



CHEMNITZ
STADT DER
MODERNE

Stadt Chemnitz



ERZGEBIRGSKREIS
MEIN ZUHAUSE – MEINE ZUKUNFT

Erzgebirgskreis

Aufbau von nachhaltigen Mobilitätsketten auf der Basis von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der differenzierten Siedlungsstruktur, Verknüpfung mit dem öffentlichen Verkehr angeeigneten Knotenpunkten, Versorgung mit erneuerbarer Energie

Abschlussbericht



IVAS Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und -systeme
Alaunstraße 9 - 01099 Dresden
Tel.: (03 51) 2 11 14-0 - Fax: (03 51) 2 11 14-11
dresden@ivas-ingenieure.de - www.ivas-ingenieure.de

Impressum

Titel: Aufbau von nachhaltigen Mobilitätsketten auf
der Basis von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der differenzierten Sied-
lungsstruktur, Verknüpfung mit dem öffentlichen Verkehr an geeigneten Knoten-
punkten, Versorgung mit erneuerbarer Energie

Abschlussbericht

Auftraggeber: Stadtverwaltung Chemnitz
Umweltamt
Friedensplatz 1, 09111 Chemnitz
in Kooperation mit dem Erzgebirgskreis

Auftragnehmer: Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und -systeme
Alaunstraße 9, 01099 Dresden
Tel.: 0351-2 11 14-0, E-Mail: dresden@ivas-ingenieure.de

Status: Abschlussbericht

Bearbeitungsstand: April 2018

Ingenieurbüro für
Verkehrsanlagen und -systeme



Dipl.-Ing. Dirk Ohm
Inhaber



i. A. Dipl.-Ing. Jan Schubert

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabenstellung und Untersuchungsgebiet	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Untersuchungsgebiet	1
2.	Status quo Elektromobilität	2
2.1	Systeme und Anforderungen	2
2.2	Verbreitung von Elektro-Kfz	7
2.3	Nutzung von elektrisch unterstützten Zweirädern (Pedelec/ S-Pedelec)	9
2.4	Charakterisierung der Ladestrukturen für Elektro-Pkw	9
2.5	Verbreitung von Kfz-Ladestrukturen im Untersuchungsgebiet	17
2.6	Ladestrukturen für Elektro-Zweiräder (Pedelec)	20
3.	Auswertung von Projekten und Studien	21
3.1	Vorbemerkungen	21
3.2	Wesentliche Erkenntnisse der Projekte	21
4.	Stärken – Schwächen – Chancen – Risiken	22
4.1	Vorbemerkungen	22
4.2	Anwendung der SWOT-Analyse auf die Elektromobilität	22
5.	Strukturelle Situation im Untersuchungsgebiet	25
5.1	Einwohnerentwicklung	25
5.2	Pendlerbeziehungen	29
6.	Potenziale der Elektromobilität	31
6.1	Spezifizierung der Nutzergruppen	31
6.2	Betrachtung der Wirtschaftlichkeit	36
6.3	Einfluss der Ladeinfrastrukturen auf die Wirtschaftlichkeit	40
6.4	Eignung von typischen Wegeketten für Elektro-Kfz	43
6.5	Car-Sharing und Elektromobilität	57
7.	Handlungsfelder zur Förderung der Elektromobilität	61
7.1	Vorbemerkungen	61
7.2	Säulen der Umsetzungsstrategie	62
8.	Elektromobilität als Bestandteil alltäglicher Wegeketten	63
8.1	Zubringerverkehre zum ÖPNV	63

8.2	Elektromobile Busse im Stadt- und Regionalverkehr	66
8.3	Marketing für intermodale Verkehrsmittelnutzung	67
9.	Zukunftsfähige und nutzergerechte Ladestrukturen	68
9.1	Vorbemerkungen	68
9.2	Ladeinfrastrukturen im Wohnumfeld.....	69
9.3	Ladeinfrastrukturen im Arbeitsumfeld.....	71
9.4	Ladeinfrastrukturen im öffentlichen Raum.....	72
9.5	Kommunale Unterstützung privater Investoren	74
9.6	Kooperation mit Car-Sharing-Anbietern	75
9.7	Gesamtheitliches Zugangssystem zu Mobilitätsangeboten und Ladeinfrastrukturen	76
9.8	Ladeinfrastrukturen für Pedelecs.....	78
10.	Einsatz der Elektromobilität in Verwaltung, Gewerbe und Citylogistik	79
10.1	Vorbemerkungen	79
10.2	Elektromobilität im kommunalen Fuhrpark	80
10.3	Elektromobilität für Gewerbetreibende	81
10.4	Elektromobilität in der Citylogistik.....	82
11.	Ableitung der Umsetzungsstrategie	83
11.1	Akteure der Elektromobilität	83
11.2	Zusammenfassung der Maßnahmenansätze	85

1. Aufgabenstellung und Untersuchungsgebiet

1.1 Aufgabenstellung

Die Stadt Chemnitz beabsichtigt die Stärkung der Elektromobilität in ihrer Stadt sowie in der Stadt-Umland-Beziehung, wobei die Verknüpfung mit den Gemeinden des Erzgebirgskreises im Fokus steht. Mit der Erhöhung des Anteils an Elektrofahrzeugen soll ein deutlicher Beitrag zur Senkung der Lärm-, Luftschadstoff- und Treibhausgasbelastungen erzielt werden. Das Ziel der Bundesregierung, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs sein sollen¹, wird ebenfalls berücksichtigt.

Als Ansatz der besseren Verknüpfung werden die bereits verkehrenden und schrittweise weiter auszubauenden ÖPNV-Angebote des „Chemnitzer Modells“ gesehen, welche umstiegsarme Verbindungen in das Umland von Chemnitz durch eine Verlängerung der Stadtbahnen bietet. Das System soll als Rückgrat dienen, welches gezielt durch Elektromobilität als Zubringer ergänzt wird.

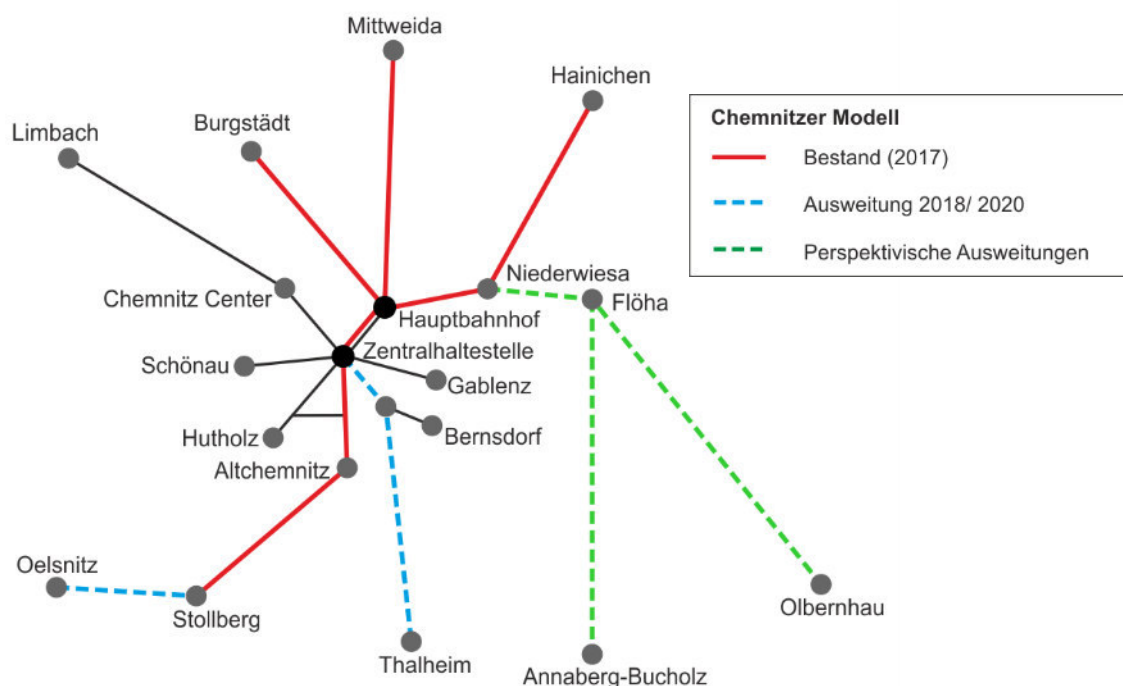
Das zu erarbeitende Konzept soll die Bestandssituation, Entwicklungen und Planungen in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis in Bezug auf die Elektromobilität analysieren, die bestehenden Infrastrukturen untersuchen und daraus Hemmnisse für Erwerb und Nutzung von Elektromobilität abzuleiten.

1.2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst gemäß der Aufgabenstellung die Stadt Chemnitz sowie die Gemeinden des südlich angrenzenden Erzgebirgskreises (vgl. **Abbildung 1**), welcher sich bis zur tschechischen Grenze erstreckt. Die Gesamteinwohnerzahl beträgt etwa 595.000 (ca. 245.000 in Chemnitz und etwa 350.000 im Erzgebirgskreis).

Im Untersuchungsgebiet verkehren die Regionalstadtbahnen des „Chemnitzer Modells“ gegenwärtig in der Stadt Chemnitz sowie auf der Strecke Chemnitz – Stollberg. Im Jahr 2016 kamen drei Verbindungen von Chemnitz nach Burgstädt, Mittweida und Hainichen hinzu. Im Jahr 2018 ist zudem die Ausweitung des Systems auf die Strecke Chemnitz – Thalheim geplant (Stufe 2), eine Verlängerung der Strecke von Stollberg nach Oelsnitz ist für 2020 anvisiert.

¹ Aussage der Bundeskanzlerin Frau Dr. Merkel nach einem nach einem Spitzengespräch mit Wirtschafts- und Forschungsvertretern am 1. Oktober 2012, Information unter: <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2012/10/2012-10-12-elektromobilitaet/2012-10-12-elektromobilitaet.html>



Grafik 1: Entwicklung des Chemnitzer Modells (eigene Darstellung)

In Stufe 3 ist die Verbindung von Chemnitz über Flöha nach Olbernhau bzw. Annaberg-Buchholz vorgesehen.

2. Status quo Elektromobilität

2.1 Systeme und Anforderungen

Unter dem Begriff „Elektromobilität“ werden verschiedene Systeme zusammengefasst, welche unterschiedlich stark verbreitet sind. Im Folgenden sollen die wichtigsten Fahrzeugarten charakterisiert werden.

Kfz mit Elektro-Antrieb

Elektrische Antriebe in Kfz wurden bereits zur Anfangszeit der technischen Entwicklung von Automobilen verwendet (z.B. im „Lohner-Porsche“ um 1900). Das Antriebskonzept setzte sich jedoch aufgrund spezifischer Nachteile gegenüber Verbrennungsmotoren nicht durch. Gegenwärtig erfährt es jedoch eine Renaissance, die u.a. insbesondere durch die Klimaschutzziele und die Endlichkeit fossiler Brennstoffe hervorgerufen wurde. Aber auch Aspekte der Luftreinhaltung und der Lärminderung spielen bei der angestrebten Verbreitung elektrisch betriebener Fahrzeugen eine Rolle. Der Fokus liegt dabei gegenwärtig auf Pkw und leichte Nutzfahrzeuge.

Die Kfz werden von einem oder mehreren Elektro-Motoren angetrieben, welche(r) die notwendige Energie aus einem Speicher (Akku) bezieh(en). Das Antriebskonzept sorgt dafür, dass die Kfz

keine direkten Emissionen ausstoßen. Weiterhin sind die Antriebs- und damit auch die Fahrgeräusche insgesamt geringer, als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

Um die Fahrzeuge aufladen zu können, wird eine spezielle Ladeinfrastruktur benötigt, da Standard-Haushaltssteckdosen eine nur geringe Leistungsfähigkeit besitzen, welche zu langen Ladezeiten führen. Das Aufladen erfolgt deshalb i.d.R. an speziellen Ladesäulen, welche sich im Haushalt oder in öffentlich zugänglichen Bereichen befinden.

Als im Alltagsbetrieb größter Nachteil gegenüber den mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Fahrzeugen müssen die langen Ladezeiten bei gleichzeitig geringeren Reichweiten der Elektrofahrzeuge eingeordnet werden. Im Folgenden soll der elektrisch angetriebene VW Golf („E-Golf“) in seiner aktuellen Version (Produktion ab Februar 2017) als Beispiel herangezogen werden.

Die Reichweite eines E-Golf wird mit 300 km angegeben². Dieser Wert hängt jedoch stark vom Fahrverhalten, u.a. den gefahrenen Geschwindigkeiten sowie von äußeren Einflüssen ab.

In Praxistests liegt die Reichweite eher bei 240 km, wobei schnell befahrene Strecken als zu vermeiden eingeordnet werden³. Auch elektrische Verbraucher, z.B. die Heizung bei niedrigen Außentemperaturen, verringern die Reichweite.

Da die Reichweite stark von der Kapazität der eingebauten Akkumulatoren abhängt, ist eine beliebige Erweiterung nicht möglich. Dies würde zusätzliche Speicher bedingen, welche gewichts- und größenmäßig „untergebracht“ werden müssen. Allerdings wird im Bereich der Speichertechnologien intensiv geforscht, um höhere Ladekapazitäten bei gleichem Gewicht und Größe zu erhalten.

Die Zeit zum Wiederaufladen an einer Haushaltssteckdose (2,3 kW Ladeleistung) dauert beim E-Golf etwa 17 Stunden, mit Hilfe einer „Wallbox“ in der heimischen Garage lässt sich die Zeit einer vollen Aufladung auf ca. 11 Stunden reduzieren (zu den Besonderheiten der Lade-Infrastruktur vgl. Kapitel 2.4, ab S. 9).

Ein weiterer Nachteil der Elektro-Pkw ist der hohe Anschaffungspreis. Zwar liegt dieser für den E-Golf in etwa auf gleichem Niveau wie der eines mit Verbrennungsmotor mit ähnlicher Leistung (ca. 32.000 Euro). Allerdings erwirbt der Nutzer ein Fahrzeug, welches im Vergleich zum Verbrenner ein sehr begrenztes Einsatzspektrum hat. Empfohlen wird der Pkw überwiegend als

² „Der e-Golf“, Herstellerangaben auf der offiziellen Homepage der Volkswagen AG, ermittelt nach dem „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ). Abruf: 18.08.2017, Informationen unter: <https://www.volkswagen.de/de/models/e-golf.html>

³ Vgl. z.B. „Das Elektroauto sagt rechtzeitig: Fuß vom Gas“, Specht, M. in ZEIT online vom 29.03.2017, Abruf unter: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-03/vw-e-golf-groessere-batterie-leistung-reichweite>

Zweitfahrzeug zum täglichen Pendeln über nicht mehr als 80 km (Gesamtstrecke), zusätzlich wird das Anbringen einer Wallbox in einer eigenen Garage/ Carport mit zusätzlichen Kosten als notwendig gesehen.

Um dennoch auch längere Strecken zurücklegen zu können, werden den Käufern des E-Golf in den ersten zwei Jahren nach Erwerb die kostenlose Leihe eines Mietwagens (maximal 30 Tage/ Jahr) angeboten.

Zunehmende Verbreitung finden Elektrofahrzeuge im Flottendienst von Logistikunternehmen mit eher leichten Transportgütern. So setzt z.B. die Deutsche Post verstärkt auf elektrisch betriebene Fahrzeuge. Durch die überwiegend bekannten Einsatzbereiche (z.B. ein Fahrer pro Fahrzeug, eine Tour pro Tag mit einer Länge innerhalb der Reichweite sowie einem bestimmten Transportaufkommen) können die Fahrzeuge auf den Hauptzweck hin optimiert werden. Dabei spielen sie systembedingte Vorteile aus, u.a. da ein Elektromotor nicht bei jedem Anhaltevorgang „ausgeschaltet“ und wiederangelassen werden muss.

Hybrid-Kfz

Als „Hybride“ bzw. „Hybridelektrofahrzeug“ werden Kfz bezeichnet, welche einen elektrischen Antrieb inkl. Akkumulator sowie einen weiteren Motor (i.d.R. ein Verbrennungsmotor) eingebaut hat. Durch die Kombination soll der Kraftstoffverbrauch sinken, die Effizienz erhöht und das Fahrverhalten insbesondere im niedrigen Geschwindigkeits- und Drehzahlbereich verbessert werden.

Verfügen die Fahrzeuge über eine Möglichkeit, die Akkumulatoren von außen aufzuladen, so wird von „Plug-In-Hybriden“ gesprochen (englisch für „Anschließen“). Bei allen anderen Fahrzeugen erfolgt die Aufladung ausschließlich während der Fahrt durch den Verbrennungsmotor bzw. als Energierückgewinnung beim Bremsen („Rekuperation“). Plug-in-Hybride können somit z.B. auf regelmäßigen Kurzstrecken ausschließlich elektrisch betrieben und anschließend aus dem Stromnetz wieder aufgeladen werden (die rein elektrische Reichweite des Plug-in-Hybrid „Golf GTE“ wird vom Hersteller Volkswagen mit 50 km angegeben).

Hybridfahrzeuge können generell vergleichbar eingesetzt werden, wie ein Kfz mit Verbrennungsmotor. Zwar ist die Reichweite aufgrund kleinerer Tanks im Regelfall etwas geringer, kann aber durch normales Auftanken in kurzen Zeiträumen wiederhergestellt werden. Das Laden der Akkus ist in etwa 4 Stunden an einer Haushaltssteckdose möglich.

Die tatsächlichen Effekte in Bezug auf die Umwelt (Emissionen) und Kraftstoffverbrauch hängen stark vom Nutzerverhalten ab. Wird der Pkw überwiegend auf Kurzstrecken elektrisch bewegt und dazu von außen geladen, so fährt er ohne direkte Emissionen. Auf längeren Strecken wird hingegen fast ausschließlich Kraftstoff verbrannt.

Nachteilig sind insbesondere die durch die aufwendige Technik höheren Anschaffungskosten. So kostet der Golf GTE (Plug-in-Hybrid) in der Basisausstattung 37.000 Euro. U.a. für die Akkus wird weiterhin Platz benötigt, welcher z.B. als Kofferraum fehlt.

Elektrisch angetriebene bzw. unterstützte Fahrräder

Im Bereich des Fahrrades sind die technischen Herausforderungen der Elektrifizierung des Antriebes deutlich geringer, als bei Pkw: Fahrräder haben auch mit Fahrer ein vergleichsweise geringes Gewicht, so dass die erforderliche Antriebsleistung ebenfalls gering ist. Da der Elektromotor beim Großteil der angebotenen Räder nur unterstützend wirkt und ab einer Geschwindigkeit von 25 km/h elektronisch abgeregelt wird, trägt dazu bei.

In den vergangenen Jahren haben sich in Bezug auf elektrisch angetriebene oder unterstützte Fahrräder verschiedene Begrifflichkeiten etabliert. In der vorliegenden Untersuchung kommt folgende Einordnung zum Tragen:

Begriff	Eigenschaften			Vorgaben		
	Antrieb bis	max. Leistung	rechtlich wie	Führerschein	Kennzeichen/Versicherung	Helm
Pedelec	25 km/h	250 Watt	Fahrrad	-	-	-
S-Pedelec	45 km/h	500 Watt	Leichtkraftrad	AM	Ja	Ja
E-Bike	20 km/h	500 Watt	Leicht-Mofa	Mofa	Ja	-
	25 km/h*	250 Watt	Mofa	Mofa	Ja	Ja
	45 km/h*	4 kW	Kleinkraftrad	AM	Ja	Ja

* Steuerung der Antriebs-Geschwindigkeit auch ohne Pedale möglich, z.B. per Drehgriff oder Hebel

Tabelle 1: Begrifflichkeiten und rechtliche Vorgaben für elektrisch angetriebene/ unterstützte Fahrräder

Pedelecs sind aufgrund ihrer Bauart und der rechtlichen Einordnung als Fahrrad problemlos zu nutzen. Es bestehen geringe Zugangshemmnisse wie eine Versicherungs- oder Helmpflicht. Weiterhin dürfen Fahrer von Pedelecs alle Radverkehrsanlagen nutzen, während dies bei schnelleren oder stärker motorisierten Zweirädern nicht erlaubt ist.

Da es eine Vielzahl von Herstellern und Systemen im Bereich der Pedelecs gibt, können nur eingeschränkt Aussagen zur Reichweite gemacht werden. Diese hängt auch sehr stark vom Einsatzprofil ab (bergiges oder flaches Terrain, viele Beschleunigungsvorgänge oder stetiges Fahren, starkes Beschleunigen oder moderates Anfahren etc.). Die Spannweite der Angaben schwankt zwischen 40 und 220 km Reichweite.

Das Aufladen von Pedelecs und E-Bikes erfolgt mittels Ladegerät an einer Haushaltsteckdose. Da die Akkus i.d.R. problemlos abgenommen werden können, muss sich dazu keine Steckdose in der Nähe des Rades finden. Die Ladezeiten schwanken stark je nach Hersteller und Leistung sowie Art der Ladung zwischen 2 und 8 Stunden.

Neben klassischen Fahrrädern werden zunehmend aus Lastenfahrräder „motorisiert“. Dadurch ist es möglich, Transportaufgaben mit geringerem Kraftaufwand zu realisieren.

Elektrisch betriebene ÖV-Systeme

Die aktuelle Diskussion um Elektromobilität konzentriert sich stark auf den Pkw- und Fahrradbereich, obwohl im ÖPNV elektrisch betriebene Fahrzeuge seit über 100 Jahren verwendet werden. Insbesondere Straßenbahnen und E-Loks/ elektrische Triebfahrzeuge, aber auch auf Straßen (Oberleitungs-Bus bzw. O-Bus) werden elektrische Antriebe eingesetzt.

In Chemnitz wird das über 30 km lange Straßenbahnnetz mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen bedient. Weiterhin verkehren auf der Bahnstrecke Dresden – Chemnitz – Zwickau – Hof elektrische Triebfahrzeuge, ebenso auf der Strecke Chemnitz – Riesa – Elsterwerda. Auf den Strecken des Chemnitzer Modells werden Bahnen zwischen Chemnitz und Stollberg durchgängig aus der Oberleitung mit elektrischer Energie versorgt. Die drei Strecken nach Burgstädt, Mittweida und Hainichen werden im Straßenbahnnetz elektrisch befahren, auf den Eisenbahnstrecken können die Zweisystemfahrzeuge durch eingebaute Dieselgeneratoren ohne Oberleitung fahren.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die Aspekte der Elektromobilität im ÖPNV-System nicht vertiefend betrachtet.

Weitere elektrisch betriebene Fortbewegungsmittel

Neben den beschriebenen Mobilitätsformen gibt es weitere, die im weitesten Sinne ebenfalls zur Elektromobilität gehören, in der Praxis bzw. für das vorliegende Projekt aber eher eine geringe Relevanz besitzen:

- ***Elektrisch angetriebene Lkw:*** müssen i.d.R. schwere Lasten über weite Distanzen transportieren, so dass entsprechende Leistungs- und Reichweitenreserven benötigt werden. Dies ist technologisch mit aus Akkus gespeisten elektrischen Antrieben nur schwer zu vereinen.

Eine Möglichkeit ist die Speisung der Fahrzeuge aus Oberleitungen, wozu jedoch eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden muss.

- **Elektro-Motorräder:** sind vor allem aufgrund der geringen Reichweiten bei hohen Anschaffungskosten kaum verbreitet.
- **Segway:** Ein-Personen-Transportmittel mit zwei nebeneinander angeordneten Rädern, das rechtlich als „Mobilitätshilfe“ eingeordnet ist. Segways benötigen ein Versicherungs-Kennzeichen und sie dürfen nur auf Radverkehrsanlagen oder der Fahrbahn genutzt werden. Die Nutzung im Alltag hat sich bislang nicht durchgesetzt und erscheint auch perspektivisch nicht realistisch.
- **City-Wheel:** ähnliches Konzept wie Segway, aber nur mit einem Rad, welches zwischen den Füßen „klemmt“. Nutzung im öffentlichen Straßenraum rechtlich schwierig, besitzt weiterhin einen hohen Anschaffungspreis, so dass nicht mit einer nennenswerten Verbreitung zu rechnen ist.

Die Aufzählung besitzt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2.2 Verbreitung von Elektro-Kfz

Im Untersuchungsgebiet sind im Bestand nur wenige elektrisch voll- oder teilweise angetriebene Fahrzeuge registriert. Gemäß den Statistiken des Kraftfahrzeug-Bundesamtes über Kfz-Zulassungen waren zum Stichtag 1. Januar 2017 folgende Pkw gemeldet⁴ (zur Einordnung sind die Werte für Sachsen und die BRD mit angegeben):

Administrative Einheit	Pkw gesamt	davon Vollelektrisch		davon Hybrid	
		Absolut	Anteil	Absolut	Anteil
Chemnitz (Stadt)	123.841	81	0,07 %	575	0,46 %
Erzgebirgskreis	201.320	57	0,03 %	434	0,22 %
Freistaat Sachsen	2.122.324	948	0,05 %	8.309	0,39 %
BRD	45.803.560	34.022	0,07 %	165.450	0,36 %

Tabelle 2: Bestandszahlen zugelassener Pkw nach Antriebsart (Quelle: KBA, Stand 1.01.2017)

Unter „Hybrid“ sind sowohl Pkw mit der Option des Aufladens von außen („Plug-in“) als auch solche mit ausschließlicher Aufladung per Verbrennungsmotor enthalten. Für Chemnitz und den Erzgebirgskreis wurde deshalb beim Kraftfahrzeugbundesamt gesondert abgefragt, wie viele Plug-In-Hybride Anfang 2017 gemeldet waren: in Chemnitz 31, im Erzgebirgskreis 29.

Insgesamt zeigt sich, dass im Bestand die Verbreitung insbesondere von rein elektrisch angetriebenen Pkw eher gering ist. Der Anteil an der Gesamt-Kfz-Flotte liegt unter 0,1 %, wobei die Stadt

⁴ Vgl. z.B. „Ist Strom das neue Super?“, Artikel in Autobildd vom 20.06.2017, Information unter: <http://www.autobildd.de/artikel/vw-e-golf-gegen-golf-1.5-tsi-dsg-test-11760391.html>

Chemnitz mit 0,07 % sowohl im Vergleich zum Erzgebirgskreis als auch dem sächsischen Durchschnittswert eine höhere Verbreitung aufzeigt. Plug-in-Hybride sind in noch geringerer Ausprägung vorhanden.

Das Ziel der Bundesregierung, dass bis zum Jahr 2020 „eine Million Elektrofahrzeuge“ auf deutschen Straßen unterwegs sind, würde unter Ansatz der aktuellen Zahlen der in Deutschland zugelassenen Pkw (ca. 46 Mio.) eine Quote von mindestens 2,1 % bedingen. Von diesem Ziel ist das Untersuchungsgebiet noch weit entfernt. Aber auch deutschlandweit liegt die Quote bei 0,07 % rein elektrisch betriebener Fahrzeuge und somit auf Chemnitzer Niveau. Unter Einbezug der Hybridfahrzeuge sind in Chemnitz 0,53 % und im Erzgebirgskreis 0,24 % der gemeldeten Pkw ganz oder teilweise elektrisch unterwegs.

Zur besseren Einordnung der Zahlen werden diese im Folgenden auf die Einwohner im Untersuchungsgebiet bezogen. Angewandt wird der Motorisierungsgrad Pkw pro 1.000 Einwohner. Die Einwohnerzahlen sind den jeweils aktuell zugänglichen Statistiken entnommen.

Administrative Einheit	Einwohner	Pkw/ 1000 Ew.	Vollelektrische Pkw/ 1000 Ew.	Pkw mit Hybrid-Antrieb/ 1000 Ew.
Chemnitz (Stadt)	247.000	502	0,3	2,3
Erzgebirgskreis	348.000	579	0,2	1,2
Freistaat Sachsen	4.085.000	520	0,2	2,0
BRD	82.000.000	559	0,4	2,0

Tabelle 3: Motorisierungsgrad (Quelle u.a.: KBA, Stand der Kfz-Zulassungszahlen: 1.01.2017)

Die Zahlen zeigen in Chemnitz den niedrigsten durchschnittlichen Motorisierungsgrad (Pkw). Der Wert ist im Erzgebirgskreis auch im Vergleich zum sächsischen bzw. bundesdeutschen Zahlen deutlich höher. Generell ist die Pkw-Ausstattung in urbanen Räumen, wahrscheinlich aufgrund der verfügbaren Alternativen (u.a. dichteres ÖV-Netz, Quellen und Ziele in fußläufiger bzw. Radverkehrsdistanz), geringer, als im ländlichen Raum.

In Bezug auf die Verbreitung der vollelektrischen Fahrzeuge lassen sich geringe Schwankungsbreiten zwischen den Mittelwerten ausmachen, was auch auf die generell geringe Verbreitung zurückzuführen ist. Hybridfahrzeuge sind in der Stadt Chemnitz bezogen auf die Einwohnerzahl deutlich verbreiteter, als im sachsen- und deutschlandweiten Vergleich. Im Erzgebirgskreis ist die Verbreitung deutlich geringer.

2.3 Nutzung von elektrisch unterstützten Zweirädern (Pedelec/ S-Pedelec)

Elektrisch unterstützte Fahrräder verbreiten sich in den letzten Jahren deutlich schneller, als Pkw. Allerdings müssen sowohl klassische als auch elektrisch unterstützte Fahrräder nicht angemeldet werden, so dass keine genauen Zahlen aus dem Untersuchungsgebiet vorliegen. Diese sollen aus anderen Quellen abgeleitet werden.

In den jährlich erscheinenden Pressemitteilungen des Zweirad-Industrie-Verbandes e.V. (ZIV)⁵ werden sowohl Aussagen zum allgemeinen Kaufverhalten in Deutschland getätigt, aber auch der Markt der Pedelecs gesondert betrachtet. In der aktuellsten vorliegenden Mitteilung wird der seit Jahren anhaltende Trend zum verstärkten Absatz von Pedelecs auch für 2016 bestätigt. Der Marktanteil lag in diesem Jahr bei 15 % aller verkauften Räder, abgeschätzt wird ein Bestand von 3 Mio. Pedelecs innerhalb von Deutschland. Bei einem Gesamt-Fahrradbestand von etwa 75 Mio. Rädern in Deutschland ergibt sich eine Quote von etwa 4 % Pedelecs, Tendenz steigend.

In der Veröffentlichung wurden auch Informationen zum konkreten Absatz der verschiedenen Arten von Rädern gegeben. Demnach werden überwiegend Pedelecs verkauft, die den Fahrer bis 25 km/h beim Treten unterstützen (99 %), der Anteil der schnelleren (versicherung- und helm-pflichtigen) S-Pedelecs/ E-Bikes lag bei nur 1 %.

In Bezug auf die Altersverteilung der Nutzergruppen werden in der Veröffentlichung von „jünger und sportlicher“ werdenden Käufern gesprochen.

Keine Aussagen lassen sich aus den Zahlen in Bezug auf die Verteilung der Alltagsnutzer nach städtischen bzw. ländlichen Umfeld ableiten. Die Eignung wird jedoch in Studien thematisiert (vgl. Dokumentation AP II).

2.4 Charakterisierung der Ladestrukturen für Elektro-Pkw

Wie bereits aus der Beschreibung deutlich wurde, kommt den Lademöglichkeiten in Bezug auf die praktische Nutzbarkeit reiner Elektrofahrzeuge eine große Bedeutung zu. Anders als Hybrid-systeme sind die Pkw darauf angewiesen, vor der vollständigen Entladung der mitgeführten Akkus eine Möglichkeit zur Wiederaufladung zu finden.

In der Praxis ist die Bereitstellung entsprechender Möglichkeiten mit einer Reihe von technischen, rechtlichen und finanziellen Schwierigkeiten verbunden.

⁵ „Pressemitteilung Zahlen – Daten – Fakten zum Deutschen E-Bike-Markt 2016“, herausgegeben durch den Zweirad-Industrie-Verband, Bad Soden, März 2017, Download unter:
http://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PM_2017_07.03._E-Bike-Markt_2016.pdf

Ladesysteme

Grundsätzlich ist zu beachten, dass Elektro-Fahrzeuge mit Gleichstrom geladen werden, das Stromnetz aber Wechselstrom zur Verfügung stellt. Die Umwandlung erfolgt mittels „Konverter“, welche i.d.R. im Kfz integriert sind. Da diese Geräte jedoch aus Kosten-, Gewichts- und Abmessungsgründen nicht auf hohe Leistungen ausgelegt werden können, wenn sie in die Kfz eingebaut sind, ist die Ladeleistung an Wechselstromstationen fahrzeugseitig begrenzt. Als Alternative stellt sich die Auslagerung der Gleichrichtertechnik in die Ladesäulen dar, so dass die Akkus direkt mit Gleichstrom gespeist werden. Diese Technologie wird oftmals als „Schnellladung“ bezeichnet⁶. Bei dieser werden, wenn es fahrzeugseitig technisch möglich ist, etwa 80 % der Akkukapazität in weniger als 30 Minuten geladen.

Aufgrund der speziellen Anforderungen moderner Lithium-Ionen-Akkus dauert das vollständige Laden auf 100 % jedoch deutlich länger, da zum Ende des Ladevorgangs der Ladestrom absinkt (Konstantspannungsladung).

Weiterhin haben Langzeittests ergeben, dass ausschließliches Schnellladen zu negativen Effekten an den Akkus führt⁷. Deshalb wird das Schnellladen als Zwischenladung zur Reichweitenverlängerung gesehen – das „normale“ Laden ersetzt es aber nicht. Entsprechend werden Schnelllademöglichkeiten derzeit verstärkt entlang von Autobahnen geschaffen, wo diese Art des Ladens den praktischen Nutzen des Elektro-Kfz erhöht.

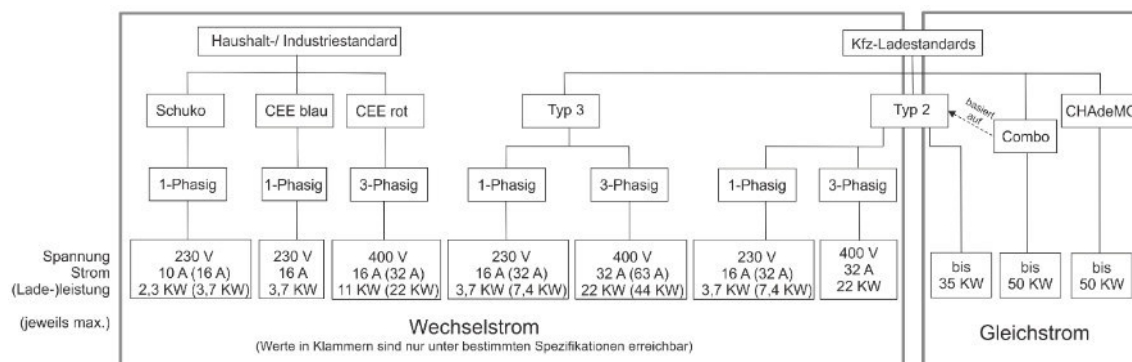
Die am stärksten verbreitete Lademöglichkeit ist die in allen Haushalten zu findende Schutzkontakt-Haushaltssteckdose. Serienmäßig werden die allermeisten Elektrofahrzeuge auch mit einem entsprechenden Ladekabel ausgeliefert. Die Schwierigkeit bei der Nutzung der Steckdosen besteht einerseits in den aus der begrenzten Leistungsfähigkeit des Anschlusses resultierenden langen Ladezeiten, andererseits aus der hohen Belastung des heimischen Stromnetzes, welches auf diese Dauerbelastung nicht ausgelegt ist.

Alternativ werden deshalb Lademöglichkeiten geschaffen, welche entweder auf bisher standardisierte Strom- und Steckersysteme zurückgreifen (z.B. rote oder blaue CEE-Industrie-Mehrphasenstecker). Weiterhin gibt es Lademöglichkeiten, welche direkt auf Kfz ausgelegt werden. In Europa weit verbreitet sind die Standards Typ 2 und Typ 3 mit Ladung per Wechselstrom. Per Gleichstrom wird vor allem über CCS („Combined Charging System“), einem auf Typ 2 basierenden Stecker geladen. Die Stecksysteme Typ 2 bzw. der auf Typ 2 basierende CCS sind als

⁶ vgl. Kapitel 2.2 ab S. 11 in „Vergleichsstudie von Systemansätzen für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen“, Schäuble, J. et al., Karlsruher Institut für Technologie (KIT), März 2016

⁷ Der Begriff „Schnellladung“ ist nicht einheitlich definiert. Technisch ist es auch möglich, mit Wechselstrom kurze Ladezeiten zu erreichen. Allerdings bedingt dies entsprechende fahrzeugseitige Technik und eine hohe Eingangsspannung.

europäischer Standard definiert. Es kommt insbesondere an asiatischen Fahrzeugen aber auch das CHAdeMO-System zum Einsatz. Der Elektro-Pkw-Hersteller Tesla baut eine eigene Infrastruktur exklusiv für seine Kunden auf, die „Tesla-Supercharger“. Weitere Systeme (z.B. Typ 1) sind in Europa kaum verbreitet.



Grafik 2: Übersicht der in Europa verbreitetsten Ladesysteme für Elektro-Kfz (eigene Darstellung)

Bei Anschluss an nicht speziell auf das Laden von Elektrofahrzeugen ausgerichteten Stromquellen per Steckdose/ CEE-Standard werden Sicherheits- und Kommunikationsfunktionen von einer im entsprechenden Ladekabel integrierten „In-Kabel-Controllbox“ (ICCB) übernommen.

An Ladestationen hingegen ist die Kommunikation durch gesonderte Strukturen des Ladekabels möglich.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die uneinheitlichen Lademöglichkeiten von den Nutzern eine gewisse Flexibilität verlangen, insbesondere wenn die Fahrzeuge außerhalb des heimischen Einzugsradius bewegt werden. Grundsätzlich gibt es durch Adapter die Möglichkeit, auch andere als die Standard-Lademöglichkeit zu nutzen – entsprechende Lösungen bedingen jedoch auch, dass diese mitgeführt werden und gewisse technische Grundkenntnisse der Nutzer vorhanden sind.

Hinsichtlich der maximal erreichbaren Ladeströme muss berücksichtigt werden, dass es maßgeblich von der Spezifikation der Kfz abhängt, ob hohe Leistungen auch genutzt werden können. Des Weiteren müssen die Stromkreise, an welche Lademöglichkeiten angeschlossen sind, auf die entsprechenden Leistungen dimensioniert sein. Dies kann schon bei bestehenden Hausanschlüssen zu Problemen führen.

Es gibt weitere, technisch mögliche, in der Praxis aber (noch) nicht verbreitete Möglichkeiten der Aufladung. Diese sollen im Folgenden kurz beschrieben, aber aufgrund fehlender Relevanz im Weiteren nicht weiter verfolgt werden.

Beim **induktiven Laden** fährt das Elektrofahrzeug über eine an das Stromnetz angeschlossene Bodenplatte, welche die Akkus über eine im Fahrzeug eingebaute Spule lädt. Das Verfahren ist

kontaktlos, bedingt also keine manuellen Handlungen wie das Einstecken des Ladekabels. Als Perspektive wird auch der Einbau von entsprechenden Lademöglichkeiten in die Fahrbahnen gesehen, so dass Zwischenladungen während des Haltes z.B. an LSA oder sogar während der Fahrt erfolgen.

Der **Tausch kompletter Akkupacks** als Alternative zum Laden sieht vor, den entladenen Speicher aus dem Pkw zu entnehmen und durch einen vollgeladenen zu ersetzen. Entsprechende Stationen sind technisch so ausgerüstet, dass der Austausch unter dem Pkw automatisiert vorgenommen wird. Die Wiederherstellung der Reichweite dauert so wenige Minuten. Als Schwierigkeit ist zu sehen, dass die Systeme eine Standardisierung der Speicher und der technischen Möglichkeit der Entnahme in den Fahrzeugen voraussetzt.

Zugänglichkeit und Charakterisierung von Lademöglichkeiten

Generell können Lademöglichkeiten in Bezug auf ihre praktische Nutzbarkeit eingeordnet werden:

- **Öffentliche** Lademöglichkeiten finden sich im öffentlichen Straßenraum (vgl. § 2 Straßengesetz), also entsprechend gewidmeten Straßen, Wegen und Plätzen.
- **Halb-öffentliche** Stationen sind grundsätzlich öffentlich zugängliche Lademöglichkeiten auf Privatgrund, also z.B. auf Parkplätzen von Einkaufszentren oder im Gelände von Tankstellen.
- **Nicht-öffentlich** sind Stromquellen im Privat-Haushalt, aber auch die auf wenige Nutzer begrenzten in einem nicht zugänglichen Firmengelände.

Weiterhin ist die bauliche Art der Lademöglichkeit zu unterscheiden:

- In Privathaushalten können normale **Schutzkontakt-Steckdosen** die Minimalversorgung sicherstellen, auch wenn dies lange Ladezeiten bedingt. Als in Haushalten ebenfalls verbreitete Standards können CEE-Anschlüsse ebenfalls genutzt werden, welche die Ladedauern verkürzen.
- Durch die Installation von „**Wandladestationen**“ können im Haushalt auch größere Ladeleistungen genutzt werden. Diese wird leistungsmäßig durch den Hausanschluss begrenzt.
- Im halböffentlichen und öffentlichen Raum kommen hingegen **Ladesäulen** zum Einsatz. Gemäß Ladesäulenverordnung⁸ (LSV) muss diese bei Neuerrichtung mit einem Anschluss „Typ 2“ oder „Typ 2-Combo“ ausgestattet sein (europäischer Standard), alternative Systeme

⁸ „Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile (Ladesäulenverordnung - LSV)“, 9.03.2016, veröffentlicht im BGBl. I S. 1520, geändert durch Art. 1 V v. 1.06.2017

können zusätzlich zum Einsatz kommen. Eine Säule kann mehrere Ladepunkte beinhalten (parallele Aufladung verschiedener Fahrzeuge), allerdings muss jeder eigenständige Ladepunkt über Typ 2-Lademöglichkeiten verfügen.

Um ein Elektro-Kfz laden zu können, ist eine generelle Voraussetzung eine nicht zu weit vom Kfz entfernte Stromquelle, da die Länge der Ladekabel begrenzt ist (üblich sind Kabel zwischen 2,5 m und 4 m, größere Längen sind aber auch möglich). Bei heimischen Lademöglichkeiten bietet sich eine entsprechende Positionierung z.B. in Garagen oder Carports an. Bei öffentlichen Ladesäulen sind Parkmöglichkeiten in direkter Nähe zu schaffen.

Besonderheiten an öffentlichen Ladestationen

Die öffentlichen und halb-öffentlichen Ladepunkte müssen i.d.R. eine Möglichkeit der **Bezahlung** des geladenen Stromes aufweisen. In den Anfangsjahren war die kostenlose Abgabe noch durchaus verbreitet, da der Aufwand der Entwicklung und Vorhaltung eines Abrechnungssystems den (geringen) Einnahmen gegenübergestellt wurde. Mit weiterer Verbreitung der Elektromobilität einer- und der Standardisierung der Ladestrukturen andererseits wird dieses Modell wohl zurückgehen.

Im Juni 2017 wurden die Anforderungen in einer Änderung zur Ladesäulenverordnung dahingehend verändert, dass Betreiber eines Ladepunktes die Aufladung nicht an eine vorherige Authentifizierung knüpfen dürfen. Gemäß § 4 der Verordnung kann dies durch kostenlose Abgabe, Barzahlung oder Nutzung eines gängigen karten- bzw. webbasierten Abrechnungssystem erfolgen.

Praxis ist bislang, dass die Betreiber eines Ladepunktes eigene Identifikations- und Abrechnungssysteme verwendet haben, welche die flexible Nutzbarkeit in einem bestimmten Einzugsbereich zwar ermöglichte, im großräumigen Kontext aber unpraktisch ist. Die neue Regelung soll hingegen unabhängig von einzelnen Betreibern eine kommunen- und länderübergreifende Nutzung möglich machen.

In Deutschland bzw. Europa haben sich mehrere „Provider“ etabliert, welche diesen Ansatz bereits verfolgen und die Nutzbarkeit verbessern sollen. Diese arbeiten i.d.R. mit Partnern (z.B. Stadtwerken) zusammen, um eine großflächige „eigene“ Ladeinfrastruktur anbieten zu können. Weiterhin werden mittels „Roaming“ Stationen anderer Anbieter in das System integriert. Als Beispiele für größere Anbieter in Deutschland können benannt werden:

- Plugsurfing (www.plugsurfing.de)
- Ladenetz (www.ladenetz.de)
- The New Motion (www.newmotion.de)

Die Freischaltung der in den Systemen enthaltenen Lademöglichkeiten erfolgt per RFID-Chip und/ oder per Smartphone-App. Die Preise und Abrechnungsmodalitäten sind an den Ladestationen unterschiedlich gehandhabt.

Generell sind verschiedene Verfahren der **Abrechnung** des Ladevorganges in Anwendung:

- Die schon erwähnte **kostenlose Abgabe** wird vor allem von Anbietern praktiziert, die den Aufwand der Abrechnung nicht mit den potenziellen Einnahmen abgedeckt sehen. Beim Automobilhersteller Tesla war die kostenlose Aufladung an den „Superchargern“ Teil der Verkaufsstrategie, zwischenzeitlich ist die Strommenge jedoch begrenzt worden und es fallen beim Stehenbleiben an der Säule trotz aufgeladenen Akkus Parkgebühren an.
- Ähnlich wie an der klassischen Tankstelle erfolgt die **verbrauchsabhängige Abrechnung**. Es wird nur die Strommenge berechnet, welche geladen wurde. Allerdings können die Preise höher liegen, als z.B. an der heimischen Ladestation.
- **Zeitbasiert** abgerechnet wird, wenn nur die Dauer des Aufladevorgangs zugrunde gelegt wird. Diese Form kann insbesondere dann problematisch sein, wenn der Pkw nur eine begrenzte Leistung aufnehmen kann. Die langen Ladeaufenthalte werden teuer.
- **Pauschalen** bieten die Möglichkeit, innerhalb eines bestimmten Zeitraums beliebig oft das Kfz an den zum Anbieter gehörenden Ladepunkten zu laden. Diese Form ist vor allem für Nutzer interessant, die überwiegend auf öffentliche Ladesäulen zurückgreifen.
- Es gibt weiterhin **Mischformen**, also Stationen, an denen neben dem Verbrauch auch die Zeit an der Ladesäule eine Rolle spielt.

Eine pauschale Aussage, welche Form der Abrechnung finanziell am „günstigsten“ ist, kann nicht getätigt werden. Dies hängt von den verlangten Preisen und den technischen Voraussetzungen ab und kann stark variieren. Eine Rolle spielt auch, wie die Regulierung bzgl. des Parkens an der Ladesäule nach dem eigentlichen Ladevorgang gehandhabt wird. Im Interesse der „Freihaltung“ der Ladepunkte für andere Nutzer, aber auch um „Ladeparken“⁹ zu unterbinden, können dann nämlich zusätzliche Gebühren anfallen.

Freihaltung von Ladesäulen/ Priorisierung von Elektrofahrzeugen

Verkehrsrechtlich ist die Priorisierung von Elektrofahrzeugen gegenüber Verbrennern im öffentlichen Straßenraum durch verschiedene Beschilderungen möglich. Üblich ist die Ausweisung unter Zeichen 286 (eingeschränktes Halteverbot) per Zusatzzeichen 1026-60 (Text: „Elektrofahrzeuge während des Ladevorgangs frei“). Damit wird die Möglichkeit des Parkens auf die Zeit des Aufladens beschränkt.

In einigen Städten wird hingegen nicht auf den Zustand des Ladens abgestellt (welcher je nach Fahrzeug, Ladesystem und bei Ankunft vorhandenem Reststrom variiert), sondern der Vorgang generell zeitlich begrenzt.

⁹ „Ladeparken“ wird praktiziert, wenn das Aufladen des Fahrzeugs bereits abgeschlossen ist oder vorwiegend nur zum Schein erfolgt, um z.B. in einem Gebiet mit hohem Parkdruck das Kfz abstellen zu können. Dadurch wird die Ladesäule für andere Nutzer blockiert.

So gibt beispielsweise die Hansestadt Hamburg maximal zwei Stunden Zeit zum kostenlosen Abstellen an Ladesäulen (werktags zwischen 9 und 20 Uhr), anschließend muss das Fahrzeug umgeparkt werden¹⁰.

Nachteilig ist an dieser Variante zu sehen, dass die Beschränkung der Ladedauern zu Reichweitenproblemen führen können. Auch die praktische Nutzbarkeit ist z.B. für Besitzer, die tagsüber einer Beschäftigung nachgehen und ihr Fahrzeug nach der Fahrt zum Arbeitsplatz aufladen wollen, beschränkt. Diese müssen nach 2 Stunden den Arbeitsplatz verlassen, um das Fahrzeug (unabhängig vom Ladezustand) umzuparken.

Herausforderungen einer anwenderfreundlichen Ladestruktur

Ausgehend von den Erkenntnissen zu den Lademöglichkeiten und den technischen Voraussetzungen sollen im Folgenden die wichtigsten Anforderungen an eine Ladeinfrastruktur formuliert werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass grundsätzlich alle derzeit in Serie hergestellten Elektro-Pkw den Anforderungen der Alltagsmobilität gewachsen sind (die thematische Vertiefung ist in Arbeitspaket II vorgesehen).

Das Laden am heimischen Anschluss über Nacht kann als verbreitetste Form der Wiederherstellung der vollen Reichweite gesehen werden. Entsprechende Ladelösungen in der Garage/ im Carport eines Eigenheims sind technisch ausgereift und mit akzeptablen Aufwand zu installieren. Als Herausforderung ist die Vorhaltung von Lademöglichkeiten im verdichteten städtischen Bereich zu sehen, wo Fahrzeuge im Straßenraum abgestellt werden. In Anlehnung an die „heimische Garage“ als Pendant würden sich folgende Ideal-Anforderungen ergeben:

- keine Einschränkung der Ladedauer,
- ähnliche Stromtarife wie im Privathaushalt,
- keine Beschränkung der Parkzeit,
- zuverlässige Verfügbarkeit der Parkmöglichkeit (z.B. beim abendlichen Ankommen „zu Hause“).

Es wird deutlich, dass die Erfüllung einiger dieser Anforderungen auf eine quasi-persönliche Zuordnung von öffentlichem Parkraum hinauslaufen würde. Dies würde bei entsprechender Verbreitung zu erheblichen Beschränkungen für „normale“ Nutzer führen und widerspricht der Vorgabe des Allgemeingebrauchs öffentlicher Straßen nach § 13 Straßengesetz. Auch wenn die Förderung der Elektromobilität erklärtes Ziel ist, ist dies als rechtlich schmaler Grat zu sehen.

¹⁰ Vgl. Information der Polizei Hamburg zu „Sonderparkplätze für E-Kfz“ (Abruf am 24.08.2017) unter <http://www.polizei.hamburg/service/6808000/e-kfz/>

2.5 Verbreitung von Kfz-Ladestrukturen im Untersuchungsgebiet

Eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Ladeinfrastrukturen im Untersuchungsgebiet ist von gewissen Schwierigkeiten geprägt. So existiert kein „offizielles Verzeichnis“, so dass auf zugängliche Quellen zurückgegriffen wurde. Diese sind i.d.R. im Internet zu findende Karten, in welchen die verfügbaren Lademöglichkeiten verzeichnet sind. Der Erzgebirgskreis erarbeitet gegenwärtig ein eigenes Verzeichnis. Entsprechend der praktischen Relevanz sind in den verfügbaren Quellen nur öffentliche oder teil-öffentliche Angebote enthalten.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus der sich über mehrere Jahre hinziehende „ungeregelte“ Installation von Ladesäulen/ Ladepunkten. Erst mit Einführung der LSV wurde eine Festlegung getroffen, welche (Mindest-) Standards eingehalten werden müssen und wie sich „Ladepunkte“ definieren (mindestens eine Lademöglichkeit Typ 2 oder Combo-Typ 2 pro Ladepunkt erforderlich).

Da diese Anforderungen sich nur auf neu zu bauende Säulen beziehen, können ältere Lademöglichkeiten nicht ohne weiteres entsprechend eingeordnet werden. Deshalb wird die Anzahl der in den ausgewerteten Quellen ausgewiesenen Anschlüsse herangezogen.

Insgesamt sind 63 Ladesäulen mit 155 Lademöglichkeiten vorhanden. Diese verteilen sich wie folgt auf den Erzgebirgskreis und die Stadt Chemnitz sowie in Bezug auf die angebotenen Standards:

Administrative Einheit	Ladesäulen	Ladepunkte (Typ2/ Combo Typ2)	Ladepunkte (andere)	Ladepunkte Gesamt
Chemnitz (Stadt)	29	50	35	85
Erzgebirgskreis	34	36	36	72

Tabelle 4: Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladesäulen und -punkte im Untersuchungsgebiet

In Chemnitz ist Typ2 bereits der am weitesten verbreitete Standard (60 % der Ladepunkte), im Erzgebirgskreis ist die Hälfte der Ladepunkte mit den Anschlüssen ausgestattet.

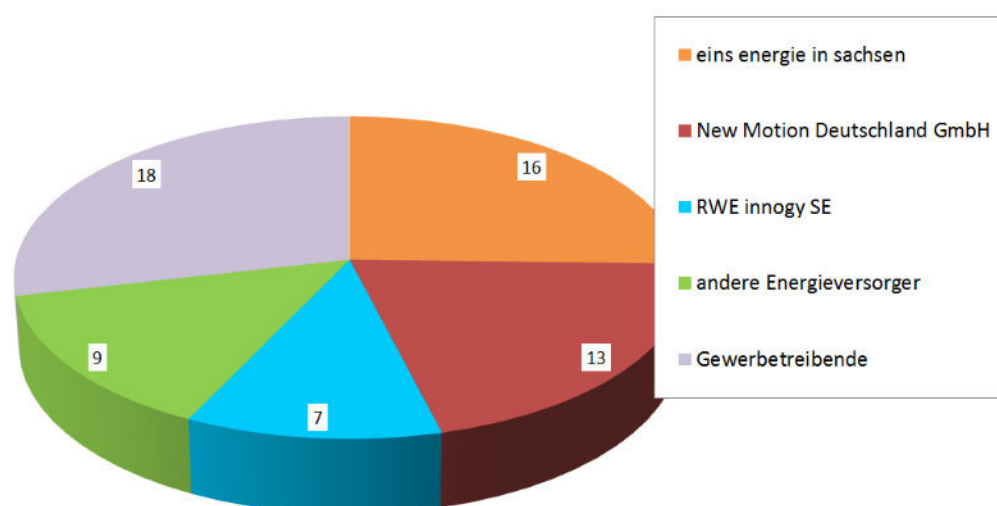
Die räumliche Einordnung der Ladesäulen und die Anzahl der vorgehaltenen Ladepunkte sind in **Abbildung 2.1** dargestellt. Es wird deutlich, dass die Verteilung im Raum unregelmäßig ist. Im Erzgebirgskreis dürfte dies auf eine Orientierung auf die Einwohnerzahlen bei der Einordnung der Lademöglichkeiten zurückzuführen sein – Konzentrationspunkte sind hier vor allen in den Städten (Aue, Stollberg, Annaberg-Buchholz) zu finden. Allerdings gibt es auch vergleichbar große Städte, welche keine öffentliche Ladestruktur vorweisen (z.B. Schwarzenberg).

Auch in Chemnitz ist eine disperse Struktur erkennbar. Die vorhandenen Lademöglichkeiten konzentrieren sich auf einer Nord-Süd-Achse über die Stadtmitte und im Westen an der B 173. In den Stadtteilen Kaßberg/ Altendorf oder Lutherviertel/ Gablenz/ Adelsberg hingegen sind keine Lademöglichkeiten vorhanden.

Der überwiegende Teil der Ladesäulen im Untersuchungsgebiet ist als „halböffentlich“ einzuordnen, befinden sich also auf Privatflächen, welche befahren werden dürfen (55 von 62). Zum Teil sind die Stationen aber nur zu bestimmten Zeiten nutzbar (z.B. während der Öffnungszeiten der zur Verfügung stellenden Firmen). Die verbleibenden sieben Ladesäulen wurden als „öffentlich“ klassifiziert.

Es existiert derzeit nur zwei Schnelllademöglichkeiten im gesamten Untersuchungsgebiet, welche sich in Chemnitz (Röhrsdorfer Allee sowie an der Chemnitzer Straße) befinden. Erstere stellt 20 kW via CCS zur Verfügung und wird durch das örtliche BMW-Autohaus betrieben, die zweite befindet sich am Kaufland bietet 50 kW via CHAdeMO oder CCS. Genutzt werden können sie nur während der Öffnungszeiten (bei BMW ist zudem eine vorherige Anmeldung per Email erforderlich).

Der Großteil der Säulen im Untersuchungsgebiet wird von Energieversorgungsunternehmen betrieben, wobei neben dem lokalen Anbieter „eins energie“ (Schwerpunkt Chemnitz) auch New Motion und RWE stark vertreten sind. Die räumliche Verteilung ist in **Abbildung 2.2** dargestellt.



Grafik 3: absolute Verteilung der Anbieter im Untersuchungsgebiet

18 Säulen werden von Gewerbetreibenden der Region betrieben (überwiegend Autohäuser, Gaststätten, Hotels).

2.6 Ladestrukturen für Elektro-Zweiräder (Pedelec)

Technisch bedingt das Aufladen von Pedelecs i.d.R. das Mitführen der entsprechenden Ladegeräte, da genormte Standards für Ladeströme, Stecksysteme und Akkukapazitäten im Bereich der Zweiräder nicht gegeben sind. Die Ladegeräte müssen beim Aufladen gegen Diebstahl, aber auch Witterungseinflüsse gesichert werden. Eine verbreitete Möglichkeit ist deshalb das Vorhalten von Schließfächern mit eingebauter Steckdose.



Foto: Schließfächer zum Laden von Pedelec-Akkus im Fahrradraum der „Höfe am Brühl“, Leipzig

Es gibt auch Ladestationen für Pedelecs, welche Ladegeräte „eingebaut“ haben und die benötigte Ladespannung anbieten. Allerdings besteht bei diesen Geräten das Problem der Passfähigkeit der Anschlüsse, welche zum Teil mittels Adapterlösungen realisiert wird. Der Hersteller „bike energy“ bietet dazu aktuell 22 verschiedene Adapterkabel an¹¹.

Die Vorhaltung von Ladeinfrastrukturen für Pedelec ist grundsätzlich nicht mit den Anforderungen aus dem Pkw-Bereich zu vergleichen, da sich das Einsatzspektrum unterscheidet. Gerade innerstädtische Fahrten (inkl. Rückweg) dürften unterhalb der durchschnittlichen Reichweite von Pedelecs (derzeit mindestens 40 km) liegen. Die Notwendigkeit von „Zwischenladungen“ ist somit i.d.R. nicht gegeben. Zudem lassen sich Pedelec „im Notfall“ auch ohne geladene Akkus fahren.

Als potenzielle Nutzer für eine öffentliche Ladeinfrastruktur sind insbesondere Radtouristen zu sehen.

¹¹ Vgl. Homepage des Herstellers Bike-Energy unter <https://shop.bike-energy.com/produkt-kategorie/ladekabel/> (Abruf: 21.08.2017)

3. Auswertung von Projekten und Studien

3.1 Vorbemerkungen

Die Förderung von Elektromobilität ist vor dem Hintergrund der gestellten Ziele aktuell Gegenstand einer Reihe von Untersuchungen. Deren inhaltliche Ausrichtung ist mit dem vorliegenden Projektgegenstand der Elektromobilität in der Stadt-Umland-Beziehung bzw. in der Verknüpfung zum ÖPNV zum Teil vergleichbar. Es wurden insgesamt sieben Projekte analysiert und hinsichtlich der Erkenntnisse in Bezug auf den Untersuchungsgegenstand bewertet. Insgesamt stellt sich als Schwierigkeit dar, dass die Projekte i.d.R. nach Ablauf der Laufzeit ohne wissenschaftliche Begleitung fortgeführt wurden, so dass die weiteren Entwicklungen z.B. in Bezug auf Nutzung oder Nachfrage nicht mehr dokumentiert wurden. Andere Projekte sind hingegen ohne Fortführung „ausgelaufen“.

Die Ergebnisse wurden in Steckbriefen zusammengefasst und im Rahmen der Dokumentation zum zweiten Arbeitspaket dem Auftraggeber übergeben. Im Folgenden soll auf die wesentlichen Erkenntnisse mit Relevanz für die vorliegende Studie eingegangen werden.

3.2 Wesentliche Erkenntnisse der Projekte

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Elektromobilität als Chance einer Neuausrichtung der Mobilität gesehen wird. Entsprechend versuchten die ausgewerteten Projekte, Privatfahrten oder Logistiknachfrage elektromobil abzuwickeln oder die Elektromobilität als Möglichkeit einer multimodalen Wegekette unter Einbezug des örtlichen ÖV zu etablieren. Dabei kann auch eine gewisse Offenheit bzw. Neugierde von den Nutzern in Bezug auf die Fahrzeuge abgeleitet werden.

Allerdings war diese Zielstellung nicht immer gegeben, vielmehr wurde in einigen Projekten eher eine Alternative zum ÖPNV etabliert. Ob dies als wirkungsvolle Ergänzung zu den bestehenden ÖV-Systemen zu sehen ist, welche zur Stärkung beitragen, oder eher die Gefahr der Kannibalisierung bergen, muss hinterfragt werden.

Als generelle Aussagen aus den Praxistests zur Nutzbarkeit von elektrisch angetriebenen oder unterstützenden Fahrzeugen können aus den Projekten abgeleitet werden:

- Systembedingte Zugangshemmnisse zu elektrisch angetriebenen oder unterstützten Fahrzeugen konnten durch den praktischen Umgang schnell abgebaut werden. Dabei wurden Pedelecs i.d.R. sehr schnell „verstanden“, bei Elektro-Kfz dauerte dies etwas länger.
- Während sowohl Pedelecs als auch Elektrofahrzeuge in den Sommermonaten oft und gern genutzt wurden, sind die Wintermonate problematischer. Bei Elektro-Kfz sinkt die Reichweite durch die Außentemperaturen insbesondere durch das Einschalten der Heizung. Dadurch kann es zu Problemen in den Wegeketten kommen, welche bei wärmeren Temperaturen

- unkritisch sind. Bei Pedelecs müssen die schlechten Witterungsbedingungen allgemein als Hinderungsgrund der Nutzung im Winter gesehen werden.
- Im Bereich der Citylogistik wurden ähnliche Erfahrungen gemacht: Fahrzeuge, die bei warmen Temperaturen problemlos ihre Aufgaben erfüllten, stießen im Winter an ihre Grenzen.
 - Als Problem in Bezug auf die Praxistests stellten sich zum Teil auch die kurzen Laufzeiten dar. Gerade im – in Bezug auf das Ziel im vorliegenden Projekt inhaltlich nahe kommenden – Bericht zu „inmod“ (Nr. 3) wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass es innerhalb von zwei Jahren kaum möglich ist, mit neu aufgestellten ÖPNV-Angeboten eine breite Nutzerschaft zu gewinnen.
 - Die Projekte zeigten, dass in der Praxis „trivial“ erscheinende Probleme durchaus Auswirkungen auf die Nutzerakzeptanz haben können (platte Reifen bei Pedelecs, laute Lüftergeräusche beim Laden von Fahrzeugen, Überlastung von Stromkreise trotz ausreichender Auslegung etc.)
 - Der Wert der Pedelecs bedingt, dass sichere Abstellmöglichkeiten an den vorgesehenen Abstellorten geschaffen werden, damit Nutzer diese akzeptieren.
 - Die Mitnahme von Pedelecs im ÖV wurde aufgrund des Gewichts und der Handlichkeit von den Nutzern eher kritisch bewertet.

4. Stärken – Schwächen – Chancen – Risiken

4.1 Vorbemerkungen

Die SWOT-Analyse (Strengths = Stärken, Weaknesses = Schwächen, Opportunities = Chancen und Threats = Risiken) soll eine Positionsbestimmung und damit die Grundlage der Strategieentwicklung sein.

Die sich daraus ergebende Matrix zeigt das Spannungsfeld, in dem sich die Förderung der Elektromobilität als Zukunftsperspektive im Sinne der Beibehaltung motorisierter, individueller Mobilität befindet. Nur, wenn die Schwächen reduziert werden, kann eine erfolgreiche Etablierung erfolgen. Grundsätzlich muss aber beachtet werden, dass die Elektrofahrzeuge derzeit (noch) in direkter Konkurrenz zu Verbrennungs-Motor-getriebenen Fahrzeugen stehen und demnach ein direkter „Vergleich“ durch die Nutzer stattfindet. Diese wägen die spezifischen Vor- und Nachteile ab und entscheiden anschließend, welches Antriebskonzept sie nutzen wollen. Aufgrund der Endlichkeit fossiler Treibstoffe und dem damit verbundenen Preisanstieg werden sich die Entscheidungs-Parameter innerhalb der Konkurrenzsituation noch verschieben. Nicht sicher abgeschätzt werden kann jedoch, in welcher Größenordnung und welchen Zeiträumen dies erfolgt.

4.2 Anwendung der SWOT-Analyse auf die Elektromobilität

In der folgenden Grafik ist die SWOT-Analyse für die Elektromobilität dargestellt. Die Stärken und Schwächen wurden umfassend im ersten Arbeitspaket (AP) dokumentiert und sollen an dieser Stelle inhaltlich nicht weiter untersetzt werden.

Stärken	<ul style="list-style-type: none"> • keine (direkten) CO₂-Emissionen • lärm- und schadstoffarme Fortbewegung • keine Abhängigkeit von endlichen fossilen Treibstoffen • niedrige Kosten in Betrieb und Unterhalt • Fahrspaß (z.B. Beschleunigung) 	Schwächen
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • flächendeckende Reduzierung Emissionen des MIV (Lärm, Abgase,...) • Klimaschutz • Reduzierung der Abhängigkeit vom Ölpreis/ Ölförderländern • (Weiter-)nutzung etablierter Infrastrukturen (Straßen, Parkplätze,...) • Innovationsmotor 	Risiken
	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Reichweiten • lange Ladezeiten • hoher Anschaffungspreis • geringere Flexibilität • Abhängigkeit v. begrenzten Ressourcen (z.B. seltene Erden im Akku) • Verschleiß Akku (kostenintensiv) • unzureichende Ladeinfrastruktur 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Bereitstellung regenerativ erzeugten Stroms? • Probleme beim Stromtransport? • Entwicklung Kraftstoff-/ Strompreise? • Technologieschübe realistisch? • Neue Abhängigkeiten? • „Verschlafen“ einer notwendigen Verkehrswende? • Gefahr von Fehlinvestitionen? 	

Grafik 4: Matrix der SWOT-Analyse Elektromobilität

Hingegen werden die Chancen und Risiken näher beleuchtet. Diese ergeben sich zum Teil aus der Annahme, dass tatsächlich der überwiegende Teil der Kfz elektrisch angetrieben wird.

Als **Chance** kann demnach gesehen werden:

- Flächendeckende **Reduzierung der Emissionen des MIV** (Lärm, Abgase,...) besonders innerhalb der Städte. Dadurch können bestehende negative Auswirkungen des MIV auf die im Sinne der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes reduziert werden.
- In Bezug auf den **Klimaschutz** kann die Verbreitung/ Nutzung der Fahrzeuge auch außerhalb der Städte als wirksam eingeordnet werden. Ausschlaggebend wird jedoch sein, ob die Fahrzeuge tatsächlich mit Strom aus regenerativen Quellen versorgt werden (können).
- Die **Reduzierung der Abhängigkeit vom Ölpreis/ Ölförderländern** ist in Hinblick auf die globalen und politischen Strukturen interessant. In der Ölpreiskrise 1973 wurde deutlich, welche Auswirkungen die Abhängigkeit haben kann. Aber auch in der jüngeren Vergangenheit waren Preisspitzen, ausgelöst z.B. durch Kriege, zu verzeichnen.
- Die **(Weiter-)nutzung etablierter Infrastrukturen (Straßen, Parkplätze,...)** kann als Vor- aber auch als Nachteil gesehen werden. Eine Umstellung der vorhandenen Infrastrukturen wäre einerseits mit hohen Kosten verbunden, andererseits ist die Flächenversiegelung und die verkehrliche Überprägung der Städte und Landschaften nicht vorteilhaft einzuordnen.
- Als **Innovationsmotor** stellt sich die Elektromobilität vor allen in den Bereichen Automobilbau, Aufbau von Versorgungsstrukturen, Erzeugung regenerativer Energien und Smart-Grid dar. Insbesondere durch die Verknüpfung bzw. Integration der Elektromobile z.B. in Strom-Speicherlösungen kann für die Energiewende eine Stärke sein.

Wie in der Beschreibung ersichtlich, können einige der als „Chance“ eingeordneten Aspekte durchaus ambivalent gesehen werden. Bei den als Fragen formulierten **Risiken** ist die Einordnung hingegen „eindeutiger“:

- Kann eine **ausreichende Menge regenerativ erzeugten Stroms** bereitgestellt werden? Nur wenn dies möglich ist, kann elektromobil z.B. als luftschadstoff- und klimaunkritisch eingeordnet werden. Allerdings wird regenerativ erzeugter Strom nicht nur für die Mobilität benötigt, sondern soll auch in der bisherigen Stromversorgung einen immer größer werdenden Anteil ausmachen.
- Wie entwickeln sich **Kraftstoff- und Strompreise**? Elektromobilität wird sich dann einfacher durchsetzen können, wenn sich aus der Nutzung klare wirtschaftliche Vorteile ergeben. Während eine Erhöhung der Kraftstoffpreise aufgrund der Endlichkeit des Ausgangsrohstoffes mittel- bis langfristig wahrscheinlich ist, kann eine Prognose für den Strompreis weniger zuverlässig abgegeben werden. Aufgrund der im vorherigen Punkt bereits beschriebenen Konkurrenzsituation um regenerativ erzeugten Strom ist eine Erhöhung der Kosten nicht unwahrscheinlich. Entscheidend wird sein, wie sich die beiden Preise im Verhältnis zueinander entwickeln.
- Werden die **Probleme beim Stromtransport** überwunden? Strom aus regenerativen Quellen kann nicht in allen Regionen Deutschlands und zu allen Zeitpunkten im gleichen Maße erzeugt werden. Deshalb müssen größere Strommengen durch das Land transportiert werden, was neue Stromtrassen bedingt. Wenn diese in Form von Freileitungen geplant werden, ist erheblicher Widerstand aus der betroffenen Bevölkerung wahrscheinlich, als Erdkabel fallen hohe Kosten bei Installation und Wartung an.
- Sind die beschriebenen **Technologieschübe** realistisch? In der Literatur zur Elektromobilität werden oftmals Entwicklungen angekündigt, die eine breitere Durchsetzung wahrscheinlicher machen. So sollen Akkus z.B. kleiner, leichter, leistungsfähiger und günstiger werden und dabei schneller zu Laden sein. Ob diese Ziele in dem Maße erreicht werden, dass sie tatsächlich die erhofften Verbesserungen im Vergleich zum Verbrennungsmotor bringen, kann derzeit nicht abgesehen werden.
- Werden **neue Abhängigkeiten** geschaffen? Bei den Chancen wurde die Reduzierung der Abhängigkeit vom Ölpreis/ Ölförderländern benannt. Insbesondere die modernen Akkus und Elektromotoren benötigen u.a. Rohstoffe aus der Gruppe der „seltene Erden“ (z.B. Praseodym, Neodym, Lanthan), welche es weltweit nur in wenigen Ländern gibt und um die bereits erste Konflikte ausgebrochen sind. Diese „neuen“ Abhängigkeiten können durchaus kritisch in Hinblick auf die Verbreitung von Elektromobilität sein.
- Wird eine notwendige **Verkehrswende verschlafen**? Derzeit wird die individuelle Elektromobilität oftmals als Möglichkeit eines eins-zu-eins-Ersatzes des klassischen Kfz gesehen. Wie sich aus der Beschreibung der Risiken ergibt, ist eine solche Substitution möglicherweise nicht realistisch. Benötigt würden demnach alternative Strategien und Maßnahmen, welche die Mobilität für die gesamte Bevölkerung auch ohne eigenes Kfz absichern können. In die-

sem Sinne argumentieren auch 15 emeritierte Verkehrsprofessoren Deutschlands und Österreichs in einer Veröffentlichung im November 2017¹², in der es u.a. heißt: „Bei Übertragung des vollen Motorisierungsgrades [auf die ganze Welt] wären es bereits heute mehr als vier Milliarden Autos, eine Anzahl, die alle Vorstellungen einer ökologischen Verträglichkeit sprengt.“ Auch weitere der beschriebenen Risiken werden in dem Papier thematisiert. Die (eigentlich) notwendige „Verkehrswende“ sollte frühzeitig vorbereitet werden, dürfte aber derzeit als politisch eher „unpopulär“ gelten.

- Besteht die **Gefahr von Fehlinvestitionen**? Die derzeitige öffentliche Förderung der Elektromobilität zeigt deutlich, dass eine Verbreitung ohne Zuschüsse, also aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten, zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich ist. Theoretisch ergibt sich daraus auch die Gefahr, dass in eine Technologie investiert wird, welche niemals eigenwirtschaftlich funktionieren wird. Demnach sollten heutige Investitionen und Investitionsabsichten immer schrittweise durchgeführt und durch ein Monitoring begleitet werden, so dass Fehlentwicklungen frühzeitig identifiziert und modifiziert werden können.

Insgesamt ergibt sich ein sehr inkonsistentes Bild von Chancen und Risiken mit vielen Unbekannten. Im Folgenden soll die Betrachtung auf das Untersuchungsgebiet heruntergebrochen und die lokalen Besonderheiten mit berücksichtigt werden. Daraus ergeben sich erste Handlungsempfehlungen und Strategien, die dann im dritten Arbeitspaket vertieft werden.

5. Strukturelle Situation im Untersuchungsgebiet

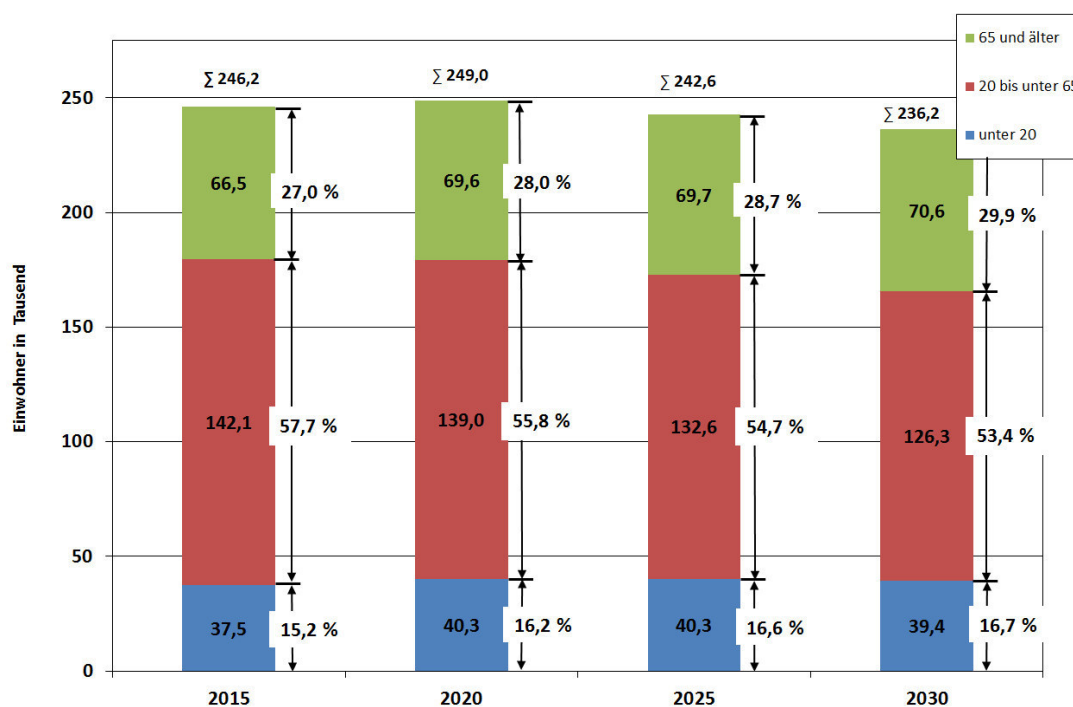
5.1 Einwohnerentwicklung

In Bezug auf die derzeitige und zukünftige Nachfrage ist auch die Entwicklung der Einwohnerzahlen sowie der Altersstrukturen von Relevanz. Der Freistaat Sachsen ist seit Jahren von einer stark rückläufigen Bevölkerung geprägt. In der positiveren Variante 1 der „6. Regionalisierten Bevölkerungsprognose des Freistaates Sachsen“¹³ (6. RBV) wird davon ausgegangen, dass Sachsen bis zum Jahr 2030 einen weiteren Bevölkerungsrückgang von ca. 13 % (entspricht etwa 500.000 Einwohnern) verkraften muss.

Für Chemnitz nimmt die RBV in der positiveren Variante 1 zwar eine leichte Zunahme der Bevölkerung zwischen 2015 und 2020 auf 249.000 an, anschließend wird jedoch ein Rückgang auf 236.000 Einwohner prognostiziert. Damit setzt sich grundsätzlich der 1990 eingesetzte Schrumpfungsprozess fort (gemeldete Einwohner 1990: 317.000).

¹² „Elektromobilität: Macht der Wandel des Fahrzeugantriebs den Verkehr umweltfreundlich?“, herausgegeben von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann und 14 anderen ehemaligen Hochschullehrern, Berlin/ Wien, November 2017, Download unter: <http://www.zeit.de/stellungnahme-elektromobilitaet-november-2017.pdf>, dazu auch ein Artikel auf der Homepage des Magazins Zeit „Emissionsfreie E-Autos gibt es gar nicht“ unter: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-11/elektromobilitaet-emissionen-elektroautos-kritik>

¹³ veröffentlicht durch das Statistische Landesamt des Freistaates Sachsen, Ergebnisse abrufbar unter: <http://www.demografie.sachsen.de/monitor/html/atlas.html>

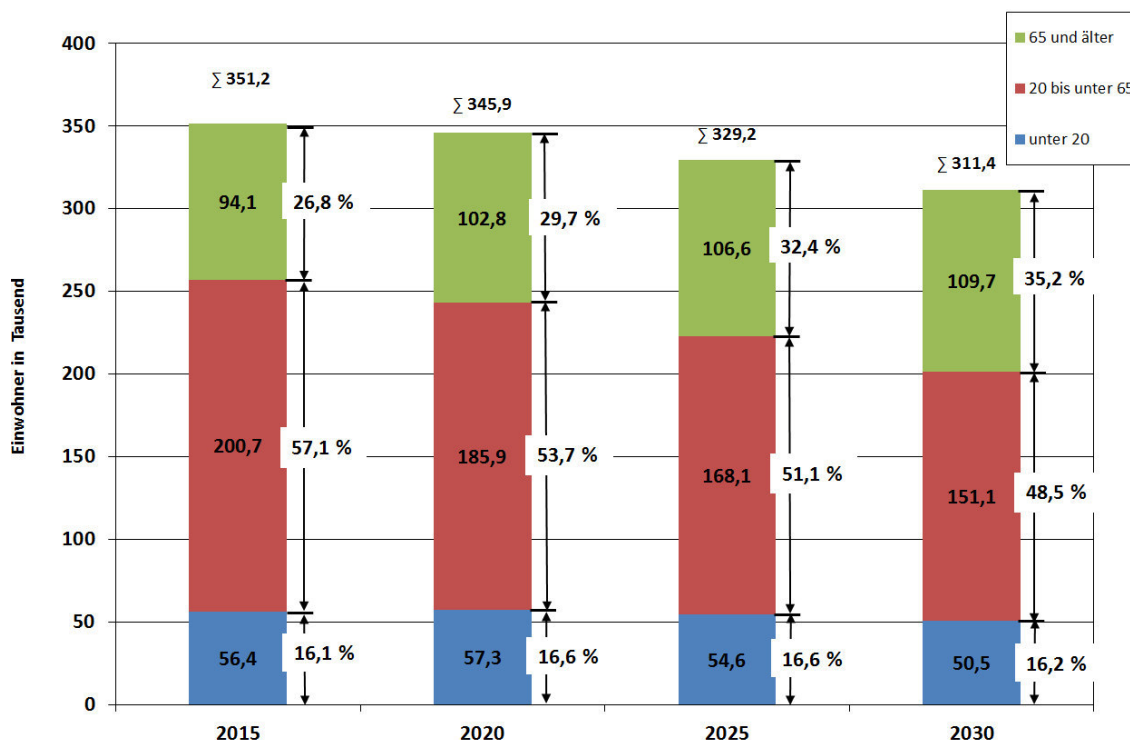


Grafik 5: Einwohnerentwicklung und Altersverteilung in der Prognose bis 2030 lt. 6. RBV/ Variante 1 in Chemnitz (Angaben des Statistischen Landesamtes Sachsen)

Neben der absoluten Einwohnerentwicklung ist hinsichtlich der verkehrlichen Effekte auch die Betrachtung der Altersstrukturen von Relevanz. Dies hängt mit den unterschiedlichen Mobilitätsbedürfnissen in den Lebensphasen zusammen (Kindergarten – Schule – Ausbildung – Berufstätigkeit – Ruhestand).

Im Bereich der Einwohner im berufstätigen Alter (es kann von einer Einordnung in der Klasse zwischen 20 bis 65 Jahre ausgegangen werden) ist ein gewisser Rückgang sowohl absolut als auch relativ gegeben. Im Gegensatz dazu wächst der Anteil der Einwohner, welche dem Ruhestand (65+) zuzuordnen sind, von etwa 15 % auf fast 17 % bis 2030 an. In absoluten Zahlen mit einem leichten Zuwachs bis 2020 und anschließend eher stabiler Entwicklung werden die unter 20-Jährigen prognostiziert. Aufgrund des Rückgangs der Gesamtbevölkerung steigt der relative Anteil laut der Prognose von 27 % auf 30 %.

Für den Erzgebirgskreis wird ein stetiger Rückgang der Bevölkerungszahlen von 351.200 (2015) auf 311.400 (2030) prognostiziert, welcher die Entwicklung seit 1990 fortsetzt (im Oktober 1990 waren im Erzgebirgskreis noch 460.000 Einwohner gemeldet).

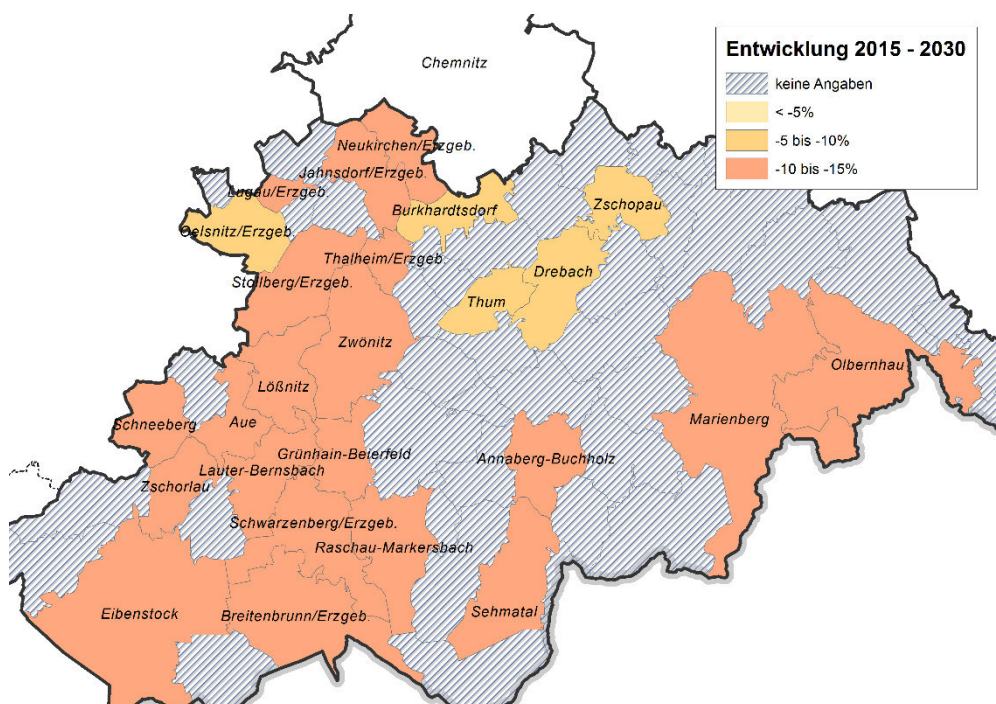


Grafik 6: Einwohnerentwicklung und Altersverteilung in der Prognose bis 2030 lt. 6. RBV/ Variante 1 im Erzgebirgskreis (Angaben des Statistischen Landesamtes Sachsen)

Auch im Erzgebirgskreis nimmt gleichzeitig der Anteil der typischerweise berufstätigen Altersgruppe ab, gegenüber dem Stadtgebiet von Chemnitz sogar noch stärker (Rückgang um etwa 25 %). Der Anteil der älteren Einwohner (65+) bleibt gegenüber 2015 unverändert, absolut schrumpft jedoch auch diese Gruppe um mehr als 10 %. Die Zahl der Einwohner im Kinds- und Jugendalter nimmt gemäß der RBV bis 2030 stark zu, was sich aufgrund der insgesamt rückläufigen Bevölkerungszahl im Kreis am Anteil dieser Altersgruppe noch stärker zeigt (Anstieg von 27 % auf 35 %).

Sowohl in Chemnitz, als auch dem Erzgebirgskreis, wird in Variante 2 ein größerer Rückgang der Gesamtbevölkerung prognostiziert.

Lokal stellt sich die Entwicklung (leicht) unterschiedlich dar. Die Prognosen der 6. RBV werden nur für Gemeinden mit mehr als 5.000 Einwohnern differenziert dargestellt. Diese sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt.



Grafik 7: Prozentuale Einwohnerentwicklung 2015 - 2030 lt. 6. RBV/ Variante 1 in Gemeinden über 5.000 Einwohner des Erzgebirgskreises (Angaben des Statistischen Landesamtes Sachsen)

Auch wenn sich keine einheitliche Aussage ableiten lässt, so scheinen Gemeinden im näheren Umfeld zu Chemnitz einen geringeren Bevölkerungsrückgang aufzuweisen, als weiter entfernte. Allerdings zeigen z.B. Neukirchen und Johannsdorf, dass diese Interpretation nicht umfänglich gilt.

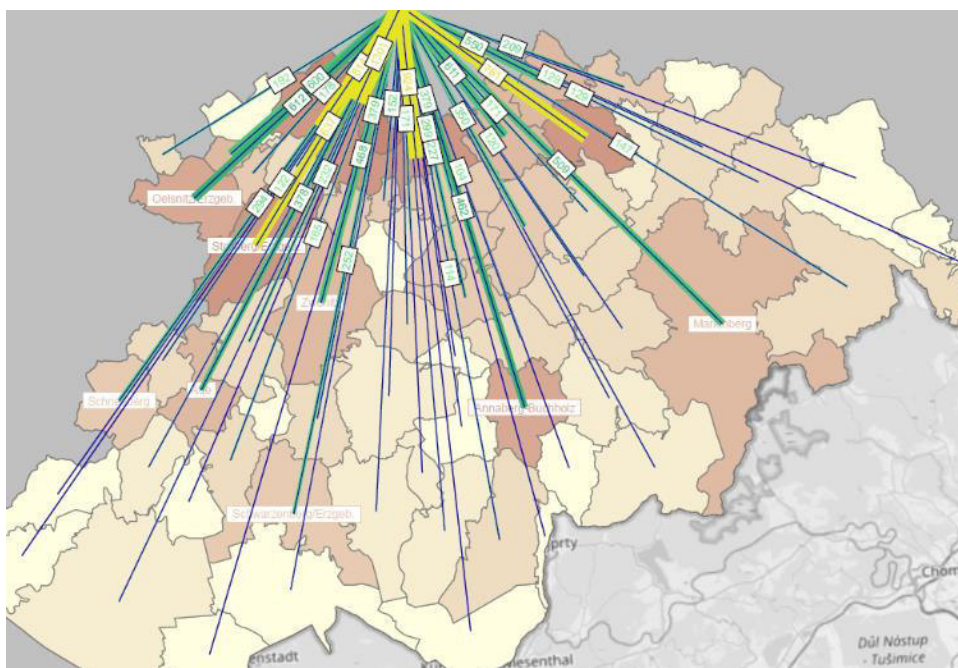
Insgesamt können aus den beschriebenen Entwicklungen folgende Aussagen abgeleitet werden:

- Das Potenzial an Fahrgästen mit regelmäßigen Wegen zum Arbeits- oder Ausbildungsort wird z.T. deutlich abnehmen.
- Die Gruppe der Senioren wird hingegen anteilig größer, absolut bleiben die Zahlen zu 2015 etwa gleich.
- Der Bevölkerungsrückgang ist im Landkreis deutlich stärker ausgeprägt, als in der Stadt Chemnitz, wird sich demnach aber auch auf die Stadt-Umland-Beziehung auswirken. Es ist mit tendenziell weniger Berufspendlerwegen zu rechnen. Wenn sich mit dem Rückgang der Bevölkerung auf dem Land jedoch auch die Versorgungsstrukturen verschlechtern, könnten hierdurch zusätzliche Wege in der Stadt-Land-Beziehung entstehen.
- Aus den Zahlen kann jedoch nicht sicher abgeleitet werden, wie sich der Rückgang der Bevölkerung im typischerweise berufstätigen Alter im Sinne der Konkurrenz um Arbeitskräfte entwickeln wird.

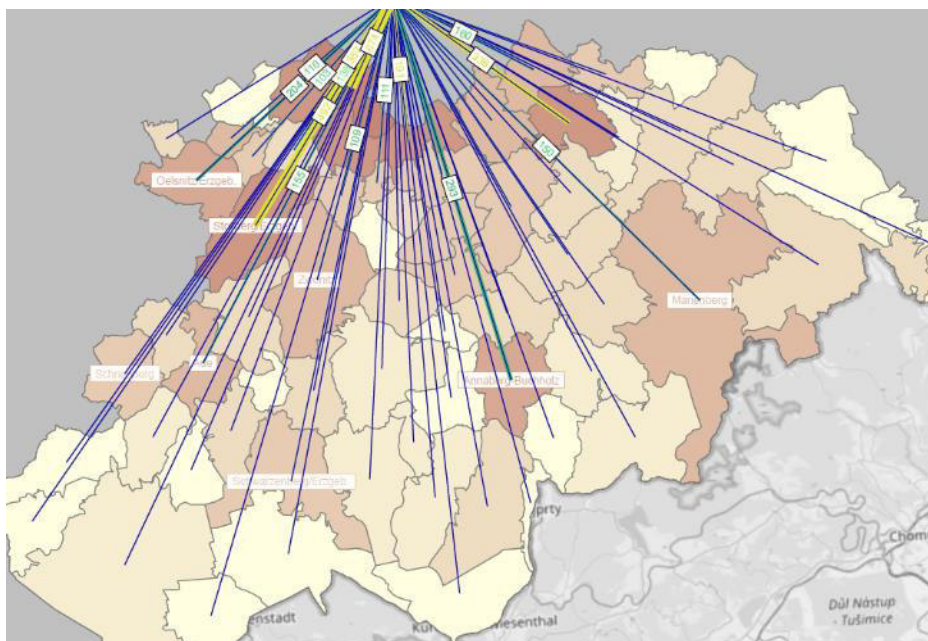
5.2 Pendlerbeziehungen

Das Untersuchungsgebiet umfasst derzeit ca. 600.000 Einwohner in der Stadt Chemnitz und dem Landkreis Erzgebirge. Funktional besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Großstadt und den südlich gelegenen Gemeinden. So ist Chemnitz als Oberzentrum in der Region klassifiziert und erfüllt entsprechende Aufgaben, welche zu einer entsprechenden Verkehrsnachfrage führen.

Deutlich wird die Verknüpfung auch anhand der Pendlerbeziehungen zwischen den Städten und Gemeinden. Derzeit arbeiten in Chemnitz etwa 112.000 SV-pflichtige Beschäftigte, im Erzgebirgskreis ist die Anzahl ähnlich hoch. Gemäß aktueller Angaben der Bundesagentur für Arbeit (Abfrage der Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte Ein- und Auspendler nach Gemeinden mit Stand 30. Juni 2016) pendeln zwischen den Gemeinden des Landkreises und Chemnitz etwa 20.000 Beschäftigte. Dabei fahren deutlich mehr Beschäftigte in die Großstadt (ca. 14.500) als aus Chemnitz in die südliche Region (ca. 5.500).



Grafik 8: Einpendler aus den Gemeinden des Erzgebirgskreises nach Chemnitz (Liniendicke stellt die Größenordnung der Pendlerbeziehung in Klassen dar)



Grafik 9: Auspendler aus Chemnitz in die Gemeinden des Erzgebirgskreises (Liniendicke stellt die Größenordnung der Pendlerbeziehung in Klassen dar)

Etwa 17 % der Pendlerbewegungen von Chemnitz führen in den südlich gelegenen Erzgebirgskreis, 62 % in weitere Städte und Gemeinden Sachsens sowie 21 % in andere Bundesländer. Aus den Gemeinden des Erzgebirgskreises fahren 61 % der Pendler in Städte und Gemeinden des eigenen Landkreises, 15 % nach Chemnitz, 17 % in weitere Kommunen Sachsens und 7 % in die weiteren deutschen Bundesländer.

Der Anteil der Auspendler an der Gesamtbevölkerung der jeweiligen Gemeinden im Erzgebirgskreis schwankt zwischen Werten von 17 % bis 40 %. Von allen Chemnitzern pendeln etwa 11 % in andere Städte und Gemeinden.

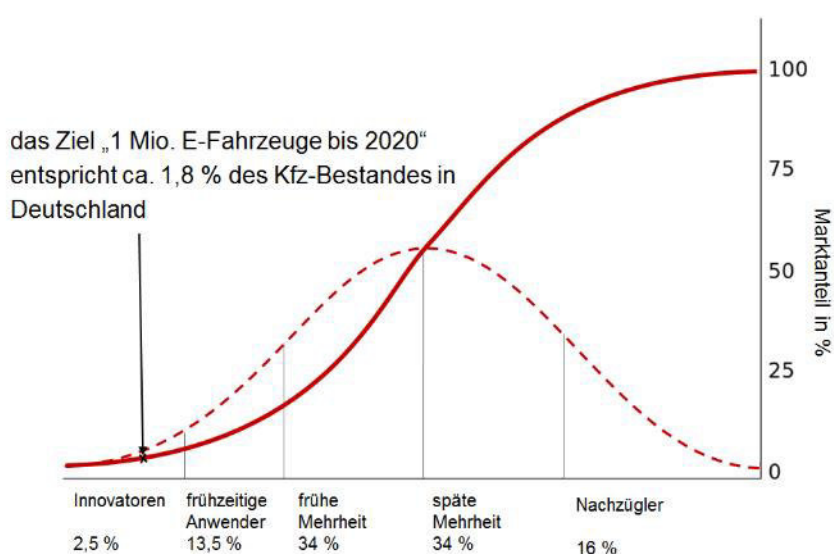
Zusätzlich zu den regelmäßigen Fahrten durch Pendler kommen weitere Mobilitätsbedürfnisse zwischen dem Landkreis und der Stadt Chemnitz, z.B. durch Schüler und Studenten, das Aufsuchen von Einkaufs- und Dienstleistungseinrichtungen, Behördengänge sowie Freizeitzwecke. Diese können zwar nicht quantifiziert werden, es ist aber davon auszugehen, dass die entsprechende Nachfrage eher vom Landkreis in Richtung des Oberzentrums besteht.

6. Potenziale der Elektromobilität

6.1 Spezifizierung der Nutzergruppen

Vorbemerkungen

Elektromobilität im Kfz-Bereich muss, wie bereits im ersten Teilbericht festgestellt, als noch nicht stark verbreitet eingeordnet werden. Trotz entsprechender Bemühungen und politischer Zielstellungen liegt der Anteil an der Gesamt-Kfz-Flotte bei deutlich unter 1 %. Eingeordnet in Innovationszyklen für technische Innovationen und ihre Durchdringung beim Nutzer bedeutet dies, dass sie sich noch in der ersten „Innovations- oder Experimentierphase“ befindet.



Grafik 10: Idealisierter Innovationszyklus mit Nachfragegruppen und Marktdurchdringung (eigene Darstellung nach Rogers)

Dies spiegelt sich auch in der Beantwortung der Frage nach der Motivation zur Anschaffung eines Elektrofahrzeuges in einer aktuellen Studie zu typischen Elektro-Kfz-Nutzern wider¹⁴. Demnach werden als Hauptgründe das Interesse an innovativer Fahrzeugtechnologie sowie die Reduzierung der Umweltbelastungen genannt.

¹⁴ Vgl. „Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland – Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung“, I. Frenzel u.a., Deutsches Institut für Luft und Raumfahrt (DLR), Berlin, 2015

Alle Angaben in Prozent



Grafik 11: Relevanz verschiedener Motive bei der Fahrzeuganschaffung (Quelle: Abbildung 6-1 der Studie „Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland“, DLR Berlin, 2015)

Auch finanzielle Aspekte spielen eine Rolle (günstige Energie- und Unterhaltskosten). Ein weiteres Motiv ist der Fahrspaß. Die Nutzergruppe kann demnach grundsätzlich als Technik-, Umwelt- und Innovationsaffin eingeordnet werden.

Generell ist jedoch zu berücksichtigen, dass der elektrische Antrieb nicht zwangsläufig als aus Nutzersicht „besser“, sondern vor dem Hintergrund der gestellten Klimaschutzziele sowie der Endlichkeit fossiler Energieträger als „notwendige“ Transformation der individuellen Mobilität anzusehen ist. Dennoch kann die Zielstellung, Elektromobilität im Kfz-Bereich stärker zu verbreiten, nur erfüllt werden, wenn für die potenziellen Nutzer die Vorteile die Nachteile überwiegen. Dabei ist die tatsächliche Akzeptanz der Nachteile stark von persönlichen Präferenzen und Lebensumständen abhängig.

Grundsätzlich bedingt der Anspruch einer Forcierung deshalb die Kenntnis über Ansprüche der Nutzer und der entgegenstehenden, gegenwärtig existierenden technischen Anforderungen der Elektrofahrzeuge.

Da die mit Verbrennungs-Motoren ausgestatteten Fahrzeuge derzeit mit den elektrisch betriebenen in Konkurrenz stehen, ist der Vergleich zwischen den beiden Varianten ausschlaggebend.

Wie im ersten Arbeitspaket aufgezeigt, sind nach derzeitigem technischem Stand Elektro-Kfz systembedingt mit einigen Nachteilen behaftet, welche eine Nutzung erschweren:

- geringere Reichweite, welche zudem stark von äußeren Faktoren abhängt (Außentemperaturen, Topographie der Fahrstrecke, Beladung des Fahrzeuges, Nutzung von Zusatzverbrauchern wie Heizung, Klimaanlage etc.),
- höhere Anschaffungskosten,
- lange Wiederherstellungszeiten der Reichweite (abhängig vom gewählten Ladesystem sowie weiterer technischer Parameter),
- Verfügbarkeit von Ladestrukturen.

Eine stärkere Verbreitung bedingt, dass diese Nachteile minimiert werden, um so zunehmend „normale“ Nutzer (im Sinne von weniger technikaffin und stärker an Praktikabilität orientiert) zu gewinnen.

Anforderungen Privat-Nutzer

Private Kfz-Nutzer sind eine gewisse Flexibilität in Bezug auf die Nutzung der Pkw gewohnt. So werden die Fahrzeuge zwar überwiegend im Kurz- und Mittelstreckenbereich eingesetzt (Arbeits- bzw. Pendler-/ Hol- und Bringe-/ Einkaufs- und Freizeitfahrten), z.B. für Urlaube sind aber auch längere Strecken zu absolvieren. Diese Bandbreite der Nutzung ist ein wichtiger Grund für die eher schleppende Akzeptanz von Elektrofahrzeugen durch Privatnutzer.

In der Studie zu typischen Elektro-Kfz-Nutzern wurde u.a. weiterhin festgestellt:

- Sie leben tendenziell in Kleinstädten, in einem Einfamilienhaus mit Stellplatz und Lademöglichkeit.
- Der Anteil der Haushalte mit (mindestens einem) weiteren Pkw (neben dem Elektrofahrzeug) ist mit 80% sehr hoch.
- 82 % der privaten Nutzer fahren (fast täglich) mit diesem Fahrzeug.

Die genannten spezifischen Nachteile der Elektro-Pkw werden also z.B. kompensiert, indem mit einem zweiten Fahrzeug eine Alternative für Fahrten zur Verfügung steht, welche mit dem Elektro-Fahrzeug nicht oder nur umständlich realisiert werden können. Das Laden an der heimischen Wallbox ist aus praktischen, aber auch finanziellen Gesichtspunkten die effektivste Variante, die Reichweite des Kfz wiederherzustellen. Aufgrund der täglichen Nutzung sind gewisse Fahrleistungen wahrscheinlich, so dass über die günstigeren Energiekosten auch eine Amortisierung der höheren Anschaffungskosten eintritt.

Übertragen auf das Untersuchungsgebiet sind demnach im Erzgebirgskreis mit seinen Klein- und Mittelstädten die Randbedingungen für eine stärkere Nutzung günstig. Hingegen ist die Situation in der Großstadt Chemnitz differenzierter.

In der Erhebung „Mobilität in Städten – SrV“ der TU Dresden¹⁵ wurde zuletzt 2013 das Verkehrsverhalten sowie weitere mobilitätsrelevante Aspekte der Chemnitzer untersucht:

- 63 % der Befragten verfügen über einen privaten Stellplatz an der Wohnung (Garage, Carport oder sonstige)
- Der Anteil der Haushalte mit mindestens zwei Pkw liegt bei 28 % (über alle Haushaltsgrößen)
- Binnenwege (innerhalb der Stadt) werden zu 41 % mit dem eigenen Pkw (als Fahrer) absolviert, über alle Wege sind es 56 %.

Insgesamt dürfte damit die Anzahl potenzieller Nutzer in Chemnitz mit der Spezifik „Einfamilienhaus-Bewohner mit eigenem (geeigneten) Pkw-Stellplatz, zweitem Haushalt-Pkw und täglicher Fahrzeugnutzung“ deutlich geringer sein, als im Landkreis. Dabei ist z.B. zu beachten, dass das Merkmal „privater Stellplatz“ neben den für die Installation einer Wallbox günstigen Einzelgaragen und Carports auch Gemeinschaftsanlagen in Tiefgaragen oder angemietete Parkplätze z.B. auf privaten Hofflächen umfassen. Dort ist die Realisierung einer Auflademöglichkeit problematischer.

Anforderungen gewerbliche/ kommunale Nutzer

Im Gegensatz zum Privatnutzer kann ein Teil der gewerblichen Nutzer (hierzu können auch dienstliche Fahrten kommunaler Mitarbeiter gezählt werden) die beschriebenen spezifischen Nachteile des Elektro-Kfz kompensieren. Wenn das Einsatzspektrum der Fahrzeuge im täglichen Einsatz kaum variiert und dabei die maximale notwendige Fahrlänge unterhalb der Reichweite liegt sowie die Art und das Gewicht der Zuladung im akzeptablen Bereich liegt, so sind Elektrofahrzeuge oftmals eine geeignete Alternative zum per Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeug. Dies ist vor allem im Bereich der City-Logistik gegeben. Insbesondere wenn zudem eine Auflademöglichkeit im Unternehmen geschaffen werden kann, spielt der alternative Antrieb dabei auch seinen monetären Vorteil über die Betriebszeit aus.

Als Praxis-Beispiel ist die derzeitige Umstellung der Fahrzeugflotte des Logistikunternehmens „Deutsche Post DHL Group“ auf elektrisch angetriebene Lieferfahrzeuge zu sehen. Diese werden von einem Tochterunternehmen (Streetscooter GmbH) gefertigt.

¹⁵ Vgl. „Mobilitätssteckbrief für Chemnitz (Wohnbevölkerung)“ mit den Ergebnisse des Forschungsprojektes „Mobilität in Städten – SrV 2013“ der TU Dresden, Verkehrs- und Infrastrukturplanung, Download unter:
http://www.chemnitz.de/chemnitz/media/download/stadt_chemnitz/verkehr/mobilitaetssteckbrief_chemnitz.pdf

Das Unternehmen DHL, welches deutschlandweit Pakete zustellt, spielt beim Fahrzeugeinsatz den Vorteil der relativ genauen Kenntnis des Einsatzspektrums aus:

- die maximale Länge der Touren vom Verteilzentrum zum Empfänger ist bekannt,
- die maximale Zuladung (Gewicht) ist aus Erfahrungswerten ebenso bekannt, wie das Volumen,
- i.d.R. erfolgt der Fahrzeugeinsatz einem bestimmten Muster mit ausreichend Zeit zum Aufladen der Akkus (morgendliches Beladen der Fahrzeuge mit Paketen – Auslieferung über den Tag – nächtliches Abstellen mit Möglichkeit des Akku-Ladens),
- der Komfortanspruch an die Fahrzeuge ist geringer, als im privaten Bereich,
- Aufgrund der Vorhaltung einer größeren Fahrzeugflotte stehen für Touren außerhalb der Einsatzgrenzen weiterhin auch „klassische“ Lieferfahrzeuge zur Verfügung.

Bei den bislang produzierten Modellen (Work und vollelektrischer Lieferfahrzeuge wird die Reichweite mit 80 km angegeben, bei neuen Entwicklungen soll sie bis zu 200 km betragen (die Größe der einzubauenden Akkus ist flexibel).

Auch wenn das Unternehmen die Umweltaspekte in den Vordergrund stellt, so dürften auch wirtschaftliche Effekte eine Rolle spielen. Neben den generell günstigeren Energiepreisen bieten Elektrofahrzeuge im Einsatzbereich der Paketzustellung Vorteile. So sind während der Auslieferung viele Anhalte- und Anfahrvorgänge notwendig, welche bei Verbrennungsmotoren i.d.R. jedes Mal ein Starten des Motors bedingt. Dieser benötigt mehr Kraftstoff und erhöht den Verschleiß gegenüber einem durchlaufenden Motor. Elektroantriebe hingegen müssen nicht „gestartet“ werden. Generell werden Elektroantriebe als weniger Wartungsintensiv eingeordnet, da die Komponenten übersichtlicher sind, als beim Verbrennungsmotor (Akku, Regeltechnik, Motor).

Als nicht zu unterschätzender Effekt ist auch die Außenwirkung der Elektro-Kfz-Nutzung zu sehen. Bei entsprechender Kennzeichnung der Fahrzeuge erhalten Unternehmen die Möglichkeit, sich als Umweltbewusst und Innovativ darzustellen. In der Abfrage der Motivation in der Studie des DLR gaben 74 % der befragten Gewerbetreibenden an, dass das Image der Nutzung von Bedeutung ist.

Als potenzielle Zielgruppe kommen gewerbliche Nutzer aber auch aus weiteren Gründen in Frage. So lassen sich gewerblich motivierte Fahrten oftmals nur schlecht auf andere, umweltfreundliche Verkehrsmittel verlagern (Lieferdienste, Handwerker mit zwingender Werkzeug- und Materialtransportmöglichkeiten etc. können kaum den ÖPNV nutzen).

Verbreitung von Elektromobilität in kommunalen Fuhrparks

Wie aufgezeigt, so sind Fahrzeuge mit festgelegten Einsatzgebieten innerhalb der Reichweitengrenze von Elektrofahrzeugen für eine entsprechende Nutzung geeignet. Im Rahmen der Kommunalbefragung (vgl. Bericht zu Arbeitspaket I) wurde auch der Bestand bzw. die Planung von Elektrofahrzeugen in den kommunalen Fuhrparks erhoben.

Im Ergebnis wurde bei 61 befragten Städten und Gemeinden, von denen 23 antworteten, lediglich in einem kommunalen Fuhrpark ein Elektrofahrzeug gemeldet. Zudem verfügt die Verwaltung der Stadt Chemnitz aktuell über 3 Elektro-Pkw. In Unternehmen mit städtischer Beteiligung sind Fahrzeuge bereits im Einsatz (einsEnergie: 13 Pkw) oder geplant (Chemnitzer Verkehrs-Aktiengesellschaft: Anschaffung von zwei bis drei Pkw vorgesehen).

Insgesamt kann jedoch eingeschätzt werden, dass die Potenziale in den Kommunen auch im Sinne der Vorbildwirkung noch nicht ausgeschöpft sind. Allerdings bedingt die Anschaffung gewisse Folgekosten bzw. organisatorischen Aufwand:

- Installation einer Lademöglichkeit (inkl. Klärung Stromversorgung und -abrechnung)
- regelmäßige Mitarbeiterschulung
- Disponierung der Nutzung nach Einsatzspektrum

Gerade bei kleineren Fuhrparks (der überwiegende Teil der Gemeinden verfügt lt. Befragung über drei bis vier Pkw) kann dieser Aufwand „abschrecken“. Bei größeren Gemeinden und Einrichtungen hingegen zeigen die Erfahrungen, dass sich die Mitarbeiter schnell auf die neuen Fahrzeuge einstellen und Nutzungshemmnisse abgebaut werden.

6.2 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Grundlagen

Wenn elektromobile Kfz eine größere Verbreitung erreichen sollen, so müssen diese für Zielgruppen außerhalb der innovations- und technikaffinen Nutzer interessant werden. Als eines der geeignetsten Argumente zur Nutzung könnte sich ein wirtschaftlicherer Betrieb im Vergleich zum Verbrennungsmotor darstellen.

Um entsprechende Anreize zu setzen und die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen zu verbessern, werden durch die Bundesregierung verschiedene finanzielle Förderungen gewährt.

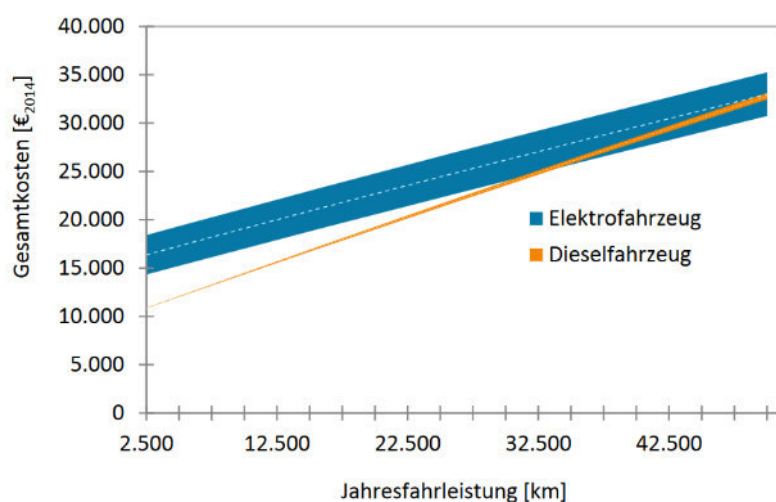
Art	Eigenschaften	
	Förderung	Weitere Bedingungen
Kaufprämie	Elektrofahrzeuge: 4000 Euro Plug-In-Hybrid: 3000 Euro	Fahrzeugpreis max. 60.000 Euro Gesamtfördersumme 1,2 Mrd. Euro
Kfz- Steuer- befreiung	Elektrofahrzeuge: Steuerbefreiung für 10 Jahre (Fahrzeuggebunden), an- schließend reduziert auf 50 %	Bei Erstzulassung zwischen Mai 2011 und Dezember 2020,

Tabelle 5: Direkte finanzielle Förderung von Elektromobilität durch den Bund (Stand: August 2017)

In einer Untersuchung des Öko-Institutes zur „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen“¹⁶ wurde berechnet, unter welchen Rahmenbedingungen Elektrofahrzeuge wirtschaftlicher als vergleichbare Benzin- oder Dieselfahrzeuge sind. Berücksichtigt wurden u.a. Anschaffungs- bzw. Abschreibungskosten, Restwert bei Verkauf, Steuer und Versicherung, Wartungs- und Pflegekosten sowie die Erstinstallation einer Wallbox. Energiekosten (Strom, Benzin und Diesel) wurden in verschiedenen Szenarien abgebildet.

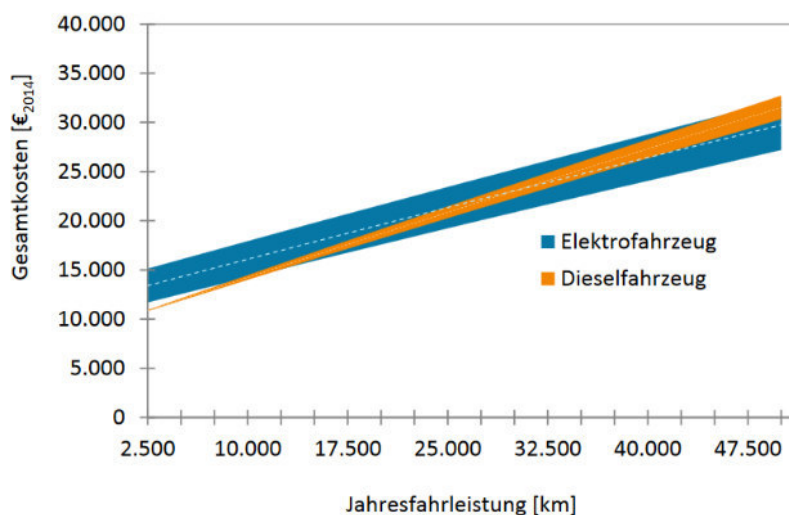
Diese Berechnung wurde, ausgehend vom Jahr 2014, in Szenarien auch prognostisch bis 2030 vorgenommen. Dabei sind steigende Benzin- bzw. Dieselpreise, sinkende Akkukosten sowie eine Spanne der Entwicklung des Strompreises zugrunde gelegt worden.

¹⁶ Vgl. „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen – Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO₂-Minderung“, F. Hacker u.a., Öko-Institut e.V., Berlin, April 2015 (aktualisierte Fassung des Abschlussberichtes), Download unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Gesamtbericht-Wirtschaftlichkeit-von-Elektromobilitaet.pdf>



Grafik 12: Jährliche Kosten mittlerer Pkw mit Anschaffungsjahr 2014 in Abhängigkeit der Fahrleistung
(Quelle: Abbildung 7 der Studie „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität im gewerblichen Einsatz“,
Öko-Institut Berlin, 2015)

Es zeigt sich, dass eine Jahresfahrleistung von etwa 30.000 km notwendig ist, um im optimistischen Szenario finanziell auf ein mit einem Diesel-Pkw vergleichbares Niveau zu kommen. In der Prognose für das Jahr 2020 liegt der Schnittpunkt hingegen bereits bei etwa 8.000 km Jahresfahrleistung.



Grafik 13: Jährliche Kosten mittlerer Pkw mit Anschaffungsjahr 2020 in Abhängigkeit der Fahrleistung
(Quelle: Abbildung 8 der Studie „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität im gewerblichen Einsatz“,
Öko-Institut Berlin, 2015)

Dies wird mit dem angenommenen gesunkenen Akku-Preis zu begründet. Tatsächlich ist für den Zeitraum zwischen 2010 und 2016 eine Reduzierung des Preises für Lithium-Ionen-Akkus von

1000 US-\$/ Kilowattstunde um 80 % auf ca. 230 US-\$/ Kilowattstunde festgestellt worden¹⁷. Nicht abschließend geklärt ist, ob die sinkenden Kosten tatsächlich an den Endkunden „weitergegeben“ werden. Da keine Modelle seit 2010 in vergleichbarer Form verkauft werden, ist eine Überprüfung nicht möglich. Denkbar ist aber auch, dass die Akkukapazitäten im Fahrzeug bei gleichbleibenden Anschaffungskosten erhöht werden, um die Reichweite zu vergrößern.

Da im Jahr 2014 die Kaufprämie noch nicht gewährt wurde (Einführung im Juli 2016) sind die 4.000 Euro Förderung in der Untersuchung nicht enthalten. Da dieser Vorteil (wie im Modell die Anschaffungskosten) über mehrere Jahre steuerlich abgesetzt wird, ist mit einer leichten Verschiebung der Gesamtkostenlinie nach unten zu rechnen. Im Fall des mittleren Pkw wurden 6 Jahre angesetzt, so dass die jährliche Minderbelastung etwa 650 Euro ausmacht.

In der Untersuchung des Öko-Institutes wurden mehrere Szenarien gerechnet, in welchen gewerblichen Einsatzbereichen sich elektrisch angetriebene Fahrzeuge wirtschaftlich „lohnen“ würden.

Einsatzgebiet	Annahmen		Ergebnis
	Fahrleistung	Aufladung	
leichter Pkw im Lieferverkehr (Essen, Apotheke, Pflegedienste)	21.000 km/ a; 70 km/ Tag	100 % intern (Wallbox)	bereits 2014 ähnlich wirtschaftlich wie Dieselfahrzeug/ 2020 deutlich wirtschaftlicher
großer Pkw im Taxigewerbe	40.000 km/ a; 130 km/ Tag	60 % intern (Wallbox)/ 40 % öffentlich (Schnellladen)	2014: Dieselfahrzeug wirtschaftlicher/ 2020: geringer wirtschaftlicher Vorteil Elektromobilität
leichtes Nutzfahrzeug im Handwerk	21.000 km/ a; 70 km/ Tag	90 % intern (Wallbox)/ 10 % öffentlich (Schnellladen)	2014: Dieselfahrzeug wirtschaftlicher/ 2020: geringer wirtschaftlicher Vorteil Elektromobilität
leichtes Nutzfahrzeug im KEP (Kurier-Express-Paketdienst)-Einsatz (Stadt)	12.000 km/ a; 40 km/ Tag	100 % intern (Wallbox)	2014: Dieselfahrzeug wirtschaftlicher/ 2020: geringer wirtschaftlicher Vorteil Elektromobilität
leichtes Nutzfahrzeug im KEP-Einsatz (ländl. Raum)	27.000 km/ a; 90 km/ Tag	100 % intern (Wallbox)	bereits 2014 ähnlich wirtschaftlich wie Dieselfahrzeug/ 2020 deutlich wirtschaftlicher

¹⁷ Vgl. „*Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability*“, Mc Kinsey & Company - Advanced Industries, Januar 2017, Download unter: https://www.mckinsey.de/files/161223_mckinsey_e-vehicles.pdf

Tab

Tabelle 6: Übersicht über die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen in verschiedenen gewerblichen Einsatzbereichen (Quelle: eine Zusammenfassung auf Grundlage der Studie „Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität im gewerblichen Einsatz“, Öko-Institut Berlin, 2015)

Es zeigt sich, dass in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes zum Zeitpunkt der Untersuchung (Basisjahr 2014) nur der Einsatz von leichten Pkw im Lieferbetrieb gegenüber Dieselfahrzeugen konkurrenzfähig ist. In allen anderen Szenarien wurde im Prognosejahr 2020 ein (i.d.R. moderater) wirtschaftlicher Vorteil errechnet. Dieser resultiert insbesondere aus der Annahme, dass die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge gesunken sind, während für Kfz mit Verbrennungsmotor im Pkw-Bereich mehr bezahlt bzw. für Nutzfahrzeuge ähnliche Kaufpreise wie 2014 bezahlt werden müssen.

In der Studie wird darauf hingewiesen, dass gerade im Bereich der leichten und schweren Nutzfahrzeuge zum Zeitpunkt der Erarbeitung noch keine geeigneten Serienfahrzeuge auf dem Markt erhältlich waren. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Befragung gewerblichen Nutzern im vorliegenden Projekt. Diese bemängelten die Verfügbarkeit von geeigneten elektrisch betriebenen Lieferfahrzeugen, welche erschwinglich sind und gleichzeitig über eine geeignete Zuladungskapazität verfügen. Die derzeit am Markt erhältlichen Modelle erreichen demnach bereits durch den Einbau von Regalen, der Aufbewahrung von notwendigen Werkzeugen etc. ihre maximale Zuladung, so dass ebenfalls benötigtes Material nicht mehr transportiert werden kann.

6.3 Einfluss der Ladeinfrastrukturen auf die Wirtschaftlichkeit

Im o.g. Projekt wurde zumeist ein ausschließliches oder deutlich überwiegendes Laden der Elektrofahrzeuge an „eigenen“ Lademöglichkeiten unterstellt. Tatsächlich hängt der finanziell wirtschaftliche Betrieb von Elektrofahrzeugen auch davon ab, wo und zu welchem Tarif das Fahrzeug wieder aufgeladen werden kann. Während dies im Privathaushalt oder Gewerbebetrieb entsprechend des abgeschlossenen Stromtarifs und rein-verbrauchsbasiert erfolgt, kommen an öffentlichen Ladestationen unterschiedliche Tarifvarianten zum Einsatz. Diese sind in der folgenden Tabelle beispielhaft für verschiedene Anbieter dargestellt und in Szenarien für die Ladung eines aktuellen Modells VW E-Golf berechnet worden.

Anbieter/ Betreiber	Kosten			Gesamtkosten	
	Verbrauch (Euro/ kWh)	Zeit (Euro/ Minute)	Pauschale (Euro/ Ladevorgang)	bei 3,6 kW (in Euro)	bei 11 kW (in Euro)
EinsEnergie	0,27	0,0119	-	17,16	13,59
Newmotion*	0,30	-	0,35	10,74	
Innogy	0,31	0,021	-	24,33	18,03
Referenz: Ladung an Wallbox					
EinsEnergie	0,27	(Produkt „einstrom Natur“)		9,67	

Tabelle 7: Vergleich der Lade- und Zeitkosten verschiedener Anbieter und Gesamtkosten unter Ansatz der vollständigen Aufladung eines VW E-Golf (Akku-Kapazität: 35,8 kWh), Preisstand: September 2017 (* Beispiel für die Station Augsburg Str. 55 in Chemnitz)

Es wird deutlich, dass die Kosten für eine vollständige Aufladung eine große Bandbreite aufweisen. Während das Laden an der eigenen Wallbox zum üblichen privaten Stromtarif (Ansatz: „einstrom Natur“ aus 100 % erneuerbaren Energiequellen) etwa 10 Euro kostet, sind an öffentlichen Ladesäulen zwischen 10,74 und 24,33 Euro zu bezahlen. Finanziell sehr stark wirkt sich insbesondere der Zeitpreis aus. Dabei wurde in der oben stehenden Berechnung angenommen, dass das Fahrzeug ausschließlich für die Dauer der Aufladung angeschlossen wird. Würde es hingegen trotz voller Aufladung weiter mit der Ladesäule verbunden, so läuft auch der Zeitpreis weiter. Die zugrunde gelegte Ladesäule des Anbieters „The New Motion“ ist hingegen ohne Berechnung eines Zeitpreises bei gleichzeitig gegenüber dem lokalen Energieunternehmen nur geringfügig höheren Verbrauchskosten sowie einer moderaten Pauschale durchaus „konkurrenzfähig“.

Diese breite Spanne wird auch in einer Untersuchung des Stromanbieters „Lichtblick“ bestätigt¹⁸. In dieser wurde eruiert, welche reinen Stromkosten beim Laden an öffentlichen Ladesäulen zu bezahlen sind. Die Spanne lag zwischen 0,135 Euro (DREWAG Dresden) und 0,669 Euro (innogy). Dabei wurden aber auch bestimmte Zusatzkosten (z.B. notwendige SMS- oder Zahlungsmittelgebühren) nicht berücksichtigt. Einige Anbieter verlangen derzeit kein Geld für den Strom (z.B. Stadtwerke Leipzig und Düsseldorf).

Weitere Erkenntnisse der Untersuchung sind:

- Ladestrom-Tarife sind intransparent („Umrechnung“ zeitbasierter Tarife unter Berücksichtigung der Ladegeschwindigkeit des E-Autos sowie möglicher Zusatzgebühren notwendig. In der Preisangaben-Verordnung (PAnGV, §3) wird hingegen vorgeschrieben, dass Strom ausschließlich in Kilowattstunden abgerechnet werden darf.)

¹⁸ Vgl. „Ladesäulen-Check Deutschland: Stromtankstellen oft kompliziert und teuer“, Hintergrundinformationen des Ladesäulen-check, im Auftrag der Lichtblick SE erstellt durch Statista, Juli 2017, Download unter: <https://www.lichtblick.de/presse/news/2017/07/10/ladesaeulen-check-deutschland-stromtankstellen-kompliziert-und-oft-teuer/>

- Strom laden ist kompliziert (Oftmals ist eine vorherige Registrierung erforderlich, „spontanes“ Laden ist problematisch)
- Fehlender Wettbewerb an der Ladesäule (Regionale „Ladesäulen-Monopole“, diese könnten künftig durch Koppelprodukte den Wettbewerb verzerren).

Auch in der Beschreibung der Ergebnisse wird der Vergleich zum Betanken eines Kfz mit Verbrennungsmotor als Referenz aus Kundensicht angenommen. Dazu kann der Kunde an eine Tankstelle fahren, an welcher der Preis pro Liter ausgezeichnet ist, tanken und anschließend mit einem üblichen Zahlungsmittel (i.d.R. Bar, EC- oder Kreditkarte) bezahlen.

Die in der Studie positiv hervorgehobene Dresdner DREWAG hat im Rahmen einer Veranstaltung zum Thema „Stromticket“ im Jahr 2014 Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit von Ladesäulen aus Betreibersicht präsentiert¹⁹. Als Problem stellt sich dabei vor allem die geringe Anzahl an Nutzern und damit an potenziellen Kunden dar. Wenn zudem zu Grunde gelegt wird, dass nur etwa 10 % aller Ladevorgänge an öffentlichen Ladepunkten vorgenommen werden (diese Quote deckt sich in etwa mit Erkenntnissen verschiedener Untersuchungen und Prognosen), dann reduziert sich die Zahl von möglichen Ladevorgängen weiter.

Als daraus resultierende Konsequenz wird folgendes „Dilemma“ in der Präsentation beschrieben (S. 10):

- Die anfallenden Betriebs- und Systemkosten können vorläufig nur auf wenige Nutzer umgelegt oder müssen solidarisiert werden
- Höhere Preise lassen Nutzerzahlen unter Prognose sinken, verhindern Markthochlauf
- Niedrige Preise erfordern Subventionen, verhindern Wettbewerb

Wenn Ladestationen kostendeckend betrieben werden sollen, müsste der Strom nach einer Variantenberechnung der DREWAG zu 0,69 Euro/ kWh angeboten werden. Der Preis wäre damit mehr als doppelt so hoch, wie Öko-Strom für Privathaushalte derzeit kostet (0,27 Euro/ kWh). Der derzeit von der DREWAG verlangte Preis von 0,135 Euro/ kWh liegt hingegen deutlich unter der Schwelle eines kostendeckenden Betriebes, da die Ladesäulen eine Kapazitätsgrenze (24-Stunden pro Tag von ladenden Kfz „besetzt“) haben.

Auch aufgrund dieser Schwierigkeiten wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BmVI) im Jahr 2017 ein Förderprogramm für die Realisierung von Ladepunkten (inkl. Netzanschluss) aufgelegt. Dieses umfasst insgesamt 300 Mio. Euro, von denen der Aufbau von 5.000 Schnell- und 10.000 Normalladestationen gefördert werden sollen. In Sachsen waren

¹⁹ Vgl. „Wirtschaftliche Sicht auf den Betrieb von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur“, Beitrag zur Informationsveranstaltung Stromticket, gehalten durch H. Hänchen (DREWAG Dresden), Januar 2014, Download unter:
https://crm.saena.de/sites/default/files/civicrm/persist/contribute/files/H%c3%a4nchen_DREWAG.pdf

im ersten Förderaufruf 90 zusätzliche Schnellladepunkte vorgesehen, für Normalladepunkte gab es keine Beschränkungen je Bundesland. Die Fördersumme war auf einen Anteil von 40 % der Investitionskosten beschränkt.

Im September 2017 wurde ein zweiter Förderaufruf veröffentlicht. In diesem sind auch die maximal förderfähigen Normalladepunkte begrenzt (450 in Sachsen), zudem sollen maximal 36 Schnellladepunkte im Bundesland gefördert werden. Als Förderbedingung wurde zudem die Definition der Schnellladepunkte verändert: galten ursprünglich alle Anlagen mit einer Ladeleistung von mehr als 22 kW als solche, so sind es im zweiten Aufruf 150 kW.

Eine Anforderung an den Betrieb der geförderten Ladesäulen ist die Verwendung erneuerbaren Energien als zu ladender Strom (Zertifizierung oder Eigenerzeugung). Somit können Elektrofahrzeuge ihre Umwelt- bzw. Klimaschutzwirkung auch beim Laden an öffentlichen Ladesäulen entfalten. Damit wird ein in Hinblick auf den Klimaschutz bestehender Schwachpunkt der bisherigen öffentlichen Ladeinfrastrukturen beseitigt. Bislang wird an diesen nicht zwangsläufig Strom aus regenerativen Quellen angeboten, so dass die positiven Klimawirkungen nicht gegeben sind.

6.4 Eignung von typischen Wegeketten für Elektro-Kfz

Annahmen

Um identifizieren zu können, welche Wege grundsätzlich sowie konkret im Untersuchungsgebiet für die Nutzung mit Elektro-Kfz geeignet sind, sollen im Folgenden entsprechende Einschätzungen vorgenommen werden. Diese basieren auf Annahmen zu typischen Wegeketten, Verkehrsverhaltensdaten sowie technischen Parametern zu Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastrukturen.

Als Datenbasis für das Verkehrsverhalten werden die beiden in Deutschland etablierten Erhebungen „Mobilität in Städten – SrV“ der TU Dresden sowie der „Mobilität in Deutschland – MiD“²⁰ (im Auftrag des BMVI durchgeführt durch infas – Institut für angewandte Sozialwissenschaften) zurückgegriffen.

Da die Eignung von Wege(ketten) für die Nutzung mittels Elektromobilität maßgeblich auch von den Fahrzeug- und Ladespezifikationen abhängt, wurden verschiedene Szenarien gerechnet. Diesen werden drei aktuelle, in industrieller Serienfertigung hergestellte Fahrzeugtypen zugrunde gelegt (da es im Bereich der E-Fahrzeuge derzeit aufgrund der sehr geringen Verbreitung keinen relevanten Gebrauchtfahrzeuge-Markt gibt, kann von einer Anschaffung i.d.R. von einem aktuellen Neufahrzeug ausgegangen werden). Die gewählten Fahrzeuge stehen exemplarisch für Kfz der jeweiligen Klasse mit ähnlichen Reichweiten.

²⁰ Weitere Informationen unter:
<http://www.mobilitaet-in-deutschland.de>

Modell	Spezifikation			Reichweite in km	
	Antrieb	Fahrzeug-Klasse	Modelljahr	NEFZ (rein elektrisch)	Praktischer Ansatz
VW Golf GTE	Plug-In-Hybrid	Kompaktklasse	2014	50	25
VW E-Up	Voll-Elektrisch	Kleinstwagen	2013	300	150
VW E-Golf	Voll-Elektrisch	Kompaktklasse	seit 2/ 2017	160	80

Tabelle 8: Szenarien-Kfz-Modelle mit Reichweite nach NEFZ und angesetztter Reichweite mit „Sicherheitspuffern“

Die Reichweiten nach NEFZ-Fahrzyklus („Neuer Europäischer Fahrzyklus“ nach Richtlinie 70/220/EWG) sind nicht unproblematisch. In der Praxis werden diese selten erreicht, zusätzlich können in den Winter bzw. Sommermonaten die zur Heizung bzw. Klimatisierung notwendigen zusätzlichen Verbraucher den Stromverbrauch ansteigen lassen. Dabei wirkt sich bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen als Nachteil gegenüber Verbrennern aus, dass keine Nennswerte Abwärme beim Antrieb entsteht, welche genutzt werden kann. Die Heizleistung muss demnach vollständig elektrisch generiert werden. Weiterhin wirkt sich die bergige Topographie des Untersuchungsgebietes negativ auf die Reichweite aus. Deshalb sind für die Szenarien folgende Abschläge eingerechnet worden:

- Mehrverbrauch Klima/ Heizung: 20 %
- Mehrverbrauch Topographie: 20 %
- Sicherheitspuffer (z.B. für unvorhergesehene Situationen wie Stau): 10 %

Insgesamt wurde die angegebene Reichweite somit halbiert, um eine „sichere“ Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten vornehmen zu können.

Tendenziell wird es in den nächsten Jahren aber zu einer Erhöhung der Reichweiten kommen, so dass die folgenden Szenarien als „unterste“ Eignung zu sehen sind. Dies fügt sich jedoch in den Anspruch der vorliegenden Untersuchung, die derzeitige Realität abzubilden und keine nicht zutreffenden Idealzustände darzustellen.

Vereinfachte Berechnungen – Mittelwerte

Im Fokus der Betrachtung steht die Alltagsmobilität, also die Eignung von Elektrofahrzeugen im alltäglichen Einsatz.

Stark vereinfacht sollen im Folgenden Durchschnittswerte für tägliche Wegelängen gemäß MiD (letzte vorliegende Erhebung: 2008) zugrunde gelegt werden. Diese sind unter Ansatz verschiedener soziodemographischer sowie räumlicher Kriterien ausgewertet worden.

Den längsten Weg am Tag legen demnach Befragte der verhaltenshomogenen Personengruppe „Erwerbstätige mit verfügbarem Auto“ zurück: 66,5 km²¹. Auch wenn diese Wege nicht ausschließlich mit dem Kfz absolviert werden, so soll der Wert als „Maximalfall“ der Eignungsbewertung zugrunde gelegt werden:

Modell	Ansatz Reichweite	Eignung in Abhängigkeit der erforderlichen Nachladungen (rein elektrisch)			
		Ohne	Einmalig	Zweimalig	öfter/ nicht geeignet
VW Golf GTE	25			Bedingt	
VW E-Up	80	Sehr gut			
VW E-Golf	150	Sehr gut			

Tabelle 9: Eignung elektrisch angetriebener Fahrzeuge für die Alltagsnutzung

Demnach läge die Fahrlänge im Einsatzbereich der reinen E-Fahrzeuge. Auch wenn es sich um einen Durchschnittswert handelt, kann von einer grundsätzlich sehr guten Eignung ausgegangen werden. Beim Plug-in-Hybrid wäre mehrmaliges Aufladen erforderlich bzw. würde in der Praxis zumindest auf Teilstrecken den Einsatz des Verbrennungsmotors erfordern.

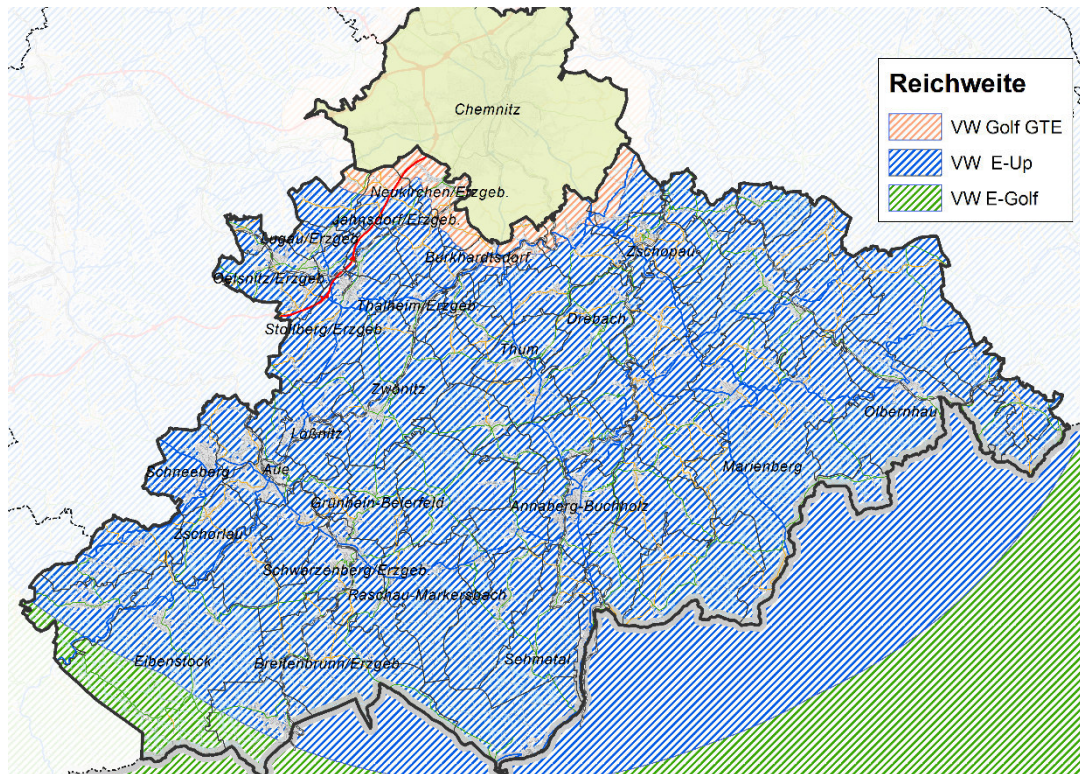
Da es sich um Durchschnittswerte handelt, soll in einer Untersuchungsgebiets-spezifischen Berechnung abgeleitet werden, welche Einzugsgebiete in der Stadt-Umland-Beziehung Chemnitz-Erzgebirgskreis gegeben sind. Dazu wurden die Reichweiten in zwei Annahmen abgebildet:

- **Fall 1:** Wiederaufladung (auf 100 %) am Zielort möglich
- **Fall 2:** Fahrt ohne Wiederaufladung (halbe Reichweite)

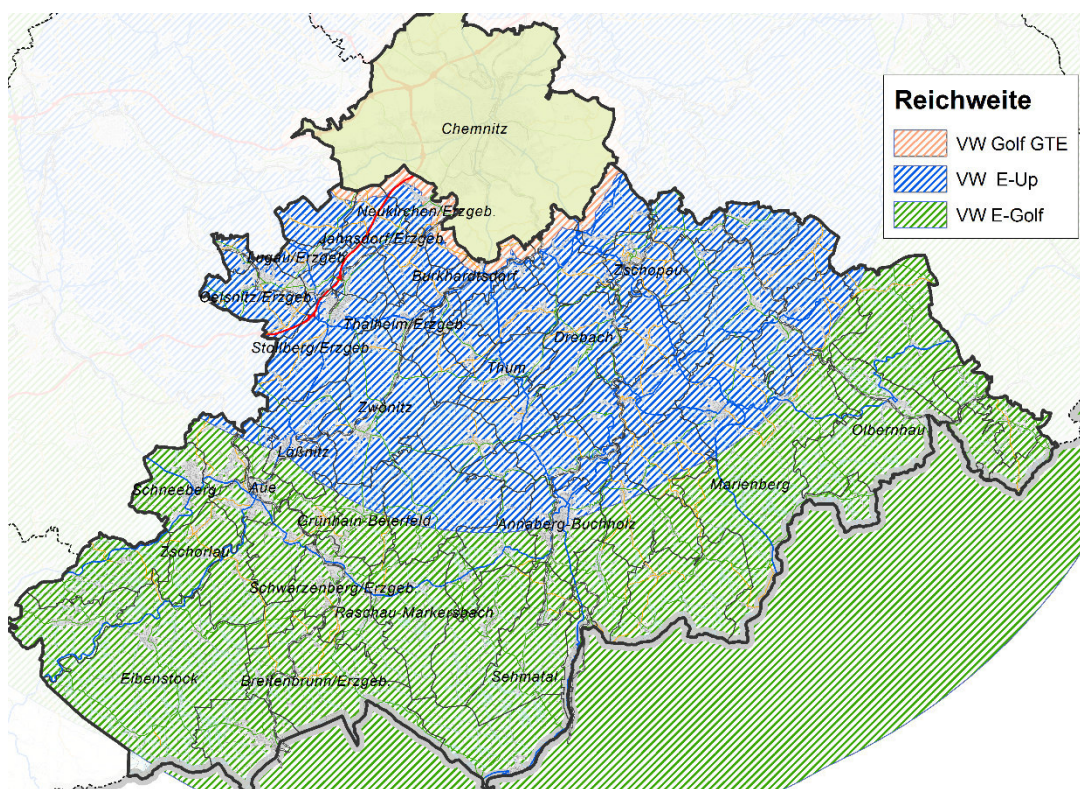
Weiterhin wurden ein Umwegfaktor (Luftlinie zu Straßendistanz) von 1,5 und eine Fahrt in die bzw. aus der Stadtmitte berücksichtigt. Der Umwegfaktor wurde anhand des Vergleichs der Luftlinie mit der tatsächlichen Fahrstrecke für verschiedene Verbindungen abgeleitet (z.B. Seiffen – Chemnitz: Fahrstrecke 58 km zu Luftlinie 43 km = 1,4) und mit einem Sicherheitsaufschlag versehen.

In den folgenden Grafiken ist das Ergebnis dargestellt.

²¹ Vgl.: Tabelle P 29.3.2 A „Gesamtsumme am Stichtag berichteter zurückgelegter Kilometer II - nur mobile Personen (einschließlich regelmäßiger beruflicher Wege).“ – MiD 2008 – Tabellenband, S. 135



Grafik 14: Reichweite der Referenzfahrzeuge ausgehend von der Innenstadt Chemnitz im Szenario 1: vollständige Nachladung am Zielort

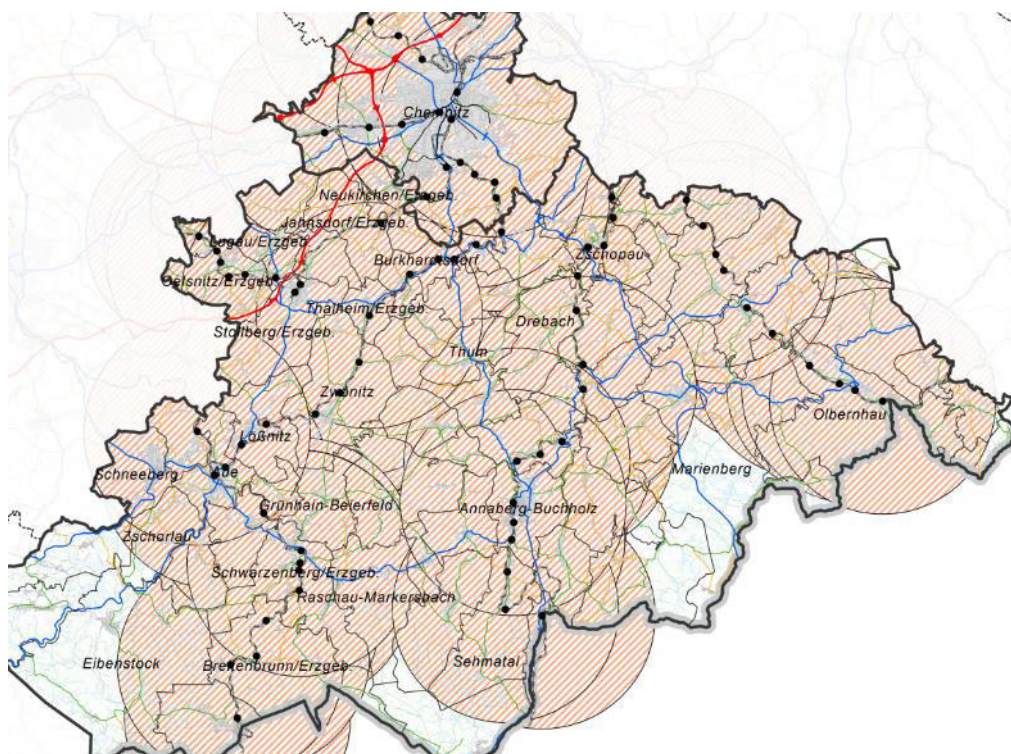


Grafik 15: Reichweite der Referenzfahrzeuge ausgehend von der Innenstadt Chemnitz im Szenario 2: ohne Nachladung am Zielort

Es zeigt sich, dass die Reichweite des Plug-in-Hybrid (VW Golf GTE) in beiden Szenarien nur einen kleinen Bereich im Umfeld der Chemnitzer Stadtgrenzen „abdeckt“. Der VW Up kann mit seiner vergleichsweise geringen Reichweite selbst ohne Nachladung etwa den halben Erzgebirgskreis erreichen, bei Nachladung am Ziel hingegen deckt er fast den gesamten Landkreis ab. Der E-Golf kann auch ohne Nachladung auf dem Hin- und Rückweg in der Stadt-Umland-Beziehung zwischen Landkreis und Chemnitz eingesetzt werden.

Einzugsgebiete von SPNV-Halten

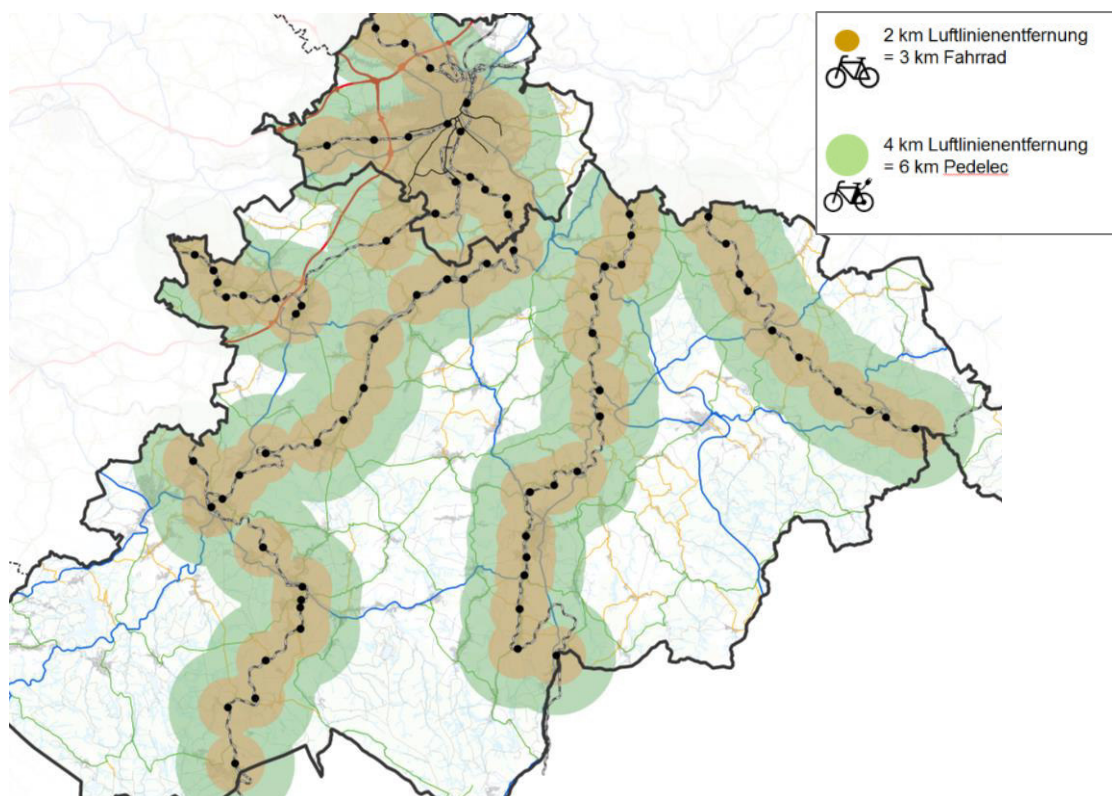
Um aufzuzeigen, welche Potenziale die Verknüpfung mit dem SPNV des in Bezug auf die elektrische Reichweite sich am ungünstigsten darstellenden Plug-in-Hybrids VW Golf GTE birgt, wurde eine Auswertung um die vorhandenen Bahnstationen (des Regionalverkehrs und des Chemnitzer Modells) unter den gleichen Ansätzen vorgenommen.



Grafik 16: Einzugsgebiet um Bahnstationen unter Ansatz der vollelektrischen Reichweite eines Plug-In-Hybrid (VW Golf GTE) ohne Nachladung am P+R

Die Darstellung macht deutlich, dass selbst mit der begrenzten Reichweite eines Plug-in-Hybrid aus dem Großteil des Landkreises eine Bahnstation erreicht werden kann. „Lücken“ ergeben sich nur im Süden in der Grenzregion zur Tschechischen Republik. Es kann davon ausgegangen werden, dass die über deutlich längere Reichweiten verfügenden Elektro-Pkw P+R ohne Zwischenladung auf dem Parkplatz nutzen können.

Auch die Nutzung von Pedelecs als „Zubringer“ zu den SPNV-Strecken ist eine denkbare Option. Gerade im bergigen Erzgebirge können diese ihre Vorteile gegenüber dem Fahrrad ausspielen. Es wurde deshalb berechnet, welche Einzugsgebiets-Erweiterung möglich ist, wenn Pedelecs eingesetzt würden. Zu Grunde gelegt wurden dabei moderate Strecken von 3 km mit dem Fahrrad (entspricht 2 km Luftlinienentfernung) und einer Verdopplung auf 6 km mit dem Pedelec.



Grafik 17: Einzugsgebiete um Bahnstationen im Vergleich Fahrrad zu Pedelec

Da die Reichweite der Pedelecs deutlich über den Wegstrecken (Hin- und Rückweg) liegt, kann auf eine gesonderte Ladestruktur verzichtet werden. Wichtig ist jedoch die Vorhaltung von sicheren Abstellmöglichkeiten da Pedelecs inkl. Akku i.d.R. wertvoller sind, als Fahrräder.

Betrachtung von Wegekettten

Um die Einsatzgrenzen genauer zu spezifizieren, sollen detailliertere Berechnungen vorgenommen werden. Dazu werden die häufigsten Wegekettten auf ihre Eignung zur Nutzung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, ggf. mittels Verlängerung der Reichweite durch Nachladen, geprüft. Dazu wurden folgende Ladespezifika zugrunde gelegt:

Modell	Nachladung (bei voller Entladung)			
	max. Ladeleistung (fahrzeugbedingt)	in 2 Stunden	in 4 Stunden	in 6 Stunden
VW Golf GTE	3,6 kW	100 % = 25 km	-	-
VW E-Up	3,6 kW	40 % = 32 km	90 % = 72 km	100 % = 80 km
VW E-Golf	7,2 kW	15 % = 22,5 km	70 % = 105 km	90 % = 135 km


Tabelle 10: Annahmen zur Nachladung der Szenarien-E-Fahrzeuge

Die Angaben wurden auf Grundlage von Angaben aus Fahrzeugtests unter Annahme der fahrzeugseitig jeweils maximal zulässigen Ladeleistung (Wechselstrom) errechnet (die Verbreitung von Gleichstrom-Ladesäulen mit höheren Ladeleistungen ist derzeit zu gering, um diese zu berücksichtigen).

Typische Aktivitätenmuster können den Ergebnissen des SrV 2013 entnommen werden, wobei der vorliegenden Untersuchung die Tabellen in der Klassifizierung „Mittelzentren – hügelig“ zu Grunde gelegt werden. Eine entsprechende Auswertung für niedrigere Kategorien des zentrale-Orte-Systems liegt nur in der Topographie „flach“ vor.

Aktivitätsmuster	Anteil an ganztägigen Aktivitätsmustern
WAW	13,5 %
WEW	6,5 %
WBW	6,1 %
WFW	4,3 %
WBWFW	3,0 %
WAWFW	3,0 %
WEWFW	2,4 %
WEEW	1,9 %
WKW	1,8 %
WAWEW	1,7 %
WEWEW	1,7 %
WAEW	1,4 %
WFWFW	1,0 %
WBWEW	0,8 %
WDW	0,8 %
Sonstige Muster	50,3 %
Summe	100 %
Ungewichtete Fallzahl	9.501
Gewichtete Fallzahl	9.308

A - Arbeiten
 B - Bilden
 D - Dienstlich/geschäftlich
 E - Einkaufen/Versorgen
 F - Freizeit
 K - Kindereinrichtung
 S - Sonstiges
 W - Wohnen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN 

Grafik 18: „Aktivitätsmuster der Personen am Stichtag (Ganztägig) (15 häufigste Muster)“, Tabelle 13.1 aus SrV 2013, Tabellenband „Mittelzentren – hügelig“

Es sollen die häufigsten 8 Muster in der weiteren Betrachtung vertiefend untersucht werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erkenntnisse auch auf die weiteren Wegeketten zutreffen, welche sich zwar hinsichtlich des Zweckes, nicht aber der zurückzulegenden Entfernungen unterscheiden.

Die vier häufigsten Aktivitätenmuster der befragten Personen führten am Stichtag ausgehend von zu Hause (Wohnen) lediglich zu einem Ziel (Arbeit, Einkaufen, Bilden und Freizeit) und zurück nach Hause. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die bereits vorgenommenen Betrachtungen zu typischen Pendlerfahrten auch diese Fälle abdecken.

Die beiden Wegeketten **WBWFW/ WAWFW** (Wohnen – Bilden – Wohnen – Freizeit – Wohnen sowie Wohnen – Arbeiten – Wohnen – Freizeit – Wohnen) dürften hinsichtlich der Streckenlängenverteilung ähnlich sein und sich nur im ersten Wegezweck unterscheiden. Deshalb sollen beide Ketten gemeinsam behandelt werden.

Die tatsächliche Eignung bzw. die Einsatzgrenzen hängen stark von verschiedenen Faktoren ab:

- Zurückzulegende Wegelängen?
- Besteht die Möglichkeit der Zwischenladung?
- Zur Verfügung stehende Ladezeiten (bei Zwischenladungen)?

Diese Faktoren können in verschiedenen Szenarien miteinander verschnitten werden. Grundsätzlich wird dabei davon ausgegangen, dass die Wegeketten am Morgen mit einem voll aufgeladenen Fahrzeug beginnen bzw. die Aufladung am Abend einen vollen Akku sicherstellt.

Im ersten Szenario wird von einem Arbeits- bzw. Bildungsweg von 58 km (eine Richtung) ausgegangen. Dies entspricht der weitesten Distanz zwischen einer Stadt im Erzgebirgskreis (Seiffen) und der Innenstadt von Chemnitz. Die typische Entfernung zur Freizeiteinrichtung wurde der Untersuchung MiD entnommen (Tabelle W 7 A – mittlere Wegelänge nach Hauptzweck des Weges: Freizeit 14,1 km). Die verschiedenen Ladezeitszenarien sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Fall	W	A/B	W	F	W	Eignung			
	Aufladezeit am Ziel in h; V = "Akku voll bzw. wird voll geladen"					VW E-Golf	VW E-Up	VW Golf GTE	
1	V	0	0	0	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(17 % elektrisch)
2	V	6	2	2	V	geeignet	geeignet	bedingt	(54 % elektrisch)
3	V	6	2	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(52 % elektrisch)
4	V	6	0	2	V	geeignet	geeignet	bedingt	(44 % elektrisch)
5	V	6	0	0	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(35 % elektrisch)
6	V	0	2	2	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(37 % elektrisch)
7	V	0	2	0	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(35 % elektrisch)
8	V	0	0	2	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(27 % elektrisch)

Tabelle 11: Eignung der Modell-Fahrzeugtypen für die Wegekette W-A/B-W-F-W bei 58 km Arbeits- bzw. Bildungsweg unter Annahme verschiedener Ladeszenarien

Im Ergebnis zeigt sich, dass der E-Golf mit seiner Reichweite selbst im ungünstigsten Fall – keine Nachlademöglichkeit in der gesamten Wegekette – zur Absolvierung der Fahrten geeignet ist. Der Kleinwagen E-Up hingegen bedingt ein Nachladen nach der langen Strecke zur und vom Arbeitsplatz bzw. der Bildungsstätte. Der Plug-In-Hybrid Golf GTE kann nur Teilstrecken des Arbeitsweges voll elektrisch fahren und benötigt weiterhin häufige Nachladungen. Wenn diese zur Verfügung stehen, kann mehr als die Hälfte der Gesamt-Tagesstrecke elektrisch zurückgelegt werden.

In einem zweiten Szenario wird der zurückzulegende Arbeitsweg mit nur 40 km angesetzt (innerhalb dieser Distanz liegen viele bevölkerungsreiche Städte wie Aue, Schwarzenberg, Annaberg-Buchholz und Marienberg). Die weiteren Annahmen bleiben identisch.

Fall	W	A/B	W	F	W	Eignung			
	Aufladezeit am Ziel in h; V = "Akku voll bzw. wird voll geladen"					VW E-Golf	VW E-Up	VW Golf GTE	
1	V	0	0	0	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(23 % elektrisch)
2	V	6	2	2	V	geeignet	geeignet	bedingt	(72 % elektrisch)
3	V	6	2	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(69 % elektrisch)
4	V	6	0	2	V	geeignet	geeignet	bedingt	(59 % elektrisch)
5	V	6	0	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(46 % elektrisch)
6	V	0	2	2	V	geeignet	geeignet	bedingt	(49 % elektrisch)
7	V	0	2	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(46 % elektrisch)
8	V	0	0	2	V	geeignet	ungeeignet	bedingt	(36 % elektrisch)

Tabelle 12: Eignung der Modell-Fahrzeugtypen für die Wegekette W-A/B-W-F-W bei 40 km Arbeits- bzw. Bildungsweg unter Annahme verschiedener Ladeszenarien

Da die Gesamttagesstrecke kürzer ist, als im ersten Fall, kann der E-Golf auch dieses Szenario ohne Zwischenladung absolvieren. Für den E-Up reicht die Gesamtreichweite nur in zwei Szenarien nicht aus, allerdings befindet sich die Gesamtdistanz des Hin- und Rückweges Wohnen – Arbeits- bzw. Bildungsstätte ohne Zwischenladung genau an der angenommenen Reichweitengrenze von 80 km. Mit dem Plug-in-Hybrid können maximal 72 % des Weges im günstigsten Fall elektrisch zurückgelegt werden, im Ungünstigsten sind es nur 23 %.

Die Wegekette **WEFW** (Wohnen – Einkaufen – Wohnen – Freizeit – Wohnen) stellt sich hinsichtlich der Eignung besser dar, als die beiden vorherigen Muster. Dies ist in den i.d.R. kürzeren Einkaufswegen begründet: im MiD wird für Einkaufswegen eine mittlere Länge von 5 km angegeben.

Fall	W	E	W	F	W	Eignung			
	Aufladezeit am Ziel in h; V = "Akku voll bzw. wird voll geladen"					VW E-Golf	VW E-Up	VW Golf GTE	
1	V	0	0	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(65 % elektrisch)
2	V	2	2	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
3	V	2	2	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(92 % elektrisch)
4	V	2	0	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
5	V	2	0	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(79 % elektrisch)
6	V	0	2	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
7	V	0	2	0	V	geeignet	geeignet	bedingt	(92 % elektrisch)
8	V	0	0	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)

Tabelle 13: Eignung der Modell-Fahrzeugtypen für die Wegekette W-E-W-F-W unter Annahme verschiedener Ladeszenarien

Demnach können die beiden zugrunde gelegten voll elektrisch angetriebenen Fahrzeugen in allen Fällen genutzt werden. Auch der Plug-in-Hybrid kann in einigen der beschriebenen Fälle die Wegekette vollständig elektrisch fahren, erreicht aber auch im ungünstigsten Fall ohne Zwischenladung eine Abdeckung von 65 %.

Das Szenario dürfte für Einkaufsfahrten für Waren des täglichen Bedarfs die Eignung dem Grunde nach „zutreffend“ darstellen. Sonderfälle wie der Einkauf im nächstgelegenen Oberzentrum (in diesem Fall der Stadt Chemnitz) hingegen sind nicht abgedeckt. Diese werden deshalb in einem gesonderten Szenario untersucht. Als Unterschied zu den Szenarien Arbeit/ Bildung in Chemnitz ist eine kürzere Nachladezeit zu sehen, welche mit 4 Stunden angesetzt wurde.

Dennoch sind die Ergebnisse, auf deren Darstellung verzichtet werden soll, mit denen aus den Szenarien Arbeit/ Bildung in Chemnitz vergleichbar. Dies liegt insbesondere daran, dass der VW Up in 4 h fast vollständig aufgeladen werden kann und sich an seinem Einsatzspektrum aus der kürzeren Ladezeit kein Nachteil ergibt.

Das letzte betrachtete Szenario stellt die Wegeketten W – E – E – W (Wohnen – Einkaufen – Einkaufen – Wohnen) dar.

Fall	W	E	E	W	Eignung			
	Auffladezeit am Ziel in h; V = "Akku voll bzw. wird voll geladen"				VW E-Golf	VW E-Up	VW Golf GTE	
1	V	0	0	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
2	V	2	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
3	V	2	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
4	V	2	0	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
5	V	2	0	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
6	V	0	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
7	V	0	2	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)
8	V	0	0	V	geeignet	geeignet	geeignet	(100 % elektrisch)

Tabelle 14: Eignung der Modell-Fahrzeugtypen für die Wegeketten W-E-E-W unter Annahme verschiedener Ladeszenarien

Dieses kann als typische Wegeketten von Personen ohne Berufstätigkeit (z.B. Senioren) gesehen werden. Die kurzen Strecken (jeweils Mittelwert 5 km) zwischen den Zielen bedeuten eine Gesamtwegelänge innerhalb der Reichweiten aller drei angesetzten Fahrzeuge auch ohne Zwischenladung.

Fazit

Die Betrachtung der verschiedenen täglichen Wegeketten macht deutlich, dass der technische Fortschritt die serienmäßig hergestellten Elektrofahrzeuge für den Alltag immer geeigneter macht. Insbesondere der seit 2017 angebotene VW E-Golf mit gesteigerter Reichweite (in dessen Fahrzeugklasse mehrere ähnlich spezialisierte Fahrzeuge erworben werden können) hat sich als gut nutzbar herausgestellt.

Beim günstigeren, aber auch mit weniger Reichweite ausgestatteten Kleinwagen VW Up können Wege bis 80 km ebenfalls gut zurückgelegt werden. Da das Fahrzeug in einigen Szenarien aber nahe dieser Einsatzgrenze kam, sind Zwischenlademöglichkeiten entsprechend wichtig.

Dabei kann neben der heimischen Fahrzeug-Abstellmöglichkeit, welche grundsätzlich als „mit Ladepunkt ausgestattet“ angenommen wurde, auch der Parkplatz am Arbeitsort als wichtig zum Nachladen identifiziert werden.

Generell kann damit angenommen werden, dass mit den weiteren Entwicklungen bzgl. Reichweite und Nachlademöglichkeiten (fahrzeugseitig akzeptierter Nachladestrom) auch Kleinwagen alltagstauglicher werden.

Bei den weiteren Wegezwecken hängt die Sinnhaftigkeit von Nachlademöglichkeiten von den spezifischen Wegketten ab. In den berechneten Szenarien führte das (zweistündige) Nachladen z.B. während des Einkaufens nicht zu einer anderen Einschätzung der Eignung der gesamten Wegekette. Allerdings kann die grundsätzliche Vorhaltung zu einer größeren Sicherheit in der Nutzung führen, wenn eine Erhöhung der Reichweite um wenige Kilometer die Wegekette „rettet“.

Plug-in-Hybride als rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge zu nutzen kann in spezifischen Fällen funktionieren. Dies hängt aber stark davon ab, wie viele der typischen Alltags-Wege eine größere Länge haben, als die Reichweite beträgt. Weiterhin ist häufiges Nachladen nötig. Da die vergleichsweise geringe Reichweite auch in kurzer Ladezeit erreicht wird, können bei konsequenter Nutzung der Möglichkeiten große Anteile der Wegketten elektrisch zurückgelegt werden. Als wesentlicher Vorteil der Fahrzeuge kann auch in den untersuchten Wegketten eingeschätzt werden, dass der voll-elektrische Betrieb mit dem eingebauten Verbrennungsmotor eine Rückfallebene hat, so dass die „Reichweitenangst“ bei der E-Fahrzeugnutzung nicht besteht.

Auch wenn die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen insbesondere auch unter den ungünstigen Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes (vergleichsweise lange Wege, anspruchsvolle Topographie, lange und kalte Winter) im Grundsatz nachgewiesen wurde bzw. als perspektivisch gegeben anzusehen ist, verbleibt als generelles Problem die Nutzbarkeit in nicht-alltäglichen Einsatzfällen. So werden Kfz in Privathaushalten zwar überwiegend auf den untersuchten Wegketten eingesetzt – ein Teil der Fahrten weicht aber von den Mustern ab. Dies sind insbesondere Urlaubs- oder freizeitorientierte (z.B. Verwandtenbesuche) Fahrten mit dem Kfz.

Laut ADAC-Reisemonitor²² plan(t)en die Deutschen im Jahr 2017 zu 28 % eine, zu 32 % zwei Urlaubsreisen (also Reisen, die 5 Tage oder länger dauern) durchzuführen. Nur 22 % sahen hingegen keine Reisen vor. Bzgl. des genutzten Verkehrsmittels liegen Flugzeug und Pkw mit 45 % gleichauf, wobei das Auto tendenziell für längere Distanzen ungeeignet ist. Etwa ein Drittel der deutschen Urlauber bleiben im Land²³.

Auch wenn keine typischen Fahrleistungen für Urlaubsreisen in den Studien ausgewiesen werden, so kann davon ausgegangen werden, dass diese über der Reichweite von Elektro-Kfz liegen. Die häufigsten Urlaubsziele der Deutschen im Inland (laut Reiseanalyse 2016 Bayern: 5,3 %, Mecklenburg-Vorpommern: 5,2 % und Niedersachsen: 4,2 %) sind selbst mit dem VW E-Golf nur knapp (nordöstliche Landesgrenze von Bayern) oder nicht zu erreichen.

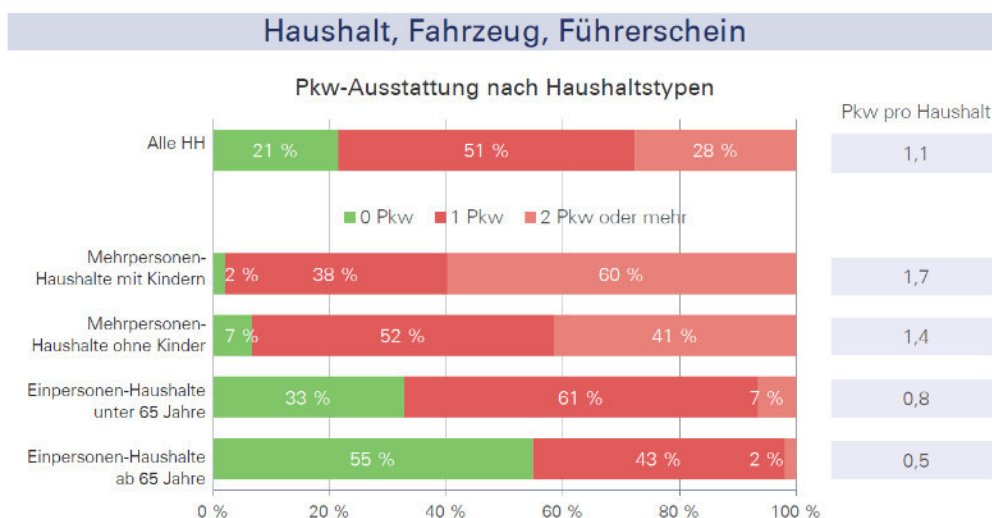
Entsprechende Bedeutung erhalten Schnellladesäulen, welche in Deutschland vor allem entlang von Autobahnen installiert werden sollen. Mit diesen kann die Reichweite schnell wiederhergestellt werden (angegeben werden i.d.R. Aufladung auf 80 % in 20 Minuten). Dies bedingt aber auch die fahrzeugseitige Akzeptanz großer Ladeströme.

Nicht eingeschätzt werden kann, wie die Nachfrage zu Stoßzeiten (z.B. Ferienbeginn im Bundesland) in der Praxis auswirkt. So können bei etwa 20 Minuten Ladezeit nur zwei bis drei Kfz/ Ladepunkt und Stunde geladen werden. Ein beliebiges Ausweichen auf „freie“, aber weiter entfernte Ladestationen ist mit Fahrzeugen an der Reichweitengrenze nicht möglich.

Insgesamt ist die derzeitige praktische Relevanz im Alltagsverkehr am ehesten im Bereich von kleineren Zweitfahrzeugen des Haushalts gegeben, welche ein „festes“, innerhalb der beschriebenen Einsatzgrenzen liegendes Einsatzprofil haben. In Chemnitz liegt die Anzahl der Pkw im Haushalt bei durchschnittlich 1,1 (SrV 2013), über alle Haushalte verfügen demnach 28 % über zwei und mehr Pkw. In der Differenzierung nach Haushaltstypen (vgl. nachfolgende Grafik) zeigt sich, dass das Potenzial von Zweitwagen in Mehrpersonenhaushalten recht hoch ist (60 % bzw. 41 % in Abhängigkeit davon, ob Kinder im Haushalt leben).

²² Vgl.: „Trendforschung im Reisemarkt 2017“, Studie des ADAC-Verlag, München, 2017, Download unter: <https://media.adac.de/mediaservice/studien.html>

²³ Vgl.: „Erste ausgewählte Ergebnisse der 46. Reiseanalyse zur ITB 2016“, Studie der FUR Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen e.V., Kiel, 2016, Download unter: http://reiseanalyse.de/wp-content/uploads/2017/09/RA2016_Erste_Ergebnisse_DE.pdf



Grafik 19: Pkw-Ausstattung nach Haushaltstypen aus dem „Bericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“ in Chemnitz“, TU Dresden, 2014, S. 10

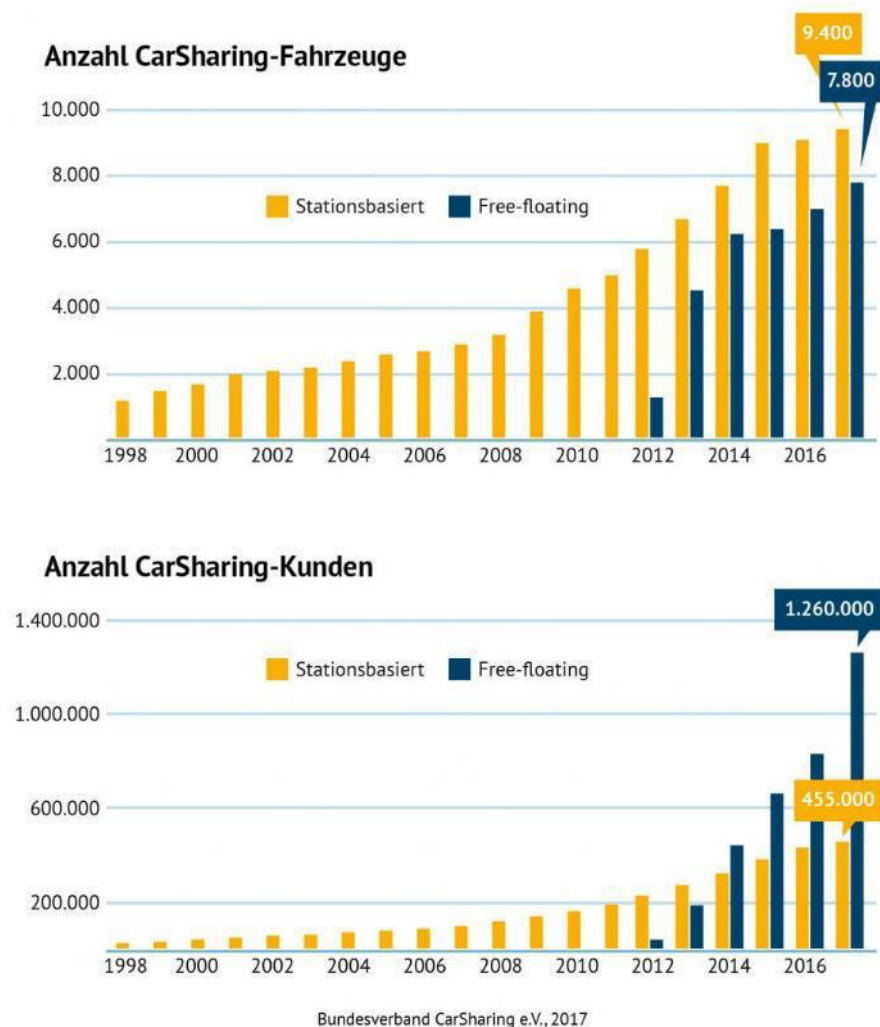
Für den Erzgebirgskreis liegen keine spezifischen Auswertungen vor, es kann aber davon ausgegangen werden, dass der Anteil an Haushalten mit zwei und mehr Kfz höher ist. Als ein Indiz kann der höhere Motorisierungsgrad gewertet werden (Chemnitz: 502 Pkw/ 1000 Einwohner, Erzgebirgskreis: 579 Pkw/ 1000 Einwohner).

Aus verkehrspolitischer Sicht problematisch muss eingeschätzt werden, dass eine hohe Kfz-Verfügbarkeit im Haushalt verhaltensseitig oftmals zur stärkeren oder ausschließlichen Nutzung der Pkw führt und alternative, ggf. sogar in Bezug auf Wegelänge und -zweck „optimalere“ Verkehrsmittel wie Fuß, Rad und ÖPNV ignoriert werden. Ggf. kann deshalb (elektromobiles) Car-Sharing als Alternative zum Erst- oder Zweitwagen in Betracht kommen.

6.5 Car-Sharing und Elektromobilität

Charakterisierung

Car-Sharing, also die organisierte gemeinschaftliche Nutzung von Autos, findet in Deutschland eine immer stärkere Verbreitung.



Grafik 20: Entwicklung des Car-Sharing seit 1998 (Anzahl Fahrzeuge und Nutzer) differenziert nach stationsbasiert und Floating-Car (Quelle: Bundesverband CarSharing e.V., 2017)

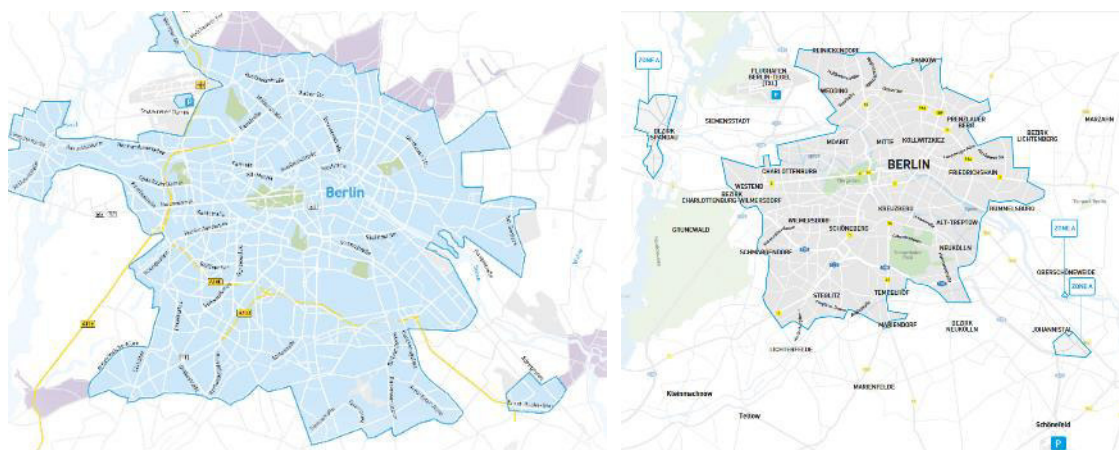
Die Differenzierung in „stationsbasiert“ und „Free-Floating“ macht deutlich, dass es sich um zwei grundsätzlich verschiedene Arten des Car-Sharing handelt:

- Beim **stationsbasierten** Car-Sharing erfolgt die Anmietung von Kfz, die an fest zugeordneten Stationen geparkt werden. Vor der Fahrt ist das Fahrzeug zu buchen, wobei auch die Gesamtnutzungsdauer „fest“ anzugeben ist. Die Fahrten sind immer am Ausgangsort abzuschließen und für die Gesamtdauer sowie die gefahrenen Kilometer zu bezahlen. Werden die Autos an Zwischenzielen geparkt, so fallen die Zeitkosten weiter an.

- Bei **free-floating** Car-Sharing existieren keine festen Stationen, sondern der Nutzer hat die Möglichkeit, in einem definierten Gebiet „freie“ Fahrzeuge beliebig anzumieten. Auch die Rückgabe kann an einem beliebigen Standort im Gebiet erfolgen, ohne zum Startpunkt zurückkehren zu müssen. Eine vorherige Buchung inkl. Festlegung der Nutzungszeit ist nicht notwendig. Die Standorte freier Kfz in der Nähe werden per Internet an Interessenten gemeldet, so dass z.B. für die Rückfahrt ein anderes Fahrzeug genutzt werden kann. Außerhalb des Geschäftsgebietes ist eine Rückgabe nicht möglich, die Kosten sind hier weiter zu tragen. Abgerechnet wird i.d.R. ein Zeitpreis für die Nutzung.

Als Nutzer kommen grundsätzlich vor allem Personen in Frage, die eine Jahresfahrleistungen des Kfz von weniger als 10.000 km haben bzw. durch die vollständige Umstellung der individuellen Mobilität auf dieses Niveau senken könnten. Allerdings muss diese Voraussetzung zumindest bei Nutzung von stationsgebundenem Car-Sharing weiter eingeschränkt werden: regelmäßige Fahrten mit langen (kostenpflichtigen) Standzeiten am Zwischenziel, beispielsweise dem Arbeitsplatz, sind finanziell nicht sinnvoll. Bei free-floating-Systemen „lohnt“ sich die Nutzung auf solchen Wegen nur, wenn die Fahrzeugmiete beendet werden kann.

Hinter den free-floating Car-Sharing-Angeboten stehen i.d.R. Automobilhersteller (Car2go: Daimler, Drivenow: BMW, Multicity: Citroen). Obwohl auf den ersten Blick nutzerfreundlicher als stationsbasierte Angebote (durch die möglichen Punkt-zu-Punkt-Fahrten), beschränken sich die Gebiete, in denen die Fahrzeuge abgestellt werden dürfen, auf die verdichteten Bereiche von Großstädten. Nur in diesen Bereichen kann davon ausgegangen werden, dass die abgestellten Fahrzeuge zeitnah wieder genutzt werden und somit eine gewisse Auslastung gegeben ist. Auch die „Konzentration“ von Fahrzeugen an bestimmten Punkten, z.B. durch Pendlerfahrten nach außerhalb der Städte, werden so vermieden. In den vergangenen Jahren haben einige Anbieter ihre Geschäftsbereiche bereits verkleinert, um die Angebots- und Nachfragesituation besser abzustimmen.



Grafik 21: Geschäftsbereiche Car2Go Berlin vor Anpassung 2015 (links) und nach Anpassung (rechts),
Quelle: Homepage Car2Go (www.car2go.com)

Entsprechend ist das Angebot primär auf (junge) urbane Nutzergruppen ausgerichtet. Die Fahrzeuge sind auffällig lackiert (Aufmerksamkeit) und das Gebührenmodell ähnelt dem von Mobilfunkanbietern (Minutengenaue Abrechnung). Standzeiten außerhalb des Geschäftsgebietes wirken sich sehr stark auf den Preis aus: bei Car2Go Berlin kostet die Nutzung eines Mercedes (Modell A-Klasse) 0,31 €/ Minute, in der Stunde also 18,60 € - selbst wenn dieses nur geparkt wird. Hier ist das klassische Car-Sharing bei einem Zeitpreis von 2,88 € für eine Stunde Kompaktauto bei Teilauto Chemnitz (im Starttarif, Stand Oktober 2017) erheblich günstiger. Die anfangs der Einführung des Angebotes von Car2Go bestehenden mangelnden Wahlmöglichkeiten (lediglich Zweisitzer im Angebot) sind zwischenzeitlich durch das Angebote größerer Fahrzeuge behoben, boten aber z.B. Familien keinen vollwertigen Ersatz zum eigenen Pkw.

Einschätzung der Klimawirksamkeit

Generell wird Car-Sharing als umweltfreundliche Alternative zum individuellen Pkw-Besitz und -Einsatz dargestellt. Vom Grundsatz her sind Effekte, die bei der Nutzung weniger Fahrzeuge durch viele Nutzer entstehen, unbestritten. So werden bereits durch den Verzicht auf ein eigenes Kfz Ressourcen eingespart, die zur Produktion von Kfz notwendig wären. Ein weiterer Vorteil ist im Umgang mit begrenztem städtischem Raum in dem geringeren Stellplatzbedarf zu sehen, welcher bei der gemeinschaftlichen Nutzung entsteht.

Aus weiteren Gründen kann Car-Sharing als umweltfreundlichere Alternative zum eigenen Pkw gesehen werden:

- Fahrten mit Car-Sharing-Fahrzeugen sind „kostenechter“ als die Nutzung eines eigenen Pkw. Die Kosten, die für eine Fahrt mit Car-Sharing-Fahrzeugen zu entrichten sind, liegen zwar in der globalen Betrachtung (also inkl. der Kosten für Versicherung, Steuer, Verschleiß, Abschreibung, ...) durchaus im Bereich dessen, was auch mit dem eigenen Kfz für Strecken zu bezahlen wäre. Die „Out-of-pocket“-Kosten suggerieren jedoch im Vergleich höhere Ausgaben beim Car-Sharing, da bei einem eigenen Kfz die Nutzer oftmals nur die reinen Treibstoffkosten und ggf. Parkgebühren als Ausgabe pro Fahrt wahrnehmen.
- Die bloße Verfügbarkeit eines eigenen Kfz verführt bereits zu dessen Nutzung, auch wenn andere Mobilitäts Optionen vorhanden und ggf. sinnvoller wären. Bei Nutzung von Car-Sharing stellt schon der Buchungsvorgang trotz eines geringen Aufwandes ein Zugangshemmnis dar.
- Da sich Car-Sharing-Flotten in der Regel aus relativ neuen, i.d.R. emissionsärmeren Fahrzeugen zusammensetzen, sind sie hinsichtlich Verbrauchsoptimierung und Abgasreinigungstechnik auf neuerem Stand, als bei über mehrere Jahre in privater Hand befindliche Kfz.

- Nutzer können (zumindest beim stationsbasierten Car-Sharing) ihren Fahrzeugbedarf auf jeder Fahrt individuell bestimmen: Fahrten allein können mit kleinen Fahrzeugen absolviert werden, für Ausflüge z. B. mit mehreren Familienpersonen werden große Autos genutzt. Im Vergleich zur klassischen Familienlimousine, die eine ausreichende Größe für Familienfahrten und damit höhere Masse und Verbräuche besitzt, aber in der täglichen Nutzung zumeist lediglich mit dem Fahrer besetzt ist, werden weitere Minderungseffekte erreicht.

Hinsichtlich des Klimaschadgas-Minderungseffektes ist auch relevant, wie die jeweiligen Nutzer ihre Mobilität ohne Car-Sharing sicherstellen würden. Würde diese ohne Kfz erfolgen, müsste Car-Sharing eine negative Klimawirkung unterstellt werden, da durch ein solches Angebot die Nutzer zusätzliche Fahrten mit Pkw zurücklegen, was ihnen sonst nicht möglich wäre. Ein positiver Effekt hingegen müsste konstatiert werden, wenn Personen Car-Sharing nutzen, die ohne ein solches Angebot einen eigenen Pkw angeschafft hätten. Haushalte mit eigenem Pkw neigen dazu, diesen aufgrund der geringen Zugangshürden stärker zu nutzen.

Trotz der benannten Umwelt- und Klimawirksamkeit muss betont werden, dass Car-Sharing gegenwärtig noch nicht als die massentaugliche Alternative zu sehen ist.

Elektromobiles Car-Sharing

Waren Car-Sharing-Fahrzeuge am Anfang mit Verbrennungsmotor ausgestattet, so steigt der Anteil an E-Fahrzeugen in den Flotten. Aktuell wird dieser vom „Bundesverband CarSharing“ (bcs) mit 10,4 % angegeben (Stand 1.1.2017)²⁴. Dieser vergleichsweise hohe Anteil kann vor allem dadurch erreicht werden, dass die Nutzer sich ihr Fahrzeug nach Einsatzzweck auswählen und somit bei Eignung auf einen Elektro-Pkw zurückgreifen können. Liegt die geplante Fahrt hingegen außerhalb der Einsatzgrenzen, so kann ein Verbrenner gewählt werden.

Problematisch in Bezug auf den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Car-Sharing-Flotten ist die Koordinierung der Verfügbarkeit von Reichweiten zu sehen. So muss vor jeder Fahrt sichergestellt werden, dass der nächste Nutzer eine gewisse Reichweite zur Verfügung gestellt bekommt. Da Car-Sharing-stationen i.d.R. mit Normalladestationen ausgestattet sind, müssen entsprechend lange Ladezeiten vor Fahrtantritt eingerechnet und das Fahrzeug für andere Buchungen „blockiert“ werden.

²⁴ Vgl.: „Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland“, des Bundesverband CarSharing e.V., Berlin. Abgerufen am 03.11.2017 unter <https://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland>

Interessant kann Car-Sharing jedoch als Ergänzung zu privaten Elektrofahrzeugen werden, wenn geplante Langstrecken mittels Car-Sharing-Fahrzeug (Verbrenner) abgewickelt werden. Der in Chemnitz aktive Anbieter „Teilauto“ bietet auch vergünstigte Langzeitmieten an.

Situation in Chemnitz im Bestand

In Chemnitz konnte der private Anbieter stationsgebundenem Car-Sharings „Teilauto“, der auch mit der Deutschen Bahn kooperiert, ein Netz an Car-Sharing Stationen aufbauen. Insgesamt stehen den aktuell ca. 21 Fahrzeuge an 15 Stationen zur Verfügung (Stand: Oktober 2017). Von diesen ist derzeit allerdings kein Pkw elektrisch angetrieben.

Im Städtevergleich des bsc²⁵ (letzter verfügbarer Stand: 2015) lag Chemnitz mit 12 Car-Sharing-Fahrzeugen und 0,05 Fahrzeugen je 1.000 Einwohner auf dem 94. Rang (nur stationsbasiertes Car-Sharing). Unter Ansatz der aktuellen Car-Sharing-Fahrzeuganzahl erhöht sich der Faktor auf 0,085, was jedoch immer noch einem eher unterdurchschnittlichen Wert entspricht (unter der Annahme, dass die Anzahl der Fahrzeuge in den anderen Städten nicht verändert wurden, läge Chemnitz jetzt auf Platz 80). Die drei Städte mit den höchsten Werten sind Karlsruhe 2,15/ 1.000 Einwohner (bei 184.500 Einwohnern), Freiburg 1,1/ 1.000 Einwohner (bei 108.500 Einwohnern) und Tübingen 1,02/ 1.000 Einwohner (bei 89.000 Einwohnern). Diese liegen hinsichtlich der Gesamteinwohnerzahl unter dem Chemnitzer Wert, so dass Car-Sharing durchaus auch in kleineren Großstädten Verbreitung finden kann.

Ein free-floating-Angebot ist derzeit in Chemnitz nicht gegeben. Angesichts der Marktsituation in Deutschland, die sich eher auf die Kernbereiche von größeren Städten mit Einwohnerzahlen von mehr als 500.000 Einwohnern konzentriert, erscheint es derzeit als nicht wahrscheinlich, dass ein entsprechender Anbieter in absehbarer Zeit in Chemnitz ein Angebot realisiert.

7. Handlungsfelder zur Förderung der Elektromobilität

7.1 Vorbemerkungen

In den vorangegangenen Arbeitsschritten konnte gezeigt werden, dass die praktische Nutzbarkeit elektrischer Fahrzeuge im Alltagsverkehr bereits heute hoch ist. Trotzdem konnten Barrieren identifiziert werden, die einer stärkeren Marktdurchdringung bislang entgegenstehen:

- „Reichweitenangst“ der Nutzer bzw. teilweise tatsächlich nicht ausreichende Reichweite der Fahrzeuge für lange Strecken → unzureichende Erfahrungen der Nutzer
- Lange Ladezeiten und unzureichende Ladeinfrastruktur und damit eine geringere Flexibilität
- hohe Anschaffungskosten

²⁵ Vgl.: „bcs-Städtevergleich 2015: CarSharing-Angebote in deutschen Städten über 50.000 Einwohner“, des Bundesverband CarSharing e.V., Berlin. Abgerufen am 03.11.2017, Download unter: https://carsharing.de/sites/default/files/uploads/uebersichtstabelle_staedteranking_2015.pdf

- Probleme bei der Bereitstellung des Stroms (regenerative Erzeugung, Transport)
- Erzeugung neuer Abhängigkeiten abseits des Öls (z.B. seltene Erden für die Produktion der Akkus)

Einige der oben genannten Punkte liegen außerhalb des Einflussbereichs einer Kommune, sondern müssen auf Bundesebene oder durch die auf dem Markt handelnden Unternehmen gelöst werden.

Trotz der intensiven Diskussionen um Luftschadstoffprobleme in vielen deutschen Großstädten scheint es derzeit nicht angezeigt, einen Zwang zum Umstieg auf Elektromobilität auszuüben. Im vorliegenden Konzept sollen dem gegenüber eher Angebote für Interessierte und potentielle Nutzer aufgezeigt werden. Es gilt dabei Fehlinvestitionen zu vermeiden, gleichzeitig aber den Rahmen zu gestalten, damit sich die umweltschonende Elektromobilität weiter durchsetzen kann und von den Menschen angenommen wird.

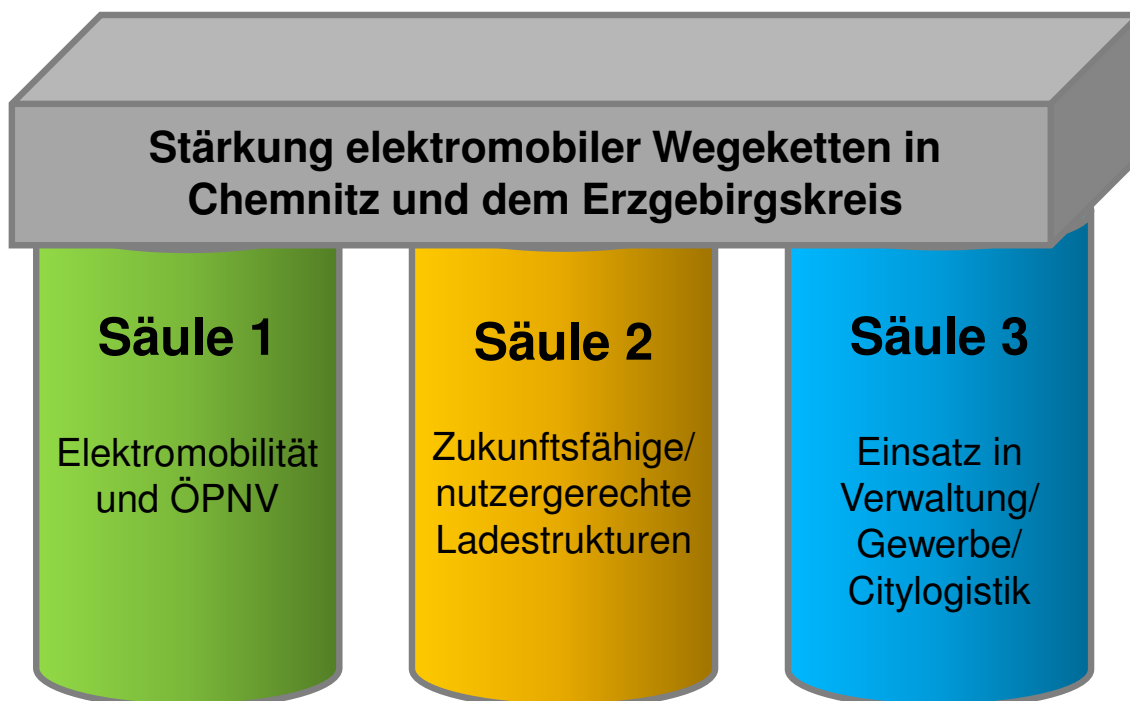
Die Umsetzung von Maßnahmen bedingt jedoch, dass:

- teilweise die rechtliche Handhabe aus Sicht der Kommune,
- Finanzmittel und
- der politische und gesellschaftliche Wille zur Neugestaltung des Verkehrssystems vorhanden sind.

Eine wichtige Anforderung an die Maßnahmen des vorliegenden Konzepts war die grundsätzliche Übertragbarkeit auf andere Stadt-Umland-Beziehungen im Großraum Chemnitz.

7.2 Säulen der Umsetzungsstrategie

Im Rahmen der Konzepterstellung konnten drei zentrale Handlungssäulen bzw. -felder herausgearbeitet werden, in denen im Folgenden Maßnahmenvorschläge strukturiert werden sollen. Die folgende Grafik zeigt die drei Handlungssäulen des Konzepts zur Förderung der Elektromobilität in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis.



Grafik 22: Handlungssäulen des Konzepts Elektromobilität in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis

Säule 1 – **Elektromobilität und ÖPNV** – umfasst Maßnahmenansätze, die helfen sollen elektrische Antriebssysteme im ÖPNV und als Zubringerverkehre zum ÖPNV zu fördern.

Säule 2 – **Zukunftsfähige und nutzergerechte Ladestrukturen** – beinhaltet Maßnahmen zur Verbesserung des derzeitigen Systems der Ladeinfrastrukturen. Es stellt einen Schwerpunkt des Handlungskonzepts dar, da hier die Einflussmöglichkeiten der Kommunen am stärksten ausgeprägt sind.

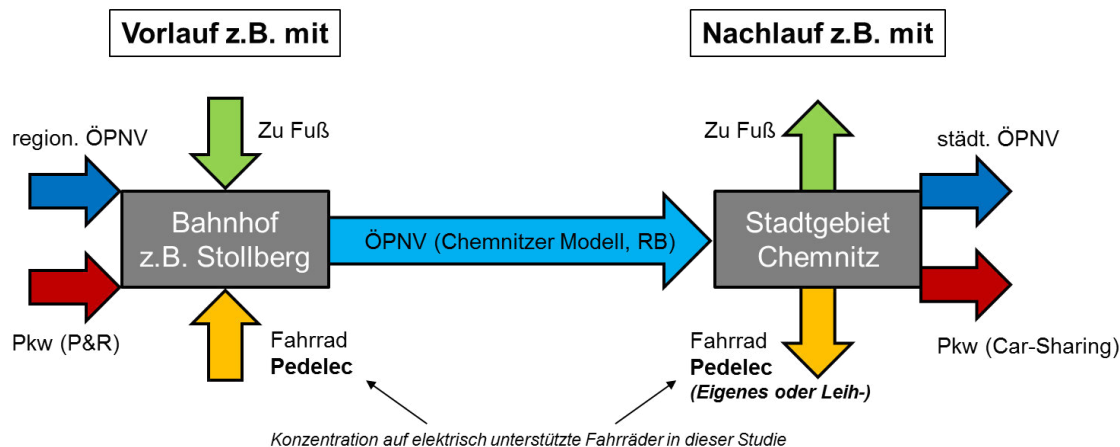
In Stufe 3 – **Einsatz in Verwaltung, Gewerbe und Citylogistik** – wird aufgezeigt, wo Kommunen selbst Elektrofahrzeuge einsetzen können und welche Anreize im Bereich gewerblicher Nutzer gesetzt werden können.

8. Elektromobilität als Bestandteil alltäglicher Wegeketten

8.1 Zubringerverkehre zum ÖPNV

In den Potentialanalysen konnte gezeigt werden, dass sich viele heute schon am Markt verfügbare Elektro-Pkw für die meisten alltäglichen Wegemuster eignen. Bestehen im Zentrum eines verdichteten Stadtraums keine erheblichen Widerstände hinsichtlich der Abstellmöglichkeiten des eigenen Pkw, wird es grundsätzlich nur schwer gelingen, Fahrzeugführer dazu zu bewegen, ihren Pkw schon am Stadtrand abzustellen und den Rest des Weges mit dem ÖPNV zurückzulegen. In Chemnitz werden derartige erhebliche Widerstände derzeit nicht gesehen. Zudem zeigen die Reichweitenuntersuchungen, dass Wegstrecken zwischen dem Umland und den Umstiegspunk-

ten im ÖPNV problemlos auch ohne Nachladen am Haltepunkt mit einem Elektro-Fahrzeug zurückgelegt werden können. Daher ist eine gezielte Förderung von Park&Ride für Elektro-Fahrzeuge kein zentraler Maßnahmenbestandteil des vorliegenden Konzepts.



Grafik 23: typische intermodale Wegeketten mit dem Chemnitzer Modell als Hauptverkehrsmittel, die gefördert werden sollten

Als zielführend wird jedoch die Förderung eines verstärkten Einsatzes elektrisch unterstützter Fahrräder als Zubringer zum ÖPNV angesehen. Es konnte gezeigt werden, dass sich der Einzugsradius der Haltestellen erheblich vergrößern lässt, wenn es gelingt den Fahrradverkehr im Allgemeinen und Pedelecs im Speziellen als Zubringer zu stärken. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass bei der Nutzung von Pedelecs auch größere Entfernungen zu einer Haltestelle akzeptiert werden, als mit klassischen Fahrrädern ohne Antriebsunterstützung. Elektrisch unterstützte Fahrräder bekommen ob der bewegten Topografie im Erzgebirgskreis jedoch noch eine größere Bedeutung, da hiermit auch Steigungsstrecken leichter zurückgelegt werden können. Dies ist besonders im Zusammenhang mit den Strecken des SPNV relevant, die naturgemäß häufig in Tallagen verlaufen und auch Siedlungsbereiche an den Talhängen oder oberhalb erschließen sollen.

Zur Förderung der Nutzung von Pedelecs und klassischen Fahrrädern als Zubringer zu Hauptlinien des ÖPNV in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis wird die Einrichtung von Fahrradabstellanlagen in Kombination mit Nachlademöglichkeiten für Pedelecs empfohlen. Für Pedelec-Nutzer gilt grundsätzlich das gleiche wie für Elektro-Pkw-Nutzer: Die Reichweiten der Fahrzeuge sind im Normalfall ausreichend um auch den Rückweg nach Hause mit elektrischer Unterstützung zu schaffen. Daher sind Nachlademöglichkeiten an ÖPNV-Verknüpfungspunkten nicht als zentraler Bestandteil dieser Maßnahme anzusehen. Vielmehr muss es gelingen, sichere Abstellmöglichkeiten für die oftmals teureren Fahrräder zu schaffen. Vielerorts bedient man sich hierfür Abstellboxen für Fahrräder, teilweise werden diese mit Nachlademöglichkeiten kombiniert.



Foto: E-Bike Aufbewahrung und Lademöglichkeit an einem Bahnhof in Hessen (Quelle: Rhein-Main-Verkehrsverbund via www.adfc-hessen.de)

Je nach Standort der Abstellanlage sind unterschiedliche Miet- und Zahlungsmodi denkbar. Im oben gezeigten Beispiel aus Hessen können einzelne Boxen tages-, wochen-, monats- oder jahresweise angemietet werden. Stellplätze mit Lademöglichkeit sind dabei etwas teurer als solche ohne. Die Preise beginnen ab 2,00 € am Tag und reichen bis zu 195 € Jahresmiete an einer Station am Hauptbahnhof einer Großstadt.

Abstellanlagen für Fahrräder sollten vor allem dort vorgesehen werden, wo ein regelmäßiger und hochwertiger Anschluss an den ÖPNV besteht. Im Erzgebirgskreis betrifft das insbesondere die folgenden Haltestellen:

- alle Haltestellen des SPNV
- ausgewählte Haltestellen in Ortschaften mit ausreichender Nachfrage an den PlusBus-Linien zwischen den Achsen des SPNV

In der Stadt Chemnitz sollten hochwertige Abstellmöglichkeiten vor allem an Haltestellen vorgesehen werden, welche die folgenden Kriterien erfüllen:

- zentrale Umsteigehaltestellen zwischen Stadtbus, Regionalbussen, Straßenbahnen und ggf. Zugverkehr
- wichtige Haltestellen am Rand des verdichteten Stadtgebietes, die Gebiete erschließen können, die schlechter erschlossen sind (z.B. Straßenbahn-Endhaltestellen)
- zentrale Haltestellen in den Ortschaften am Rande des Stadtgebietes

Die Haltestellen in Chemnitz sollten zudem Teil eines Fahrradverleihsystems (auch mit Leih-Pedelecs) werden, dessen Aufbau jedoch außerhalb des Maßnahmenportfolios zur Förderung der

Elektromobilität zu sehen ist, sondern eher Teile eines Radverkehrskonzepts oder Verkehrsentwicklungsplans sein sollte. Ein gut ausgebautes und einfach zugängliches Leihfahrradsystem trägt auch zur Entlastung der ÖPNV-Fahrzeuge bei, da Fahrradmitnahmen hiermit reduziert werden können.



Foto: Pedelec-Leihstation in Rostock-Warnemünde

Grundsätzlich sind die Anforderungen des Nahverkehrsplans bei der Planung konkreter Standorte zu berücksichtigen. Die Empfehlungen dieses Konzepts gehen dabei über die Forderungen des Nahverkehrsplans hinsichtlich der räumlichen Dichte und Ausstattung der Verknüpfungspunkte zwischen ÖPNV und Radverkehr hinaus.

8.2 Elektromobile Busse im Stadt- und Regionalverkehr

Trotz der vergleichsweise guten Umweltbilanz der Verbrennungsmotoren von Bussen im Linienbetrieb gehen einige Verkehrsunternehmen dazu über, Teile der Flotte durch Hybrid-Busse oder sogar vollständig elektrisch betriebene Busse zu ersetzen. Vordergründiges Ziel ist es dabei oftmals lokale Luftschadstoffemissionen zu reduzieren und somit einen Beitrag zu einer besseren Stadtluft zu leisten. Dem stehen jedoch erhebliche Investitionskosten und bei vollständig elektrisch betriebenen Bussen noch starke Einschränkungen hinsichtlich ihrer ganztägigen Nutzbarkeit im Linienbetrieb gegenüber. Angewendet wird dies daher bisher oftmals in urbanen Räumen mit hohem Handlungsdruck, wobei Chemnitz und der Erzgebirgskreis hier nicht dazugehören.

Bei der CVAG und dem VMS ist der Erwerb elektrisch betriebener Busse derzeit nicht geplant (Stand 12/2017). Mit der weiter fortschreitenden Entwicklung elektrischer Antriebe dürften sich diese jedoch mittelfristig noch stärker im Einsatz in Linienbussen durchsetzen, sodass es sinnvoll erscheint die für den Einsatz und Betrieb dieser Busse notwendigen Kompetenzen bei den Nah-

verkehrsunternehmen bereits heute schon sukzessive aufzubauen. Auch die kontinuierliche Beobachtung des Marktes und der Austausch mit Nahverkehrsunternehmen, die bereits schon Erfahrungen mit elektrisch betriebenen Bussen machen konnten, sollte weiter fortgesetzt werden.



Foto: elektrisch betriebener Linienbus in Dresden-Mickten beim Nachladevorgang

Perspektivisch auch von zunehmender Bedeutung wird die Verbreitung autonomer – also fahrerloser – Verkehrssysteme. Hier werden insbesondere große Potentiale bei der Bedienung von Linien mit geringerer Nachfrage oder Verbindungen auf der „letzten Meile“ gesehen. Durch den Wegfall von Personalkosten können hier weitere Linien wirtschaftlich abgedeckt werden. In Chemnitz wird derzeit bereits über den Einsatz eines autonom verkehrenden und elektrisch betriebenen Klein-Busses zwischen dem Uni-Campus Reichenhainer Straße und den Gebäuden im Stadtteil Erfenschlag nachgedacht. Derzeit sind hier jedoch noch rechtliche Fragen und Fördermittelfragen zu klären. Da das Thema autonomer ÖPNV nicht zwangsläufig mit elektrisch betriebenen ÖPNV gekoppelt sein muss, sollen im Weiteren keine vertiefenden Maßnahmenansätze zur Förderung des autonomen ÖPNV entwickelt werden. Dies wäre eher Teil der strategischen Ausrichtung des ÖPNV und damit Bestandteil der nächsten Fortschreibung des Nahverkehrsplans.

8.3 Marketing für intermodale Verkehrsmittelnutzung

Das Ziel des vorliegenden Konzepts ist eine Stärkung von Wegeketten mit einem hohen Anteil elektromobiler Fortbewegungsmittel. Ansätze zur Stärkung elektromobiler Fortbewegungsmittel werden in den übrigen Kapiteln dieser Umsetzungsstrategie beschrieben.

Grundsätzlich werden jedoch zusätzliche Potentiale in der besseren Vermarktung der bereits bestehenden intermodalen Verknüpfungsoptionen in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis gesehen. Mit einer Stärkung der Nutzung intermodaler Verknüpfungen werden direkt auch elektromobile Verkehre gestärkt, denn die Linien des Chemnitzer Modells, welche das Grundnetz im Übergang zwischen Stadt und Landkreis bilden sind bereits heute elektrisch betrieben. Ergänzt um die Plus-

Busse des Landkreises besteht ein attraktives Netz im ÖPNV an dessen Zugangsstellen bereits heute intermodale Verknüpfungspunkte vorhanden sind bzw. weiter ausgebaut werden sollen. Hierbei handelt es sich vor allem um:

- Umstiege vom Bus zum SPNV,
- Umstiege vom Fahrrad und Elektrofahrrad zum ÖPNV (Bike & Ride),
- Umstiege vom Pkw zum ÖPNV (Park & Ride).



Foto: links: Beispiel für eine Mobilitätskampagne aus Dresden

rechts: Hinweis auf intermodalen Verknüpfungspunkt in Görlitz

Es wird empfohlen, eine gemeinsame Öffentlichkeitskampagne der Stadt Chemnitz und des Erzgebirgskreises zu entwickeln, welche auf die attraktiven Optionen zur intermodalen Verkehrsmittelnutzung hinweist.

9. Zukunftsfähige und nutzergerechte Ladestrukturen

9.1 Vorbemerkungen

Zur Erhöhung der praktischen Nutzbarkeit elektromobiler Kfz im Alltagsverkehr ist die Verfügbarkeit von Ladeinfrastrukturen ein wesentlicher Punkt. Auch wenn gezeigt werden konnte, dass die meisten alltäglichen Wegfolgen auch schon ohne Nachladen mit den heute am Markt verfügbaren Fahrzeugen abgedeckt werden können, besteht seitens der Nutzer oftmals eine latente Reichweitenangst, der mit der Verfügbarkeit und einfachen Zugänglichkeit von Ladestrukturen begegnet werden soll. Aspekte zu technischen Grundlagen, Charakterisierung der Lademöglichkeiten und Abrechnungssystemen wurden in den Dokumentationen der Arbeitspakete I und II festgehalten.

Vor allem vor dem Hintergrund der kommunalen Einflussmöglichkeiten scheint der Ausbau der Ladeinfrastrukturen derzeit der vielversprechendste Ansatzpunkt zu sein. Trotzdem wird der Aufbau eines Netzes von Lademöglichkeiten nicht vordergründig als kommunale Aufgabe gesehen. Vielmehr gilt es konzeptionelle Vorgaben und Rahmenbedingungen zu schaffen, in denen private Anbieter effizient Strukturen aufbauen können und die Zugänglichkeit der Systeme weiter verbessern.

9.2 Ladeinfrastrukturen im Wohnumfeld

Wie aufgezeigt wird sowohl derzeit als auch in der Perspektive das private Laden (zu Hause oder beim Arbeitgeber) den Großteil der Ladevorgänge ausmachen. Wenn als Anforderung eine „Eigenheim-mit-Stellplatz“-Qualität an die Lademöglichkeiten gestellt würde, ergäben sich folgende Mindestansprüche:

- keine Einschränkung der Ladedauer/ der Parkzeit,
- ähnliche Stromtarife wie im Privathaushalt,
- zuverlässige Verfügbarkeit der Parkmöglichkeit (z.B. beim abendlichen Ankommen „zu Hause“).

Grundsätzlich stellen öffentliche Lademöglichkeiten ein sinnvolles Angebot dar, bieten aber aufgrund verschiedener Aspekte (u.a. den i.d.R. höheren Ladekosten und dem betreiber-seitigen Interesse an möglichst vielen Ladevorgängen also einem hohem Umschlag am Stellplatz) keine adäquate Lösung.

Der in der Diskussion um Ladestrukturen im innerstädtischen Bereich als „Laternenparken“ bezeichnete Ansatz, die in Straßen für die öffentliche Beleuchtung verlegte Kabel und aufgestellte Masten als Versorgungsmöglichkeit von Ladepunkten zu nutzen, stellt sich in der Realität als nicht praktikabel dar:

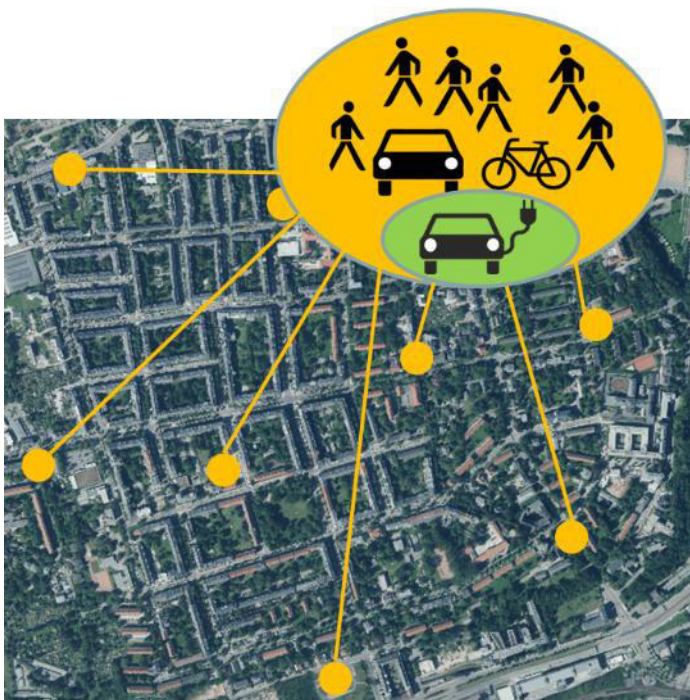
- die Dimensionierung der Kabelquerschnitte und der Versorgungsstrukturen sind nicht auf die erforderlichen Ladeströme ausgelegt,
- die Steuerung der öffentlichen Beleuchtung erfolgt i.d.R. als einfache Reihenschaltung für komplette Straßenzüge, wenn Fahrzeuge bei Tageslicht geladen werden, wären demnach auch die Lampen im Dauerbetrieb,
- ungeklärt ist weiterhin die Frage, wie die Zuweisung von öffentlichen Parkständen an bestimmte Nutzer erfolgen soll.

Angeregt wird deshalb die Vorhaltung dezentraler Lade- bzw. Mobilitätspunkte innerhalb der Stadtteile (ähnlich Car-Sharing-Stationen bzw. ggf. in Kombination mit diesen), welche folgende Merkmale aufweisen:

- bieten Lade- und Abstellmöglichkeit für längere Zeiträume,

- eine Reservierung per Internet ist möglich,
- Nutzung vorhandener privater Flächen (z.B. Baulücken),
- nach Möglichkeit private Betreiber in einer gemeinsamen Organisationsplattform,
- Sicherstellung der Erreichbarkeit mit dem ÖV/ ggf. ergänzende Ausstattung mit Leihrädern.

Die Stationen sollen modular aufgebaut und somit erweiterbar sein, so dass die Kapazitäten an steigende Nachfrage anpassen zu können.



Grafik 24: Prinzipdarstellung dezentraler Mobilitäts- und Ladepunkte in Wohngebieten

Als kommunale Aufgabe ist vorrangig die Initiierung geeigneter Strukturen, Hilfe bei der Identifizierung von geeigneten Grundstücken und organisatorische Unterstützung zu sehen. Auch die bauliche Umsetzung kann auf kommunalen Grundstücken unter Regie der Städte erfolgen, oder z.B. durch Wohngenossenschaften. Letztere haben im Rahmen des Projektes Winner²⁶ bereits gezeigt, dass auch der Betrieb solcher Anlagen durch sie erfolgen kann. Die Kommunen werden nicht als Betreiber solcher Mobilitätspunkte gesehen, dies dürfte durch private Anbieter effizienter abzuwickeln sein. Konkrete Standorte für Chemnitz und verdichtete Stadtteile der Mittelstädte des Erzgebirgskreises sind in weiteren Untersuchungsschritten zu identifizieren. Es werden weitergehende Potentiale zur Entlastung der Straßenräume z.B. vom ruhenden Verkehr gesehen, wenn Parkplätze auf bisherigen Brachen gebündelt und mit Car-Sharing-Station und Elektro-Ladesäulen kombiniert werden.

²⁶ <http://www.winner-projekt.de>

Im Rahmen dieses Projektes wurden Möglichkeiten getestet, mit denen lokal erzeugter Strom für das Nachladen gemeinschaftlich genutzter Elektrofahrzeuge genutzt werden kann. Eine Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Gebäudes der Chemnitzer Siedlungsgemeinschaft eG erzeugte hierfür und für den klassischen Mieterstrom der Anwohner die elektrische Energie.



Foto: Ladesäulen aus dem Winner Projekt in der Alfons-Pech-Straße, Chemnitz²⁷

9.3 Ladeinfrastrukturen im Arbeitsumfeld

Der Ladeinfrastruktur beim Arbeitgeber nimmt neben dem privaten Laden zu Hause eine zentrale Bedeutung ein, da aufgrund der hohen Verweilzeit am Arbeitsplatz für das Laden von Elektrofahrzeugen ideale Voraussetzungen geschaffen sind. Die Ladepunkte dienen dabei idealerweise sowohl dem Nachladen der Pkw der Mitarbeiter als auch den firmeneigenen Elektro-Fahrzeugen.

Da Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz durch den Arbeitgeber zumeist als freiwillige Zusatzleistung angeboten werden und daher ein wirtschaftliches Interesse am Ladevorgang, d.h. das Entwickeln eines Geschäftsmodells für den Tankvorgang am Arbeitsplatz primär nicht vorhanden ist, spielt die Abrechnung gegenüber öffentlich aufgebauter Infrastruktur, welche sich meist "rechnen soll" eher eine nachrangige Rolle. Nichtsdestotrotz müssen hierbei rechtliche Aspekte berücksichtigt werden, da Strom, der an die Mitarbeiter „verschenkt“ wird, als geldwerter Vorteil gilt. Es kann daher steuerlich vorteilhaft sein, wenn Arbeitgeber den Betrieb der Ladesäulen und damit die Weitergabe des Stromes an die Mitarbeiter extern (z.B. an ein Energieversorgungsunternehmen) vergeben und diese Dienstleistung abrechnen.

Seitens der Kommunen bestehen bei der privatrechtlichen Einordnung von Ladesäulen auf privaten Grundstücken wenige Einflussmöglichkeiten. Diese Anlagen sind nicht genehmigungspflichtig, es sind lediglich Belange des Netzanschlusses (Ausreichende Kapazität) und ggf. des Denkmalschutzes zu berücksichtigen.

²⁷ www.siedlungsgemeinschaft.de [zuletzt aufgerufen am 14.03.2018]

Trotzdem kann von öffentlicher Seite aus in diesem Bereich gehandelt werden, dann die Kommunen sind hier nicht nur Genehmigungsbehörde oder Ideengeber, sondern können selber gestalten und Angebote für die kommunal Beschäftigten schaffen. Dabei kommt den Behörden auch eine Vorbildrolle zu. Es können außerdem sukzessive Erfahrungen gesammelt werden, die anschließend an weitere interessierte Arbeitgeber weitergegeben werden können.

Grundsätzlich sollte das Ziel verfolgt werden, Arbeitswege auf nachhaltige Verkehrsmittel, wie den ÖPNV oder das Fahrrad zu verlagern. Ladesäulen können hierbei falsche Anreize setzen. Vor- und Nachteile solcher Ladepunkte sind daher sorgsam abzuwägen und im Einzelfall zu entscheiden. Sinnvoll erscheinen Ladesäulen im Arbeitsumfeld vor allem zur Versorgung der betriebseigenen Elektro-Kfz-Flotte.

9.4 Ladeinfrastrukturen im öffentlichen Raum

Die Untersuchungen zu typischen Reichweiten und der Abdeckung typischer Wegestrecken hat gezeigt, dass Lademöglichkeiten an zentralen Standorten im öffentlichen Raum – im Vergleich zu Standorten im Wohn- und Arbeitsumfeld – eine deutliche geringere Bedeutung für die praktische Nutzbarkeit elektrisch betriebener Pkw besitzen. Nichtsdestotrotz stellen diese Ladesäulen z.B. am Markt in der Ortsmitte, am Rathaus, an Einkaufszentren usw. ein wichtiges Element zur Förderung der Elektromobilität dar. Sie dienen einerseits der Abwicklung von Ladevorgängen während der – oft vergleichsweise kurzen – Aufenthalte an diesen zentralen Punkten. Noch stärker ist ihre Bedeutung jedoch in Bezug auf die öffentliche Wahrnehmung der Elektromobilität einzuschätzen. Die jeweilige Kommune signalisiert, dass Sie auf Nutzer von Elektro-Kfz eingestellt ist und Angebote für diese schaffen.

Die öffentlichen Ladestrukturen werden derzeit von verschiedenen privaten Anbietern installiert, ohne dass eine Koordinierung oder Abstimmung zwischen diesen stattfindet. Im Ergebnis kann von einer sehr heterogenen Verteilung entsprechender Angebote im Untersuchungsgebiet gesprochen werden (vgl. auch Bericht zum AP 1).

Zielstellung sollte sein, die Neuinstallationen zu steuern und somit zu einer flächenmäßig und in Bezug auf die Einwohnerschwerpunkte bedarfsgerechte Abdeckung hinzuwirken. Es wird daher angestrebt, an zentralen Orten in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis Elektroladesäulen zu installieren. Dabei sollen in einem ersten Schritt Ladepunkte an den Rathäusern bzw. am Markt jeder Gemeinde bzw. Stadt im Erzgebirgskreis geschaffen werden. Dies schafft eine Verständlichkeit und Zuverlässigkeit des Systems, da Nutzer sicher sein können, am Rathaus einer Gemeinde eine Lademöglichkeit vorfinden zu können. Angesichts der Vielzahl an Gemeinden und Ortschaften ist es sinnvoll, eine schrittweise Umsetzung dieser Zielstellung anzustreben. Dabei tragen die folgenden Punkte dazu bei, dass ein Standort als höher prioritär einzustufen ist:

- Stadt/ Gemeinde mit mehr als 10.000 Einwohnern

- Stadt/ Gemeinde ist raumordnerisch als Grund- oder Mittelzentrum eingestuft

Innerhalb der Gemeinden ist ein Standort am Rathaus/ Markt zu bevorzugen, örtliche Rahmenbedingungen können es jedoch auch sinnvoll machen, eine Ladesäule z.B. an einer zentralen Kreuzung im Ort (Kreuzung von Bundes- und Staatsstraßen) und damit mglw. nicht in dem Ortsteil mit den meisten Einwohnern oder dem Rathaus/ Marktplatz einzubringen.

Für die Errichtung und den Betrieb dieser zentralen Ladesäulen empfiehlt sich eine Kooperation der Kommunen mit den Stadtwerken bzw. dem regionalen Energieversorger. Die Bereitschaft zur Unterstützung bei der Maßnahmenumsetzung dieser Akteure sollte demnach auch bei der Priorisierung der einzelnen Ladesäulen gewürdigt werden.



Foto: Ladesäule am Karlsplatz in Eisenach

Darüber hinaus wird empfohlen, an aufkommensstarken Orten Ladesäulen zu errichten, sofern dies noch nicht geschehen ist. Dazu zählen insbesondere:

- an großen Einkaufszentren
- am Verkehrslandeplatz Chemnitz/Jahnsdorf
- an wichtigen touristischen Einrichtungen
- an Bahnhöfen und Haltepunkten des SPNV (siehe Kapitel 2.1)

In vielen Fällen werden die erforderlichen Flächen nicht im Zugriff der Kommune liegen, sodass sich die Handlungsansätze der Kommunen zunächst auf die Gewinnung und Unterstützung der privaten Investoren beschränken. Nichtsdestotrotz sollte versucht werden, die Ladepunkte gleichmäßig über die Flächen der Stadt und des Landkreises zu verteilen, sodass die Gemeinden eine Steuerungsfunktion einzunehmen haben. Dabei muss beachtet werden, dass die Steuerungsmöglichkeiten begrenzt sind. Insbesondere wenn Privatanbieter Lademöglichkeiten auf privaten

Flächen (z.B. Parkplätzen von Supermärkten) realisieren wollen, bedarf dies keiner gesonderten Genehmigung.

Die Parkplätze, an denen Ladesäulen errichtet werden, sollten deutlich hervorgehoben werden. Die Erfahrung an bestehenden Plätzen hat gezeigt, dass die Stellplätze sonst oft durch andere Kfz-Nutzer als „normale“ Parkplätze fehlgenutzt werden. Die Parkplätze mit Ladepunkten müssen in der konkreten Örtlichkeit nicht in den besten Lagen eingeordnet werden. Vielmehr werden durch die Nutzer dieser Stellplätze auch weitere Wege zu Fuß zum Ziel akzeptiert. Die technischen Anforderungen der Ladepunkte müssen sich nach den konkreten örtlichen Randbedingungen richten. Zu empfehlen ist aber grundsätzlich das Vorhalten von einem Ladepunkt mit zwei Stellplätzen. So ist – bei dem heutigen Anteil an Elektro-Pkw – mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit stets ein freier Ladepunkt vorhanden und die Standorte sind gleichzeitig für eine zunehmende Marktdurchdringung der Elektromobilität vorbereitet.

Es ist darüber hinaus zu prüfen, ob an Straßen, auf denen regelmäßig Fahrzeuge verkehren, die Strecken von mehreren hundert Kilometern zurücklegen, Schnellladepunkte errichtet werden. Neben den Autobahnen, wo solche Ladepunkte nur auf Rastplätzen und damit außerhalb des Zuständigkeitsbereiches der Stadt Chemnitz und des Landkreises Erzgebirge eingerichtet werden können, kommt hierfür im Untersuchungsraum nur noch die B174 infrage. Diese Straße ist Teil der internationalen Verbindung Chemnitz – Chomutov – Prag und dürfte daher am ehesten über die Nachfrage nach Schnellladepunkten für lange Reisen verfügen.



Foto: Schnelladesäule an der Autobahnraststätte Prignitz-West an der A24

9.5 Kommunale Unterstützung privater Investoren

Grundsätzlich ist die Vorhaltung privater Ladestrukturen nicht als hoheitliche Aufgabe zu sehen. Demnach sollte eine stärkere Verbreitung vor allem durch Unterstützungs- und Beratungstätigkeiten befördert werden, welche aber auch durch (lokale) Energieversorgungsunternehmen

durchgeführt werden können. Damit soll auch auf die derzeit sehr dynamischen Entwicklungen im Bereich der rechtlichen Vorgaben reagiert werden.

Inhaltliche Schwerpunkte sind im Bereich der privaten Angebote (insbesondere auch am Arbeitsplatz) sind:

- Hilfe bei der Standortwahl und Koordinierung/ Steuerung der Standorte im Stadt- und Kreisgebiet (bedarfsgerechte Abdeckung des Raumes),
- Klärung rechtlicher Fragestellung (Installation in Gemeinschaftsgaragen, Abrechnungsmöglichkeiten, steuerliche Behandlung),
- Teilung praktischer Erfahrungen (geeignete Ladesäulen, Empfehlung von Fachbetrieben),
- Aufzeigen von Kooperationsmöglichkeiten mit den Stadtwerken,
- Vermittlung/ Initiierung von Mitarbeiterschulungen.

9.6 Kooperation mit Car-Sharing-Anbietern

Es konnte gezeigt werden, dass die meisten alltäglichen Fahrtenfolgen auch heute schon problemlos mit einem Elektro-Pkw absolviert werden können. Trotzdem scheuen viele Haushalte die Anschaffung eines solchen Fahrzeuges, weil eine Unsicherheit bezüglich der eigenen Mobilität in solchen Situationen besteht, in denen der Einsatz eines Elektro-Pkw noch nicht praktikabel ist. Dies betrifft typischerweise insbesondere unregelmäßige Fahrten zu weiter entfernten Freizeitzielen am Wochenende oder Urlaubsreisen mit dem eigenen Auto.

Es wird daher ein Angebot angestrebt, dass Nutzer von Elektro-Pkw auch für diese Wege unproblematisch und flexibel ein Fahrzeug zur Verfügung gestellt bekommen können. In verdichteten Räumen bietet sich eine Kooperation mit Car-Sharing-Anbietern an. Diese könnten für Nutzer von Elektro-Pkw Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor für Langzeitmieten zu günstigen Konditionen zur Verfügung stellen, sodass stets das optimale Fahrzeug genutzt werden kann.



Fotos: Elektro-Car Sharing in Dresden (links) und Parchim (am Rathaus, rechts)

Auch für die Anbieter der Car-Sharing-Fahrzeuge könnte eine solche Kooperation von Vorteil sein, da sie hiermit die Grundauslastung ihrer Fahrzeuge weiter erhöhen können. Besonders in

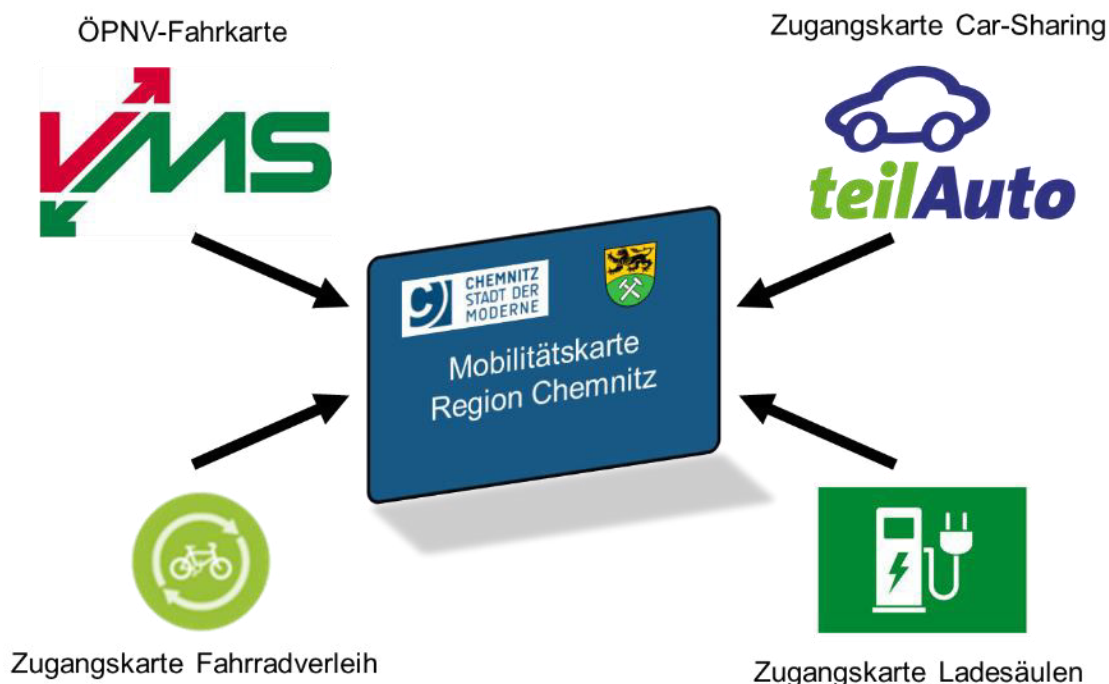
den Urlaubszeiten könnte es jedoch bei zunehmender Nachfrage zu sehr hohen Auslastungen der Flotte kommen.

Zur besseren Auslastung der Car-Sharing-Fahrzeuge auch in Schwachlastzeiten sollte die bereits bestehende Kooperation zwischen Stadtverwaltung und dem Anbieter teilAuto fortgeführt und ggf. ausgebaut werden. Schon heute können sich Mitarbeiter der Stadt an der Station Getreidemarkt auch Fahrzeuge von teilAuto mieten. Künftig sollte bei jeder Abgabe eines kommunalen Pkw geprüft werden, ob die mit dem Fahrzeug verbundenen Kapazitäten auch über Car-Sharing abgedeckt werden können.

9.7 Gesamtheitliches Zugangssystem zu Mobilitätsangeboten und Ladeinfrastrukturen

Die Untersuchung der bestehenden Ladeinfrastrukturen in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis hat gezeigt, dass sich die 63 Ladesäulen auf zahlreiche Anbieter verteilen. Etwa 60 % der Säulen werden durch die drei großen Energieanbieter der Region (Eins Energie, New Motion Deutschland und RWE innogy) betrieben. Die übrigen 40 % verteilen sich auf Einzelanbieter, wie z.B. Gaststätten, Hotels und Autohäuser. Durch die Vielzahl der Anbieter ist ein einheitliches Zugangs- und Abrechnungssystem nicht gegeben. Nutzer müssen sich mit zahlreichen unterschiedlichen Regelungen auseinandersetzen, was eine hohe Barriere für die stärkere Verbreitung der Elektromobilität in der Region darstellt.

Es sollte daher ein einheitliches Zugangs- und Abrechnungssystem für die Ladeinfrastruktur in Chemnitz und Region angestrebt werden. Dieses System sollte jedoch idealerweise direkt Teil einer umfassenden Mobilitätsplattform sein, die alle Mobilitätsaspekte jenseits des weit verbreiteten Fahrens des eigenen Verbrennungs-Pkw bündelt und somit als ganzheitliche Mobilitätsalternative etabliert werden kann. Die Basisbestandteile einer solchen Plattform sind in der folgenden Grafik zusammengefasst.

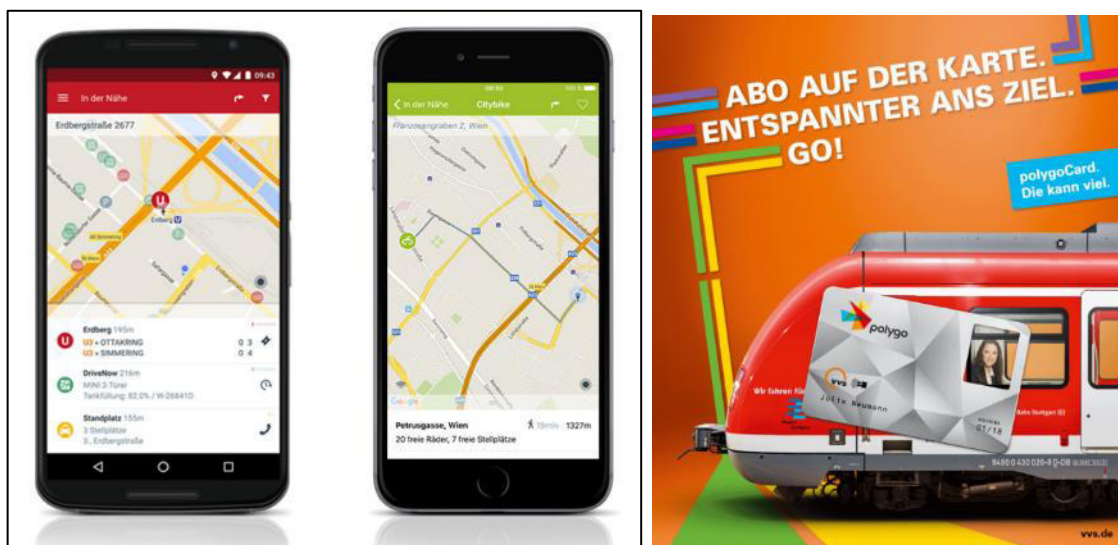


Grafik 25: Basisbausteine einer Mobilitätskarte der Region Chemnitz

Zusätzlich ist es möglich, weitere Angebote, wie Bibliotheksausweise, Taxi-Ruf und Bezahlungsfunktionen für öffentliche Parkplätze auf den Karten zu integrieren. Mittel- bis langfristig dürften sich auch die bestehenden Systeme zunehmend weg von einer Chipkarte hin zu einer digitalen mobilitätskarte, die als App auf dem Smartphone abrufbar ist entwickeln. Die daraus resultierenden Vorteile sollten bei der Chemnitzer Mobilitätskarte von vornherein berücksichtigt werden.

Es ist zunächst sinnvoll ein derartiges System für eine Region zu entwickeln, wenngleich bei einer solchen – im deutschlandweiten Kontext – Insellösung, Verkehrsteilnehmer von außerhalb zunächst weiterhin mit Zugangsbarrieren zu kämpfen haben.

Es wird empfohlen, diese Mobilitätskarten mit einem verkehrssystemübergreifenden Informationssystem zu verknüpfen, um auch die notwendigen Informationen zentral und digital zur Verfügung stellen zu können. In Wien wurde zu diesem Zweck beispielsweise eine App entwickelt, die nicht nur Fahrplaninformationen des ÖPNV sondern auch die Ausleihplattform für Fahrradverleih und Car-Sharing sowie Routeninformationen enthält. In Stuttgart und Umgebung gibt es seit 2015 die sogenannte polygo-Karte, die Fahrschein im VVS, Ausleihkarte für Leihfahräder und Car-Sharing-Fahrzeuge und Zugangskarte für Elektro-Ladestationen ist.



Fotos: Screenshot der App WienMobil und Werbeplakat der Polygo-Karte Stuttgart²⁸

Auf dem Weg zur Umsetzung einer Mobilitätskarte, wie sie oben vorgestellt wurde, sollten die zuständigen Stellen in der Verwaltung der Stadt Chemnitz und des Landkreises zunächst interessierte Kooperationspartner zu gewinnen und die Anforderungen der Stadt und der Region an ein solches System genauer zu fassen. Parallel dazu sollten bestehende Systeme von Mobilitätskarten systematisch aufbereitet werden und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf die speziellen Anforderungen der Region Chemnitz hin bewertet werden.

9.8 Ladeinfrastrukturen für Pedelecs

Bei der Nutzung von Pedelecs ist die Verfügbarkeit von Nachladepunkten von deutlich geringerer Bedeutung für die Praktikabilität im Alltag als bei Elektro-Pkw. Einerseits liegen die typischen täglichen Wegelängen weit unterhalb der Reichweiten der Akkus und andererseits ist das Nachladen der Akkus in der eigenen Wohnung bei allen Fahrrädern problemlos möglich. Entweder der Akku kann zum Beladen entnommen werden, oder das Fahrrad wird direkt mit einer haushaltsüblichen Steckdose verbunden.

Nichtsdestotrotz sollten auch im öffentlichen Raum Nachlademöglichkeiten für Pedelecs an aufkommensstarken Punkten vorgesehen werden. Hierfür eignen sich vor allem Umstiegsnoten zum ÖPNV, als Bahnhöfe oder zentrale Busbahnhöfe (siehe auch Kapitel 2.1). Außerdem sollten Nachlademöglichkeiten an touristischen Routen vorgesehen werden, und hier insbesondere an den Punkten von denen aus Reisende auf diesen Routen üblicherweise die Stadt erkunden und ihr Fahrrad dazu stehen lassen.

²⁸ links: blog.wienerlinien.at [zuletzt aufgerufen am 14.03.2018]
rechts: www.mypolygo.de [zuletzt aufgerufen am 14.03.2018]



Foto: Ladestation für Pedelecs in Brandenburg an der Havel am Sitz der Stadtwerke, unweit der Fußgängerzone und des Havelradweges

10. Einsatz der Elektromobilität in Verwaltung, Gewerbe und Citylogistik

10.1 Vorbemerkungen

Elektrisch betriebene Kfz werden heute bereits zunehmend in ausgewählten gewerblichen Bereichen eingesetzt und weisen dabei eine gute Eignung für die jeweiligen Einsatzzwecke auf. Generell kann festgestellt werden, dass die Fahrzeugnutzung und daraus entstehende Anforderungen im gewerblichen Verkehr als sehr gut einzuschätzen sind. Hierbei sind insbesondere die folgenden Aspekte zu benennen:

- Im Gegensatz zur privaten Nutzung von Kfz, bei der eher selten eine Statistik über die gefahrenen Strecken geführt wird, bestehen in bestimmten gewerblichen Bereichen umfangreiche Erfahrungswerte zur Nutzung der Kfz im eigenen Fuhrpark. So kann auf Basis der Kenntnisse zu typischen täglichen Tourenlängen und der maximalen Zuladung (Masse und Volumen) besser eingeschätzt werden, ob der Einsatz eines Elektro-Kfz möglich ist.
- Der Fahrzeugeinsatz erfolgt in der Regel nach einem bestimmten Zeit-Muster, das ausreichende Ladezeiten über die Nacht gewährleistet.
- Die Komfortansprüche im gewerblichen Bereich sind geringer als im privaten Verkehr. Daher können die Elektrofahrzeuge einfacher und günstiger ausgestattet werden und effizienter betrieben werden.
- Bei der Vorhaltung einer größeren Fahrzeugflotte stehen für Touren außerhalb des Einsatzbereiches von Elektro-Pkw weiterhin noch klassische Verbrenner-Fahrzeuge bereit, bis die Praktikabilität von Elektrofahrzeugen dies überflüssig macht.

Im Folgenden soll für drei gewerblich geprägte Bereiche aufgezeigt werden, welche wesentlichen Ansatzpunkte zur Förderung der Elektromobilität in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis gesehen wird.

10.2 Elektromobilität im kommunalen Fuhrpark

Eine direkte Möglichkeit, Elektromobilität in der Kommune zu fördern, bietet der eigene Fuhrpark, über den die Kommune die Entscheidungshoheit hat. Sie tritt am Markt als Beschafferin auf. Dabei ist sie grundsätzlich haushaltsrechtlich an das Gebot der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit gebunden. Sie hat aber gleichzeitig auch das Recht, als Auftraggeberin Art und Bedarf an zu beschaffenden Fahrzeugen zu bestimmen. Sie kann festlegen, welche Umweltstandards ihr Fuhrpark zu erfüllen hat, und so die Beschaffung von E-Fahrzeugen fördern. Das Personal der Kommunalverwaltung ist dabei gleichzeitig Nutzer dieses Angebotes. Darüber hinaus können Kommunen auch direkt über ihre Unternehmensbeteiligungen Elektrofahrzeuge für die jeweiligen Fuhrparks beschaffen. Den Kommunen kommt dabei auch eine Vorreiterrolle zu, in der die potentielle der Elektromobilität aufgezeigt werden können und später Erfahrungen an interessierte Gewerbetreibende weitergegeben werden können.

Es wird daher empfohlen, dass in den kommenden Jahren bei Fahrzeugneu- oder -ersatzbeschaffungen in Chemnitz und den Gemeinden des Erzgebirgskreises die Eignung des zu besetzenden Fuhrparkplatzes für ein Elektro-Kfz zu prüfen. Hierbei kommen nicht nur Pkw der Verwaltungen infrage sondern auch Nutzfahrzeuge z.B. der Stadtreinigung, im Tierpark und auf Friedhöfen. Verschiedene Städte (u.a. Bonn, Aachen, Halle/Saale) haben bereits Elektrofahrzeuge der neuesten Generation (meist Fahrzeuge des Anbieters Streetscooter) in den Fuhrpark übernommen.



Foto: Streetscooter Fahrzeuge bei ihrer Übergabe an die Stadt Bonn²⁹

Bestimmte hoheitliche Aufgaben werden darüber hinaus in einigen Städten bereits heute nicht nur elektromobil sondern sogar ohne Kfz erfüllt. In der Stadt Graz wird die Straßenreinigung in den zentralen Stadtbereichen und Fußgängerzonen mithilfe eines Lastenrades erledigt.

²⁹ www.ecomento.de [zuletzt aufgerufen: 08.03.2017]



Foto: Lastenrad der Stadtreinigung Graz, Österreich

10.3 Elektromobilität für Gewerbetreibende

Der Anteil des Wirtschaftsverkehrs am Verkehrsaufkommen beträgt üblicherweise etwa 30-40 % und ist daher ein wichtiger Bestandteil und wichtiger Ansatzpunkt eines Konzepts zur Förderung der Elektromobilität. Kommunen und Landkreise können im Rahmen ihrer rechtlichen, organisatorischen und budgetären Möglichkeiten Anreize setzen, um die Nutzung von Elektrofahrzeugen im regionalen Wirtschaftsverkehr zu unterstützen. Mögliche Ansatzpunkte sind:

- Kommunikation und Information über Einsatz- und Wartungsmöglichkeiten von E-Nutzfahrzeugen in verschiedenen Branchen
- Branchenvertreter, Standesorganisationen / Verbände dafür gewinnen, dass sie ihre Mitglieder ermuntern
- Testangebote schaffen, z.B. über die Wirtschaftsförderung oder die Handelskammer
- Finanzierung oder Aufzeigen von Finanzierungsmöglichkeiten
- Vermittlung zwischen interessierten Gewerbetreibenden und Wissensträgern (Erfahrungsträger, Wissenschaft, Industrie- und Handelskammern (IHK), Handwerkskammern etc.)

Typische Einsatzfälle für Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr sind Handwerker, Pflegedienste und Lieferdienste. Unternehmen dieser Branchen verfügen oftmals über ein überschaubares Einzugsgebiet, welches sich grundsätzlich gut für Elektromobilität eignet. Zudem tragen Fahrten aus diesen Branchen wesentlich zum wirtschaftlich geprägten Verkehr in der Stadt bei. Die oft kleinen Betriebe verfügen jedoch nicht über die personellen Kapazitäten, sich über Vor- und Nachteile eines Elektro-Kfz im Fuhrpark zu informieren. Daher ist hier die Rolle der Kommune als Berater und Unterstützer gefragt.

Es wird daher empfohlen, dass Chemnitz und der Erzgebirgskreis (und perspektivisch auch die weiteren Kreise der Chemnitzer Region) eine gemeinsame Ansprechstelle für die Förderung der Elektromobilität bei Gewerbetreibenden schaffen. Über diese Stelle können Kontakte zwischen interessierten Anwendern und Wissensträgern vermittelt werden und Veranstaltungen zum Erfahrungsaustausch organisiert werden. Bei den Industrie- und Handelskammern sowie den Handwerkskammern ist bereits umfangreiche Vorarbeit in diese Richtung geleistet worden, sodass auch die Unterstützung dieser Einrichtungen bei der Verstärkung ihrer eigenen Aktivitäten zielführend erscheint.

10.4 Elektromobilität in der Citylogistik

Die dynamische Entwicklung von Kurier- und Expressdiensten (KEP) aufgrund der großen Nutzung des Onlinehandels stellt die Kommunen vor eine neue Herausforderung. Neue Konzepte der City-Logistik sollen Lösungen aufzeigen, wie der zunehmenden Belastung verdichteter Räume durch die Lieferfahrzeuge der KEP-Dienste zu begegnen ist. Ein Bestandteil dieser Lösungsansätze ist dabei häufig der verstärkte Einsatz elektrisch betriebener Lieferfahrzeuge, um die Luftschadstoff- und Lärmemissionen dieses Bestandteils des Wirtschaftsverkehrs zu reduzieren.

Nachdem viele Jahre kein geeignetes Fahrzeug am Markt verfügbar war, stieg die Deutsche Post mit der Übernahme der StreetScooter GmbH im Jahr 2014 selbst in die Produktion elektrisch betriebener Lieferfahrzeuge ein. Man verfolgt das Ziel mittelfristig alle 70.000 für die Post verkehrenden Lieferfahrzeuge durch elektrisch betriebene StreetScooter zu ersetzen. Dazu sind die Produktionskapazitäten schrittweise auf mittlerweile jährlich 15.000 Fahrzeuge ausgebaut worden, sodass nun auch Fahrzeuge an externe Käufer abgegeben werden. Zahlreiche Unternehmen und auch einzelne Kommunen haben bereits Fahrzeuge bestellt oder erworben. Der Erfolg des StreetScooter zeigt, die Potentiale, die in der Förderung der Elektromobilität in der City-Logistik stecken. Es zeigt auch, dass sich wirtschaftlich sinnvolle Optionen weitgehend ohne staatliche Eingriffe durchsetzen können.



Foto: Elektrisch unterstütztes Fahrrad der Post – ein bereits länger etabliertes Element der Elektromobilität in der Citylogistik

Gleichwohl scheint es angezeigt, dass Kommunen weiter Anreize setzen, die City-Logistik stadtverträglicher zu gestalten. Die Überführung in eine elektromobile City-Logistik ist dabei ein Baustein. Wichtig ist zudem die Weiterentwicklung von Wegekettens zur Steigerung der Effizienz der Fahrten, wobei auch dies im Sinne der handelnden Dienstleister ist. Die Kommunen als Ideengeber und Genehmigungsbehörden sind in der Pflicht Rahmenbedingungen zu schaffen, unter denen ein wirtschaftlicher Betrieb einer nachhaltigen City-Logistik möglich ist. Dazu gehören beispielsweise:

- Unterstützung beim Aufbau intelligenter Verteilzentren im Stadtgebiet
- Vernetzung der Akteure zum Aufbau von Arbeitsgemeinschaften und Erfahrungsaustausch

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die Kontaktstelle zum Thema Elektromobilität in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis (siehe Kapitel 4.3) auch in Fragen der City-Logistik einzubinden.

11. Ableitung der Umsetzungsstrategie

11.1 Akteure der Elektromobilität

Elektromobilität ist ein Querschnittsthema – seine Verortung innerhalb der Verwaltung ist daher nicht einheitlich. Die Zuständigkeiten **unterschiedlicher Fachämter** wie z. B. Umweltamt, Tiefbauamt, Denkmalschutzbehörde, Straßenverkehrsbehörde sind betroffen. Auch die Arbeitsfelder kommunaler Betriebe, wie dem **Nahverkehrsunternehmen** und den **Stadtwerken** werden maßgeblich betroffen. Zudem sind Verwaltungsgrenzen und damit unterschiedliche räumliche Zustän-

digkeiten **benachbarter Kommunen** zu berücksichtigen. Zuguterletzt sind **private Unternehmen** (auch vertreten durch die **Industrie- und Handelskammern sowie die Handwerkskammern**), und **Forschungseinrichtungen** weitere wichtige Akteure. Dies bringt die Gefahr einer Zersplitterung und geringeren Durchsetzbarkeit mit sich – aber auch die Chance das Thema umfassend und auf mehrere Schultern verteilt zu bearbeiten.

Lassen die personellen und finanziellen Ressourcen nicht die Schaffung einer eigenen Stelle innerhalb der Verwaltung zu und bleibt das Thema auf mehrere Dezernate verteilt, kommt Kooperation und Kontinuität eine große Bedeutung zu. Arbeitsgruppen, Stabstellen, Lenkungsreise oder auch Entwicklungsgesellschaften sind mögliche Formen, die eine Koordinierung unterstützen. Wie bei vielen Themen ist auch bei der Verankerung und Umsetzung der Elektromobilität hilfreich, wenn es eine engagierte Person gibt, die als „realistischer Visionär“ den Prozess antreibt.

Den Kommunen selbst – vertreten durch die unterschiedlichen Fachämter – kommt dabei im Rahmen ihrer rechtlichen und wirtschaftlichen Handlungsspielräume eine wichtige Rolle bei der Förderung der Elektromobilität zu. Sie sind:

- **Gestalter:** Kommunen haben weitreichende Gestaltungskompetenzen bei der (Weiter-) Entwicklung des städtischen Verkehrssystems. In formalen Planungen (z.B. Bebauungsplan) und informellen Konzepten kann die Elektromobilität über Festlegungen oder strategische Rahmenvorgaben gefördert werden.
- **Genehmigungsbehörde:** In ihrer Rolle als Genehmigungsbehörde können Kommunen konkrete Planungen und Umsetzungsabsichten im öffentlichen Raum zulassen oder ablehnen und damit z.B. die räumliche Verteilung von Ladesäulen steuern und koordinieren.
- **Betreiber & Nutzer:** Kommunen und die Unternehmen an denen sie beteiligt sind, betreiben oftmals den ÖPNV. Zudem unterhalten sie oft eigene Flotten. Zwei wirkungsvolle Ansätze, um direkt Einfluss hinsichtlich Beschaffung und auch Nutzung zu nehmen. Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit sind haushaltsrechtlich geboten – gleichzeitig können aber Vorgaben bspw. hinsichtlich Klimafreundlichkeit im Beschaffungsprozess verankert werden.
- **Impulsgeber:** Als Kommune können private Initiativen durch die Bereitstellung von Informationen, Erfahrungen und der Vernetzung mit anderen Wissensträgern bei der Förderung der Elektromobilität unterstützt werden.



Grafik 26: Rolle der Kommunen bei der Förderung der Elektromobilität³⁰

11.2 Zusammenfassung der Maßnahmenansätze

Das vorliegende Konzept zur Förderung elektr mobiler Wegeketten in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis ist ein wichtiger Baustein zur Förderung der Elektromobilität in der Region. Es umfasst Maßnahmen, die grundsätzlich auch auf andere Stadt-Umland-Beziehungen in der Region übertragbar sind. Wichtig für die Maßnahmenauswahl waren:

- Zuständigkeit und die rechtliche Handhabe aus Sicht der Kommune und
- Konzentration auf sparsamen und effizienten Umgang mit Finanzmitteln.

Im Rahmen des Konzepts werden die folgenden Maßnahmen zur Umsetzung empfohlen. Die Tabelle enthält eine erste Grobkostenschätzung und eine Zuordnung der relevanten Akteure.

³⁰ *Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung*
Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
Deutsches Institut für Urbanistik, 2015

	Kurzbeschreibung der Maßnahme	Grobkostenschätzung	Zuständige Akteure
1	Einrichtung sicherer Abstellanlagen für Pedelecs an wichtigen Haltestellen in Chemnitz und dem Erzgebirgskreis, Vorhaltung von Nachlademöglichkeiten an ausgewählten besonders aufkommensstarken Haltestellen	ca. 10.000 € je Haltestelle bzw. ca. 15.000 € mit Lademöglichkeit	Jeweilige Kommune, Landkreis, Nahverkehrsunternehmen, ggf. priv. Grundstückseigentümer
2	Einsatz elektromobiler Busse im Stadt- und Regionalverkehr – zunächst Fortführung Marktbeobachtung und Erfahrungsaustausch	k.A.	Jeweilige Kommune, Landkreis, Nahverkehrsunternehmen
3	Öffentlichkeitskampagne für intermodale Verkehrsmittelnutzung	ca. 100.000 €	Stadt Chemnitz, Erzgebirgskreis, Nahverkehrsunternehmen
4	Aufbau dezentraler Lade- und Mobilitätspunkte in verdichteten Stadträumen	ca. 50.000 € für Basispunkt mit 2 Ladeplätzen (exkl. Grunderwerb, exkl. Betriebskosten), komplexere Mobilpunkte sind teurer	Jeweilige Kommune, Landkreis, Stadtwerke, ggf. priv. Grundstückseigentümer
5	Schaffung von Ladeinfrastrukturen an Verwaltungsstandorten für Mitarbeiter & eigene Flotte	ca. 5.000 € je Ladepunkt	Jeweilige Kommune, Landkreis, Stadtwerke
6	Schaffung einer zentralen Stelle zur Koordination von Anfragen zur Elektromobilität (z.B. Unterstützung privater Investoren beim Aufbau von Ladeinfrastruktur, Vernetzung von Interessierten und Wissensträgern), Mglw. Nutzung der vorhandenen Kompetenzen der IHK und Handwerkskammern	ca. 80.000 € jährlich (eine Stelle für Landkreis und Stadt Chemnitz zusammen)	Stadt Chemnitz, Erzgebirgskreis, ggf. IHK und Handwerkskammer
7	Errichtung von Ladeinfrastrukturen für Pkw an zentralen Punkten im Zugriffsbereich der Kommunen bzw. des Landkreises (eine Station am Markt/ zentralem Platz jeder Gemeinde und am Verkehrslandeplatz Chemnitz/ Jahnsdorf)	ca. 10.000 € je Ladepunkt	Jeweilige Kommune, Landkreis, Stadtwerke
8	Etablierung einer Mobilitätskarte für die Region Chemnitz als einheitliches Zugangssystem zum ÖPNV, Fahrradverleih, Car-Sharing und Elektro-Ladesäulen unterstützt durch eine digitale Plattform mit Angeboten und Informationen zu allen Verkehrsträgern	ca. 100.000 € zzgl. jährlicher Betriebskosten	Stadt Chemnitz, Erzgebirgskreis, Car-Sharing-Anbieter, Nahverkehrsunternehmen
9	Ladeinfrastrukturen für Pedelecs	abhängig von Designanspruch und Kapazität ca. 5.000 € je Anlage	Jeweilige Kommune, Landkreis, Tourismusverbände
10	Bei Ersatz- oder Neubeschaffungen von Fahrzeugen für den Fuhrpark (kommunaler und von komm. Tochterunternehmen): Prüfung des Fuhrparkplatzes auf Eignung für Elektro-Kfz	- (Anschaffung der Pkw mit deutlich unterschiedlichen Kosten je nach Einsatzzweck)	Jeweilige Kommune, Landkreis, Stadtwerke, Nahverkehrsunternehmen

Zur Förderung elektromobiler Fahrzeuge für private Nutzer setzen einige Kommunen auf Bevorrechtigungen und Vergünstigungen, wie z.B. dem kostenlosen Parken in gebührenpflichtigen Parkbereichen oder der Mitbenutzung von Busspuren durch Elektro-Kfz. Solche Ansätze sind bewusst nicht in das vorliegende Konzept übernommen worden, da sie aus Sicht der Gutachter verschiedene Nachteile aufweisen:

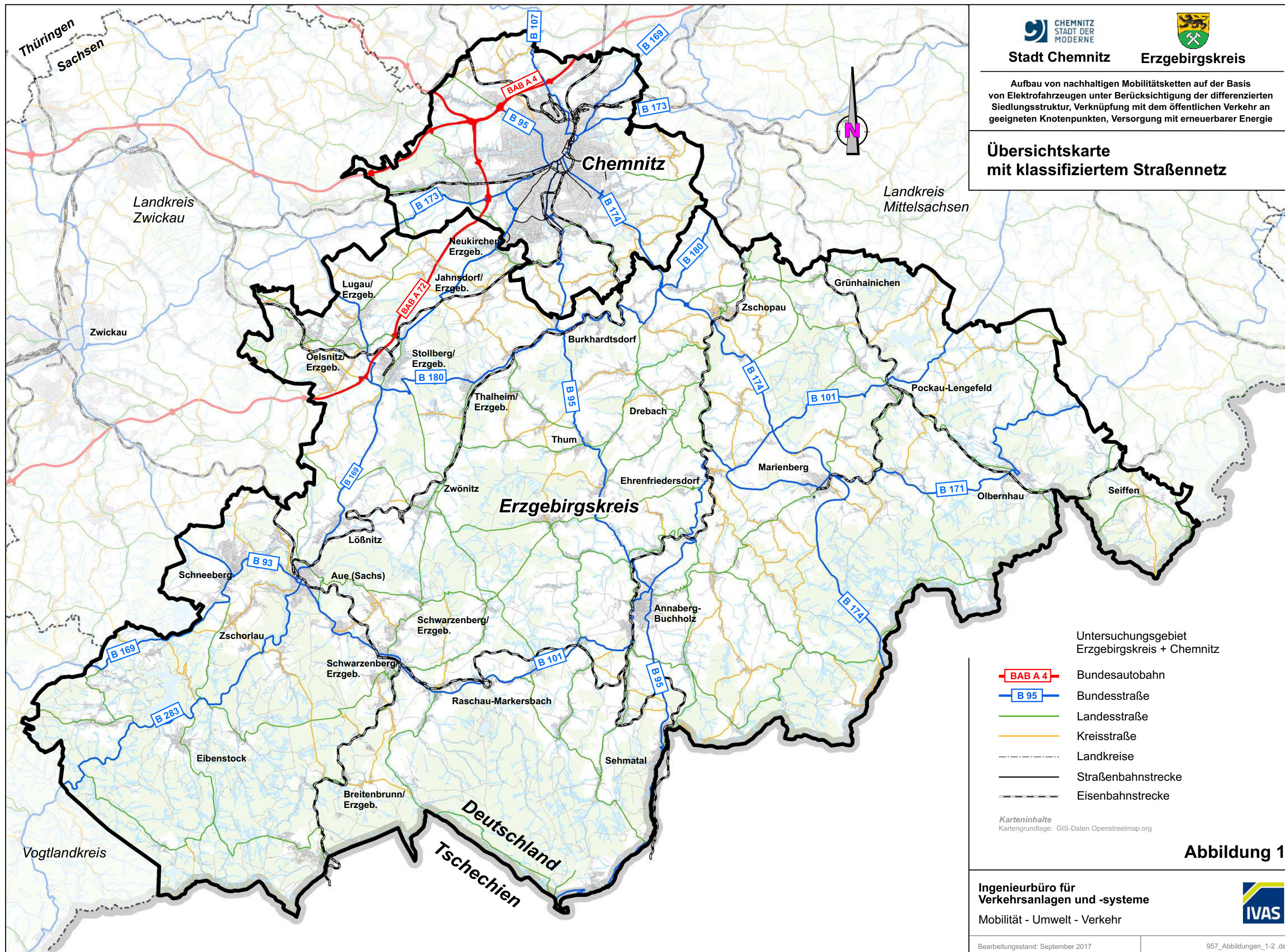
- Mit der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen entstehen durch diese Vergünstigungen mglw. neue Problemlagen, wenn z.B. Busse regelmäßig durch Elektrofahrzeuge an der ungehinderten Durchfahrt in der Busspur gehindert werden.
- Vergünstigungen sind im Nachgang nur sehr schwer und wahrscheinlich nur unter erheblichen Protest der Nutzer zurückzunehmen.
- Das 1:1-Ersetzen von Verbrenner-Pkw durch Elektro-Pkw, das durch solche Ansätze besonders gefördert wird, dürfte positive Wirkungen auf Luftschadstoffausstoß und Lärmbelästigung in den Städten haben. Aber Probleme, wie z.B. der hohe Flächenverbrauch für Verkehrsanlagen bleibt unberührt.

Die Förderung der Elektromobilität darf nicht dazu führen, eine aus stadtplanerischer und ökologischer Sicht sinnvollen grundlegenden Wandel des Mobilitätsverhaltens anzustreben und durch geeignete Maßnahmen herbeizuführen. Vielmehr sollte der Beitrag hervorgehoben werden, welchen die Elektromobilität hierbei leisten kann. Insbesondere die Möglichkeit Wege, die auch perspektivisch nicht mit den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes abgewickelt werden können, künftig umweltschonender zu bewältigen steht hierbei im Vordergrund. Die Förderung der Elektromobilität muss sich in ein Verkehrsleitbildes einordnen, dass motorisierten Individualverkehr insgesamt auf das erforderliche Mindestmaß reduzieren möchte.

Abbildungen

Aufbau von nachhaltigen Mobilitätsketten auf der Basis von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der differenzierten Siedlungsstruktur, Verknüpfung mit dem öffentlichen Verkehr an geeigneten Knotenpunkten, Versorgung mit erneuerbarer Energie

Übersichtskarte mit klassifiziertem Straßennetz



Untersuchungsgebiet
Erzgebirgskreis + Chemnitz

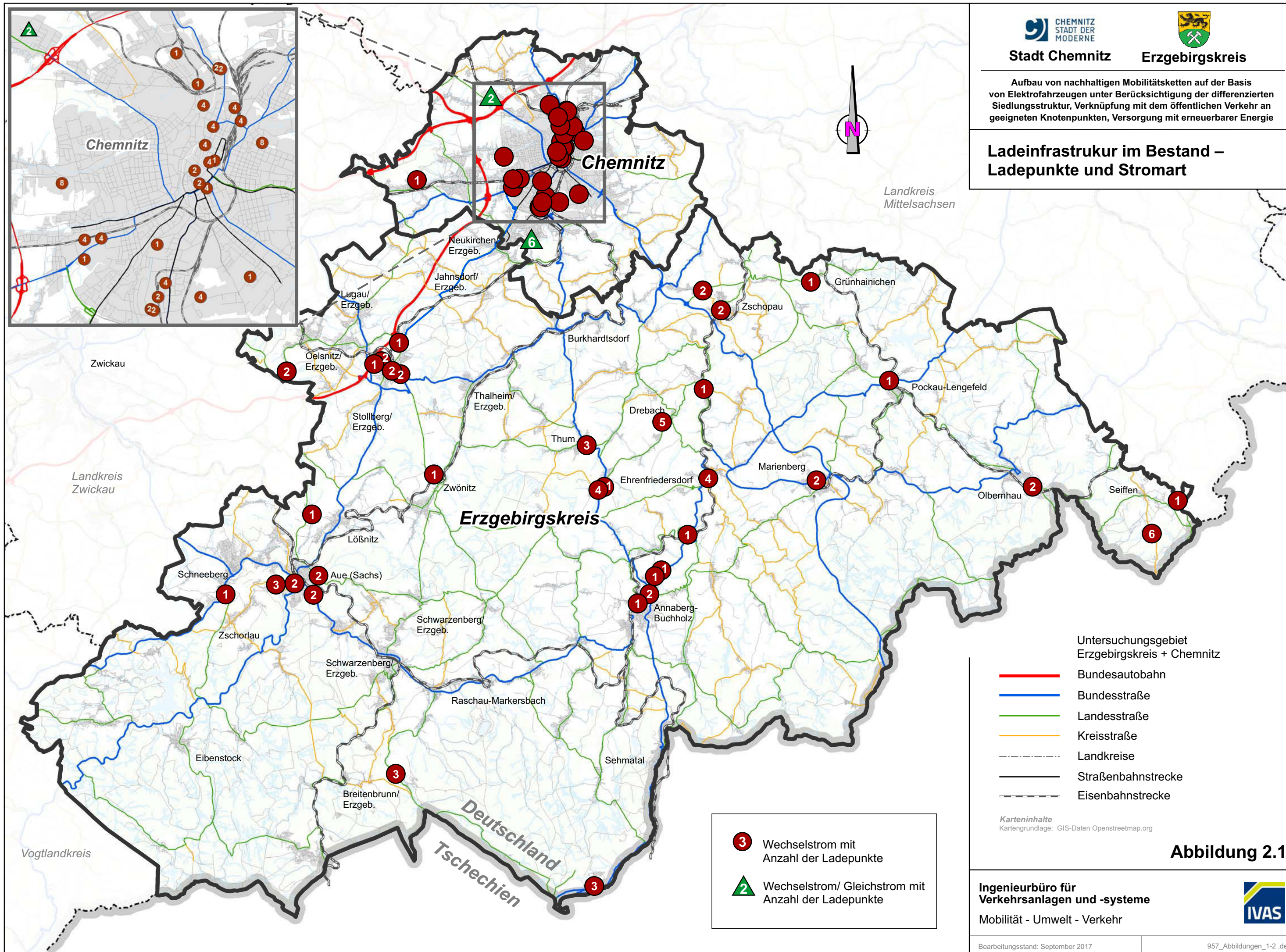
- Bundesautobahn
- Bundesstraße
- Landesstraße
- Kreisstraße
- Landkreise
- Straßenbahnstrecke
- Eisenbahnstrecke

Karteninhalte
Kartengrundlage: GIS-Daten Openstreetmap.org

Abbildung 1

Aufbau von nachhaltigen Mobilitätsketten auf der Basis von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der differenzierten Siedlungsstruktur, Verknüpfung mit dem öffentlichen Verkehr an geeigneten Knotenpunkten, Versorgung mit erneuerbarer Energie

Ladeinfrastruktur im Bestand – Ladepunkte und Stromart



- Bundesautobahn
- Bundesstraße
- Landesstraße
- Kreisstraße
- - - - - Landkreise
- Straßenbahnstrecke
- Eisenbahnstrecke

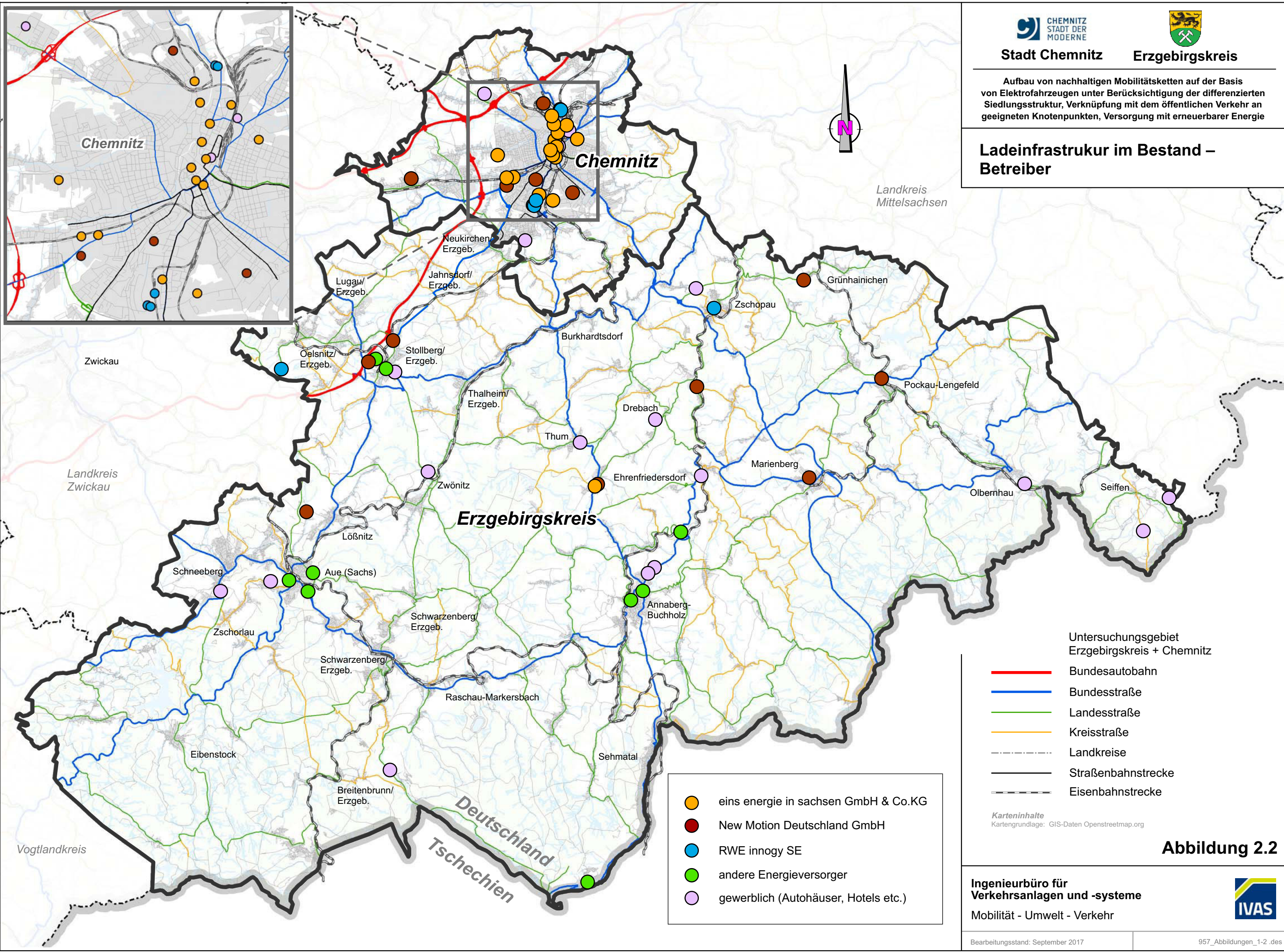
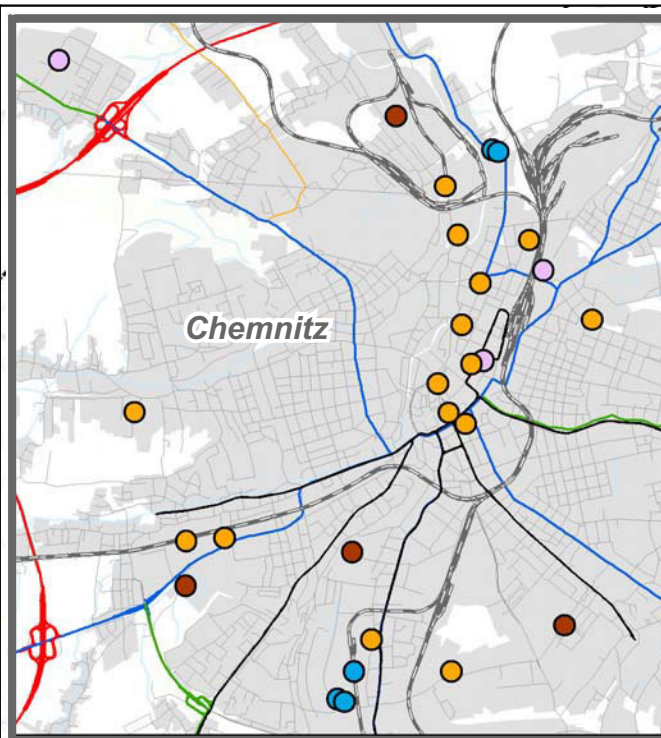
Karteninhalte
Kartengrundlage: GIS-Daten Openstreetmap.org

- 3 Wechselstrom mit Anzahl der Ladepunkte
- 2 Wechselstrom/ Gleichstrom mit Anzahl der Ladepunkte

Abbildung 2.1

Aufbau von nachhaltigen Mobilitätsketten auf der Basis von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung der differenzierten Siedlungsstruktur, Verknüpfung mit dem öffentlichen Verkehr an geeigneten Knotenpunkten, Versorgung mit erneuerbarer Energie

Ladeinfrastruktur im Bestand – Betreiber



Landkreis
Mittelsachsen

- eins energie in sachsen GmbH & Co.KG
- New Motion Deutschland GmbH
- RWE innogy SE
- andere Energieversorger
- gewerblich (Autohäuser, Hotels etc.)

- Untersuchungsgebiet
Erzgebirgskreis + Chemnitz
- Bundesautobahn
 - Bundesstraße
 - Landesstraße
 - Kreisstraße
 - - - - - Landkreise
 - Straßenbahnstrecke
 - - - - - Eisenbahnstrecke

Karteneinhalte
Kartengrundlage: GIS-Daten Openstreetmap.org

Abbildung 2.2

Ingenieurbüro für
Verkehrsanlagen und -systeme
Mobilität - Umwelt - Verkehr

