
Trebsen/Mulde	0,08	1,44	0,96	0,90	0,60	5,87
Treuen	0,24	4,27	2,85	2,67	1,78	17,61
Triebel/Vogtl.	0,02	0,29	0,19	0,18	0,12	1,19
Trossin	0,02	0,37	0,25	0,23	0,15	1,51
Vierkirchen	0,19	3,27	2,18	2,04	1,36	13,63
Wachau	0,27	4,79	3,20	2,99	1,99	19,88
Waldenburg	0,03	0,58	0,39	0,36	0,24	2,36
Waldheim	0,07	1,17	0,78	0,73	0,49	4,71
Waldhufen	0,09	1,55	1,03	0,97	0,65	6,44
Wechselburg	0,03	0,46	0,31	0,29	0,19	1,87
Weinböhla	0,08	1,47	0,98	0,92	0,61	5,90
Weischlitz	0,26	4,60	3,06	2,87	1,91	19,07
Weißenberg	0,16	2,80	1,87	1,75	1,16	11,62

Status, Bedarf und Strategien für Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur im Freistaat Sachsen

Weißeborn/Erzgeb.	0,04	0,66	0,44	0,41	0,27	2,67
Weißkeißel	0,02	0,31	0,21	0,19	0,13	1,27
Weißwasser/O.L.	0,08	1,46	0,97	0,91	0,61	5,87
Werde	0,01	0,24	0,16	0,15	0,10	0,96
Werdau	0,14	2,50	1,67	1,56	1,04	10,06
Wermisdorf	0,07	1,15	0,77	0,72	0,48	4,69
Wiedemar	0,49	8,57	5,71	5,35	3,57	35,65
Wildenfels	0,31	5,40	3,60	3,37	2,25	22,45
Wilkau-Haßlau	0,16	2,81	1,87	1,75	1,17	11,51
Wilsdruff	0,68	12,11	8,07	7,56	5,04	50,17
Wilthen	0,03	0,58	0,39	0,36	0,24	2,35
Wittichenau	0,05	0,83	0,55	0,52	0,34	3,35
Wolkenstein	0,06	1,07	0,71	0,67	0,44	4,30
Wülknitz	0,02	0,44	0,29	0,28	0,18	1,77
Wurzen	0,15	2,66	1,77	1,66	1,11	10,70
Zeithain	0,07	1,17	0,78	0,73	0,49	4,73
Zettlitz	0,01	0,13	0,09	0,08	0,05	0,52
Zittau	0,13	2,33	1,56	1,46	0,97	9,43
Zschaitz-Ottewig	0,02	0,34	0,23	0,21	0,14	1,37
Zschoepplin	0,04	0,74	0,49	0,46	0,31	2,99
Zschopau	0,09	1,68	1,12	1,05	0,70	6,76
Zschorlau	0,04	0,77	0,51	0,48	0,32	3,12
Zwenkau	0,15	2,65	1,77	1,65	1,10	10,74
Zwickau	0,89	15,82	10,55	9,87	6,58	64,04
Zwönitz	0,12	2,21	1,47	1,38	0,92	8,98

