



Mobilitätswerk GmbH

Dresden, 28.11.2018



„Entwicklung eines Elektromobilitäts-
konzeptes für die Stadtverwaltung Stollberg
unter Einbeziehung der Region“



Das Elektromobilitätskonzept wird im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität vor Ort mit insgesamt 33.000 Euro durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert. Die Umsetzung der Förderrichtlinie wird von der NOW Nationale Organisation Wasser-stoff- und Brennstoffzellentechnologie koordiniert.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



Auftraggeber:

Große Kreisstadt Stollberg
Stadtverwaltung
Hauptmarkt 1
09366 Stollberg

Mobilitätswerk GmbH

Liebigstr. 26, 01187 Dresden
Amtsgericht Dresden, HRB 36737
<https://www.mobilitaetswerk.de/>

Ansprechpartner:

Mobilitätswerk GmbH
Dipl. Verk.-wirtsch. René Pessier LL.M.
+49 (0) 351/ 27560669
r.pessier@mobilitaetswerk.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
1 Zielstellung und Vorgehen	1
2 Relevanz und Entwicklung der Elektromobilität.....	2
3 Gesamtüberblick und Status Quo in Stollberg.....	8
3.1 Strukturdaten.....	8
3.2 Mobilität und Versorgung.....	9
3.2.1 Mobilitätsangebote.....	9
3.2.2 Pendlerverkehr	14
3.2.3 Versorgungssituation	18
3.2.4 Elektromobilität	18
4 Einsatzpotentiale von Elektrofahrzeugen in gewerblichen und kommunalen Fuhrparks	20
4.1 Marktüberblick.....	20
4.2 Marktanalyse elektrischer Nutzfahrzeuge	23
4.2.1 Leichte Nutzfahrzeuge	23
4.2.2 Schwere Nutzfahrzeuge	25
4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Elektrofahrzeugen.....	27
4.3.1 Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit.....	27
4.3.2 Fuhrparkoptimierung.....	30
4.3.3 Fahrzeugverfügbarkeit und Flexibilität.....	30
4.3.4 Wirtschaftliche Aspekte von Lade- und Lastmanagement	31
4.3.5 Disposition von Ladepunkten	31
4.3.6 Fazit.....	32
4.4 Fuhrpark der Stadt Stollberg	32
4.5 Kommunales Mobilitätsmanagement.....	35
4.5.1 Fahrzeugreduzierung durch Pooling.....	36
4.5.2 Corporate Carsharing	36
4.5.3 Verkehrsmittelverlagerung im Sinne des Umweltverbundes.....	36
4.5.4 betriebliche Nutzung von Privat-PKW.....	37
5 Alternative Mobilitätslösungen.....	38
5.1 Versorgungsverkehr.....	39
5.2 Bedarfsverkehr/Mobility on-demand	40
5.2.1 Rechtliche Grundlagen.....	41
5.2.2 Bestehende Anbieter für On-Demand-Modelle.....	42

5.2.3	Markteinführung.....	43
5.2.4	Tarifsysteme	44
5.2.5	Ausgestaltung des On-Demand-Verkehrs	45
5.3	Elektrofahrräder.....	47
5.3.1	Potentiale und Effekte von Elektrofahrrädern.....	49
5.3.2	Anforderung an Radwegeinfrastruktur.....	51
5.3.3	Anforderungen an Abstellplätze für Elektrofahrräder	52
5.3.4	Ladeinfrastruktur für Elektrofahrräder.....	53
6	Strategieentwicklung zur Unterstützung lokaler Unternehmen & Privatpersonen.....	55
6.1	Beteiligung von Akteuren	55
6.2	Kommunikation und Information	57
7	Elektrifizierungspotentiale im Regionalverkehr und der Stadtbuslinie.....	61
7.1	Grundlagen der Elektrifizierung.....	61
7.2	Markt- und Modellsituation von Elektrobussen.....	65
7.2.1	Erfahrungen und Best Practice Beispiele	65
7.3	Kostenstruktur	68
7.4	Fördermöglichkeiten für Elektrobusse	68
7.5	Anforderungsanalyse zur Umstellung einer E-Buslinie	70
7.5.1	Linienauswahl.....	71
7.5.2	Linienanalyse.....	72
8	Prüfung der Realisierung eines autonomen Shuttlebusses.....	74
8.1	Stufen des autonomen Fahrens.....	74
8.2	Potentiale und Herausforderungen.....	76
8.2.1	Verkehrsaufkommen und Infrastruktur	76
8.2.2	Gesellschaftliche Auswirkungen.....	77
8.2.3	Rechtliche Herausforderungen.....	77
8.3	Etablierung eines autonomen Shuttlebusses.....	78
8.3.1	Best Practice Beispiele	78
8.4	Handlungsempfehlungen autonomer Shuttlebus für Stollberg	80
9	Ganzheitliches Ladekonzept	82
9.1	Begriffsklärung und Differenzierung von Ladeinfrastruktur.....	82
9.1.1	Ladestationen und Ladepunkte	82
9.1.2	Ladeleistung	84
9.1.3	Eigentumsverhältnis.....	84
9.1.4	Zweck der Ladung	85
9.1.5	Nutzergruppen.....	85

9.1.6	Ladeorte.....	86
9.2	Anforderungen an Ladeinfrastruktur.....	87
9.2.1	Anforderungen aus Nutzersicht.....	89
9.2.2	Anforderungen aus Betreibersicht	91
9.3	Ladesäulenverordnung	93
9.4	Anforderungen Stadt Stollberg	93
9.5	Förderung von Ladeinfrastruktur.....	94
9.6	Stellplatzsatzung	95
9.6.1	Integration der Elektromobilität in die Stellplatzsatzung.....	95
9.6.2	Beispiele.....	97
10	Prognose der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur	98
10.1	Modell	99
10.2	Prognose.....	102
10.2.1	Elektrofahrzeuge	102
10.2.2	Lademöglichkeit am Wohnort.....	103
10.2.3	(Halb-)öffentliche Normalladevorgänge	104
10.2.4	Schnellladevorgänge mit mind. 50 kW DC	106
10.2.5	Laden am Arbeitsplatz	108
10.3	Standortpotential für Ladeinfrastruktur	109
10.4	Netzkapazität	110
10.5	Zusammenfassung	111
10.6	Handlungsempfehlungen	112
10.6.1	Private Ladeinfrastruktur.....	112
10.6.2	(Halb-)öffentliche Ladeinfrastruktur.....	113
10.6.3	Ladeinfrastruktur beim Arbeitgeber	114
10.6.4	Schnellladeinfrastruktur	115
10.6.5	Weitere Empfehlungen für die Errichtung von LIS	115
11	Bewertung der Auswirkungen für die Region	117
12	Maßnahmenkatalog.....	118
12.1	Information und Kommunikation.....	119
12.2	Infrastrukturelle Maßnahmen	125
12.3	Elektrofahrzeuge & Angebotserweiterung Umweltverbund	129
	Literaturverzeichnis.....	IX
	Anhang.....	XVII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgasentwicklung – CO ₂ im Verkehrssektor: aktuelle Entwicklungen im Bezug zum Basisjahr	2
Abbildung 2: Anzahl Neuzulassungen BEV und PHEV	3
Abbildung 3: Marktanteil von EV in europäischen Ländern 2018 in Prozent	5
Abbildung 4: Klimabilanz von batterieelektrischen Pkw der Kompaktklasse (24 kWh Batterie) bei durchschnittlicher Nutzung (150 000 km Laufleistung) verglichen mit konventionellen Neufahrzeugen	7
Abbildung 5: Buslinien 260, 261 und STL in und um Stollberg	10
Abbildung 6: Buslinien 190, 194, 380 und 413 im Gemeindebereich Stollberg	12
Abbildung 7: Überregionale Buslinien in Stollberg (Linien 184, 193, 198, 199, 380)	13
Abbildung 8: Radwegeinfrastruktur in und um Stollberg	14
Abbildung 9: Häufigkeit zurückgelegter Distanzen im Pendlerverkehr	16
Abbildung 10: LIS und deren Erreichbarkeit in der Stadt Stollberg	19
Abbildung 11: Auswahl batterieelektrischer Fahrzeuge in Großserienproduktion bis 2020	22
Abbildung 12: TCO von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen mit zwei Strompreisszenarien (PKW)	28
Abbildung 13: TCO von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen mit zwei Strompreisszenarien (leichte Nutzfahrzeuge)	29
Abbildung 14: Häufigkeit gefahrener Strecken	34
Abbildung 15: Absatz von Elektrofahrrädern in Deutschland von 2009 bis 2017	48
Abbildung 16: Akteursübersicht (Elektro-)Mobilität	56
Abbildung 17: Elektrifizierungsstufen von Bussen	62
Abbildung 18: Die fünf Stufen des autonomen Fahrens	75
Abbildung 19: Potenzielle Entwicklungen hin zu autonomen Fahren	76
Abbildung 20: Kategorisierung LIS	84
Abbildung 21: Einflussfaktoren für Anforderungen an Ladeinfrastruktur	87
Abbildung 22: Lademöglichkeiten im natürlichen Bewegungsprofil einer Person, werktags	88
Abbildung 23: Attraktivität von Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft	91
Abbildung 24: Funktionsweise des Standortmodelles für Ladeinfrastruktur GISeLIS	98
Abbildung 25: Markthochlauf von E-PKW in Deutschland im Teilszenario A und –B	99
Abbildung 26: Szenariomatrix aus Markthochlauf und Anteile der beiden Fahrzeugkonzepte ...	100
Abbildung 27: Anteil der E-PKW am PKW-Bestand in Deutschland	101
Abbildung 28: Prognostizierte Anzahl der privat und gewerblich zugelassenen E-PKW in der Stadt Stollberg (unterschieden nach Antriebsart) sowie der Anteil der E-PKW am gesamten PKW-Bestand in %	102
Abbildung 29: Prognostizierte Anzahl der privat zugelassenen E-PKW ohne heimische Wallbox in der Stadt Stollberg/Erzgeb. im das Jahr 2030 (Mittelwert aller Szenarien)	104

Abbildung 30: Anzahl der prognostizierten Normalladevorgänge pro Tag in der Stadt Stollberg für das Jahr 2030 (Mittelwert aller Szenarien)	105
Abbildung 31: Potentielle Standorte für LIS in den Ortsteilen von Stollberg/ Erzgeb.	106
Abbildung 32: Anzahl der prognostizierten Schnellladevorgänge pro Tag in der Stadt Stollberg/Erzgeb. für das Jahr 2030 (Mittelwert aller Szenarien)	107
Abbildung 33: Standortfaktoren für Schnellladen in Stollberg	108
Abbildung 34: Standortpotential für Ladeinfrastruktur in Stollberg/Erzgeb.	109
Abbildung 35: Übersicht zum prognostizierten Strombedarf pro Jahr durch E-PKW in der Stadt Stollberg (Mittelwert aller Szenarien).....	111
Abbildung 36: Übersicht zur Anzahl der prognostizierten Ladevorgänge pro Tag in der Stadt Stollberg/Erzgeb. (Mittelwert aller Szenarien).....	112

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fahrzeugneuzulassungen 2018	3
Tabelle 2: BEV-Verteilung ausgewählter Landkreise, Bundesland und Land.....	6
Tabelle 3: Übersicht der Buslinien innerhalb der Ortsteile Stollbergs	11
Tabelle 4: Vergleich von Ein- und Auspendlerquoten ausgewählter umliegender Gemeinden	15
Tabelle 5: Einpendler in die Gemeinde Stollberg.....	17
Tabelle 6: Auspendler aus der Gemeinde Stollberg.....	18
Tabelle 7: Ladeinfrastruktur der Stadt Stollberg.....	19
Tabelle 8: Übersicht der meistverkauften E-PKW in Deutschland im Zeitraum Januar - Juni 2018	21
Tabelle 9: Marktübersicht elektrischer leichter Nutzfahrzeuge ≤ 3,5 t.....	24
Tabelle 10: Marktübersicht elektrischer schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5 t.....	26
Tabelle 11: Nutzung privater PKW für dienstliche Zwecke.....	37
Tabelle 12: Best Practice Beispiele zur Mobilitäts- und Versorgungsverbesserung auf dem Land.....	38
Tabelle 13: Übersicht Tarifsysteme.....	44
Tabelle 14: Jährliche Kosten des On-Demand-Dienstes	47
Tabelle 15: Arten von Elektrofahrrädern im Vergleich.....	49
Tabelle 16: Kostenorientierung für Abstellanlagen	53
Tabelle 17: Aufklärungsbedarfe in Bezug auf die Elektromobilität.....	58
Tabelle 18: Ausgewählte Hersteller von Elektrobussen	65
Tabelle 19: Elektrifizierung im ÖPNV: Ausgewählte Projekte und Erfahrungen	67
Tabelle 20: Parameter für die Linienanalyse	72
Tabelle 21: Beispiele für bestehende und aktuell laufende Projekte zu autonomen Fahren	78
Tabelle 22: Maßnahmenempfehlungen nach Aufgabenbereichen	81
Tabelle 23: Nutzergruppen	86
Tabelle 24: Anzahl notwendiger Ladevorgänge zur Bedarfsdeckung.....	88
Tabelle 25: Informationen zur Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge des BMVI.....	94
Tabelle 26: Beispiele für umgesetzte Stellplatzregelungen in Deutschland.....	97
Tabelle 27: Raumbezug der potentiellen Standorte in den Ortsteilen von Stollberg/ Erzgeb.	106
Tabelle 28: Fördermöglichkeiten Elektromobilität.....	118
Tabelle 29: Maßnahmenbeschreibung Nr. 1	120
Tabelle 30: Maßnahmenbeschreibung Nr. 2	120
Tabelle 31: Maßnahmenbeschreibung Nr. 3	121
Tabelle 32: Maßnahmenbeschreibung Nr. 4	121
Tabelle 33: Maßnahmenbeschreibung Nr. 5	122
Tabelle 34: Maßnahmenbeschreibung Nr. 6	122
Tabelle 35: Maßnahmenbeschreibung Nr. 7	123

Tabelle 36: Maßnahmenbeschreibung Nr. 8	123
Tabelle 37: Maßnahmenbeschreibung Nr. 9	124
Tabelle 38: Maßnahmenbeschreibung Nr. 10	124
Tabelle 39: Maßnahmenbeschreibung Nr. 11	126
Tabelle 40: Maßnahmenbeschreibung Nr. 12	126
Tabelle 41: Maßnahmenbeschreibung Nr. 13	127
Tabelle 42: Maßnahmenbeschreibung Nr. 14	127
Tabelle 43: Maßnahmenbeschreibung Nr. 15	128
Tabelle 44: Maßnahmenbeschreibung Nr. 16	129
Tabelle 45: Maßnahmenbeschreibung Nr. 17	130
Tabelle 46: Maßnahmenbeschreibung Nr. 18	130
Tabelle 47: Maßnahmenbeschreibung Nr. 19	131
Tabelle 48: Maßnahmenbeschreibung Nr. 20	131
Tabelle 49: Best Practice Beispiele bestehender On-Demand-Modelle.....	XVII
Tabelle 50: Übersicht der Erfahrungsberichte von Nutzern und Fahrgästen aus dem Google Play Store. Quelle: Google Play Store, Darstellung durch Mobilitätswerk GmbH.....	XVIII
Tabelle 51: Annahmen der TCO-Berechnung	XIX
Tabelle 52: Batterieelektrische Fahrzeuge in Großserienproduktion (Auswahl)	XXI

1 Zielstellung und Vorgehen

Die Stadt Stollberg sieht sich mit vielfältigen Wünschen der Bürger und neuen Fragestellungen bezüglich der Mobilität und im Speziellen der Elektromobilität konfrontiert. Um Handlungsanweisungen und Impulse für den notwendigen Umgang in der Zukunft zu erhalten, soll dieses Konzept bezüglich der Elektromobilität seinen Teil beitragen.

Die Stadt steht aktuell vor folgenden verkehrlichen Herausforderungen:

- Verbesserung der Anbindung aller Ortsteile mit der Innenstadt und insbesondere der City-Bahn
- Verstärkte Rolle von Fahrradmobilität für Fahrten innerhalb der Gemeinde
- Attraktives und Bedarfsgerechtes öffentliches Mobilitätsangebot unter Berücksichtigung von demographischen Effekten

Neben dem Elektromobilitätskonzept, wird in naher Zukunft auch ein Radverkehrskonzept erstellt.

Die Stadt Stollberg will die notwendigen Rahmenbedingungen für Elektromobilität unterstützen und einen langfristigen Planungshorizont erhalten. Zudem sollen die relevanten Akteure frühzeitig eingebunden werden.

Das Elektromobilitätskonzept für die Stadtverwaltung Stollberg, unter Einbeziehung der Region, wurde im Zeitraum von Januar 2018 bis November 2018 erarbeitet.

Neben einer internen Auftaktveranstaltung mit Projektverantwortlichen, wurden in der Erarbeitung auch weitere Akteure und Bürger eingebunden. Im April 2018 fand ein Workshop mit Bürgern zu den Themen Mobilitätsbedarf und Elektromobilität statt. Im Rahmen dessen wurden Defizite identifiziert und erste Handlungsoptionen diskutiert. Die Impulse daraus sind in die Bearbeitung eingeflossen.

Unter Einbindung der Stadt Stollberg wurden Gespräche mit verschiedenen Mobilitätsdienstleistern geführt, um neue Mobilitätsangebote zu initiieren.

Zudem erfolgte eine Podiumsdiskussion zum Thema Elektromobilität im Rahmen des Debattierclubs im "Alten Schlachthof" unter Einbindung vieler weiterer Akteure. Die wesentlichen Erkenntnisse der Untersuchung wurden den Ortsbeiräten vorgestellt. Zudem wurde ein Projektantrag initiiert.

Die Bearbeitung des Konzeptes zielte darauf ab, folgende Schwerpunkte zu bearbeiten:

- Relevanz, Entwicklung und Prognose der Elektromobilität für Stollberg
- Einsatzpotentiale von Elektrofahrzeugen im Fuhrpark der Stadt Stollberg
- Analyse ÖPNV Versorgung und alternative Mobilitätslösungen für Stollberg
- Elektrifizierungspotentiale im Regionalverkehr und der Stadtbushlinie
- Potentiale von Elektrofahrrädern und deren Anforderung an Radwegeinfrastruktur
- Abstellplätze und Ladeinfrastruktur für Elektrofahrräder
- Anforderungen an Ladeinfrastruktur und Prognose der öffentlichen Ladeinfrastruktur mit Aussagen zur notwendigen Netzkapazität
- Entwicklung von Maßnahmen und Strategien für die Stadt Stollberg

2 Relevanz und Entwicklung der Elektromobilität

Die Klimaschutzziele Deutschlands sehen eine Treibhausgas-Emissionssenkung von mindestens 40 % bis 2020, mit Bezug auf das Basisjahr 1990, vor.¹ Dieses Ziel wird nicht erreicht werden können. Die weiteren Minderungsziele des Klimaschutzplanes von mindestens 55 % bis zum Jahr 2030 und 70 % bis 2040 bestehen trotzdem unverändert fort.² Bis zum Jahr 2050 soll Deutschland weitgehend treibhausgasneutral sein.³ Der Verkehrssektor mit einem Anteil von rund 18 % der aktuellen Treibhausgasemissionen muss dazu zwingend einen Beitrag leisten. Der Ausstoß lag 2017 bei 170,6 Mio. t CO₂. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 (163 Mio. t pro Jahr) entspricht dies einer Steigerung von 4,67 % (vgl. Abbildung 1). Damit hat der Verkehrssektor bisher keine Einsparungen beigesteuert, obwohl in den Jahren von 2000 bis 2010 die Emissionen reduziert werden konnten. Dies ist u. a. auf die Einsparungen durch neue effizientere Motoren und weitere Verbesserung der Automobiltechnologie zurückzuführen. Die Steigerungen seit 2010 sind auf höhere Fahrleistungen und stärkere Motorisierungen zurückzuführen.

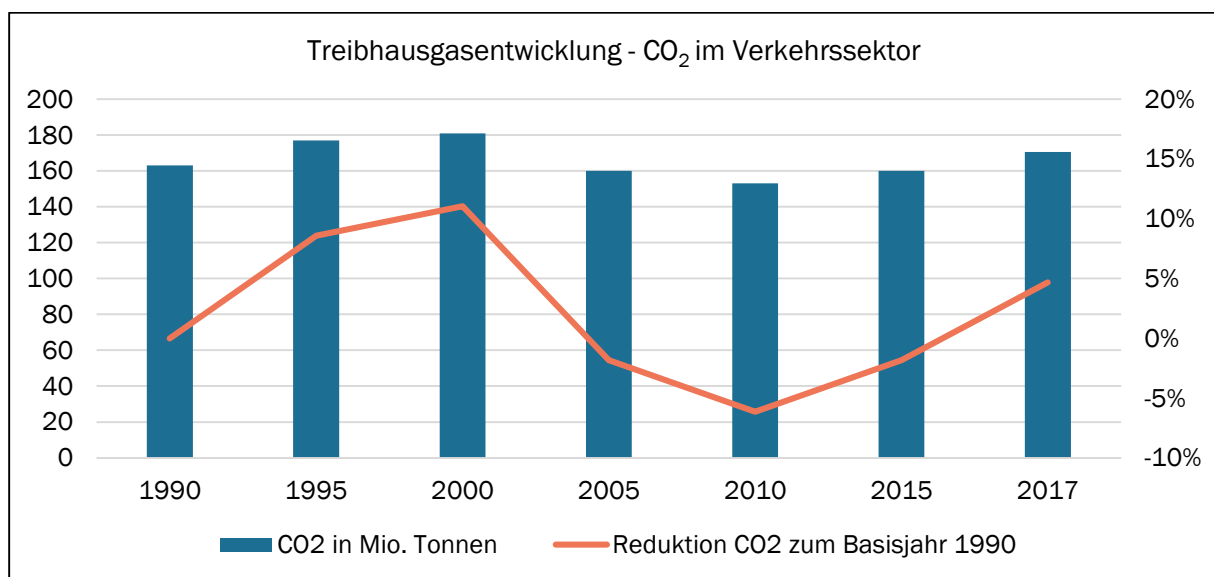


Abbildung 1: Treibhausgasentwicklung – CO₂ im Verkehrssektor: aktuelle Entwicklungen im Bezug zum Basisjahr ⁴

Relevante Emissionseinsparungen im Verkehrssektor können nur durch tiefgreifende Eingriffe erreicht werden. Neben der Verkehrsvermeidung, -verlagerung und -optimierung sowie ökonomischen Maßnahmen, stellt die Emissionsminderung durch Elektromobilität eine wirksame Maßnahme dar.

Zulassungszahlen E-PKW

Höhere Neuzulassungen rein batterieelektrisch betriebener Fahrzeuge (BEV) mit etwas über 2 000 Stück erfolgten erstmals im Jahr 2011. Mitte 2013 erschienen neue Fahrzeugmodelle, wie der Tesla Model S und der Renault Zoe (1. Generation), die zu einem Anstieg der BEV-Neuzulassungen führten. Das Niveau blieb weiterhin gering (2013: 6 051 Stück) bzgl. der Gesamtneuzulassungen von fast 3 Millionen PKW pro Jahr. Die Anzahl von batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen steigt seitdem fast kontinuierlich (vgl. Abbildung 2). Lediglich im Jahr 2016 ist ein geringfügiger Rückgang zu verzeichnen, was auf neu angekündigte Modelle für das Jahr 2017 zurückzuführen ist. Die Zulassungszahlen von Plug-In-Hybriden (PHEV) wurden erst später gesondert erfasst. Sie steigen seit

¹ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit 2016

² Vgl. ebd.

³ Vgl. ebd.

⁴ Vgl. ebd.

2012 jedoch ebenfalls kontinuierlich an und überschritten 2016 erstmals die Zahl der neu zugelassenen BEV.

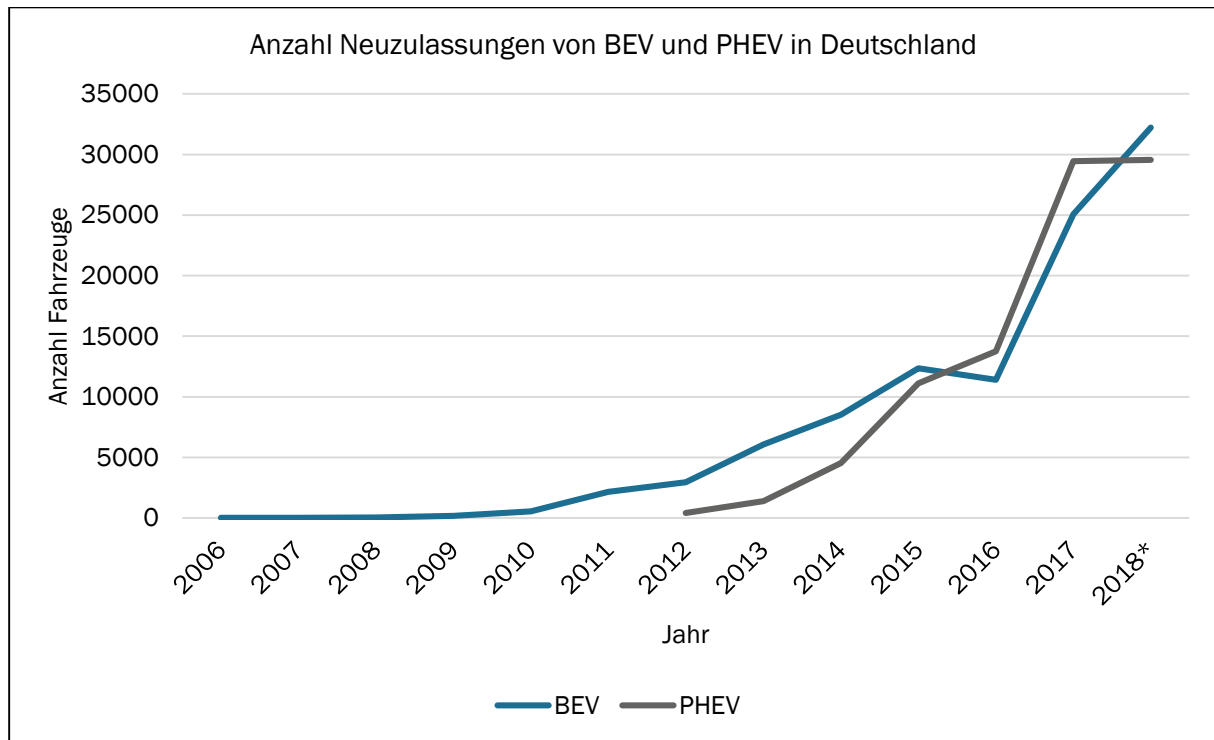


Abbildung 2: Anzahl Neuzulassungen BEV und PHEV⁵

Von Januar bis November 2018 wurden 32 226 BEV und 29 567 PHEV in Deutschland neu zugelassen (vgl. Tabelle 1). Damit ist der Vorjahreswert bereits im November um knapp 30 % überschritten. Dies entspricht einem Anteil von 1,0 % bzw. 0,9 % an allen PKW-Neuzulassungen und einer Veränderung ggü. dem Vorjahreszeitraum von 11,3 % für Plug-In-Hybride und 48,9 % für BEV.

Tabelle 1: Fahrzeugneuzulassungen 2018⁶

	Anzahl Neuzulassungen Januar bis November 2018	Anteil	Veränderung ggü. Vorjahreszeitraum in %
Benzin	2 003 439	62,6 %	9,5
Diesel	1 028 271	32,1 %	-17,9
LPG	4 086	0,1 %	2,0
CNG	10 513	0,3 %	236,7
Hybrid	120 042	3,8 %	54,7
Darunter Plug-In	29 567	0,9 %	11,3
Elektro	32 226	1,0 %	48,9
	2 953 485	100,00 %	

⁵ KBA, eigene Zusammenstellung

⁶ Vgl. Kraftfahrtbundesamt 2018a, Stand: November 2018

Relevanz und Auswirkungen von E-PKW

In der öffentlichen Diskussion werden E-PKW teilweise als noch nicht praxistauglich und für die Nutzungsbedürfnisse vieler PKW-Besitzer als nicht geeignet eingeordnet. Dies basiert auf den Gewohnheiten, Ausprägungen und Erfahrungen mit konventionellen Fahrzeugen. Die über ein Jahrhundert gewachsene Infrastruktur mit konventionellen Fahrzeugen und zugehörigen Unternehmen muss im Elektromobilitätsbereich erst aufgebaut werden. E-PKW sind aktuell praxistauglich und können die Anforderungen an Mobilität erfüllen. Geänderte Abläufe, wie das Laden beim Parken und nicht zwingend an Tankstellen, erfordern eine längere Umstellung. Es muss eine Attraktivität geschaffen werden, zu der neben Nachhaltigkeitsargumenten insbesondere attraktive Konditionen gehören. Der Fahrzeugpreis und Vorteile der E-PKW, auch durch regulatorische Eingriffe, müssen denen von Verbrennern überlegen sein. Fehlt dieser Anreiz für die Automobilindustrie, können keine deutlich größeren Mengen abgesetzt werden. Damit kann keine Massenproduktion erfolgen, um unabhängig von regulierten Rahmenbedingungen die notwendige preisliche Attraktivität zu setzen.

E-PKW sind oft Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren überlegen. Dafür spricht eine deutlich höhere Effizienz, Leistungsentfaltung und geringere Komplexität des Motors mit weniger Bauteilen. Aufgrund des steigenden Drucks bzgl. der Emissionen im Verkehr müssen Lösungen gefunden werden, diese zu reduzieren. Dabei bieten Elektromotoren immer die Möglichkeit, lokal emissionsfrei zu fahren, unabhängig von einer ökologischen Stromerzeugung.

Für Automobilhersteller birgt die Inaktivität im Bereich alternativer Antriebstechnologien hohe Risiken. Modell- und Produktionsplanung sowie Akkubestellungen sind langfristige Prozesse, die einen Vorlauf von 2 – 5 Jahren bedingen. Massenhersteller, die nicht rechtzeitig eine Umstellung in der Produktion vornehmen, werden auf regulatorisch beschränkten Märkten kaum noch Fahrzeuge absetzen können. Durch die Einführung der E-PKW-Quote in China, Steuererleichterungen in Norwegen und Kaufprämien in mehreren Ländern, sind erste Rahmenbedingungen gesetzt. Zudem planen fast alle Länder niedrigere Flottenverbräuche, wozu E-PKW beitragen können. Einige Länder diskutieren über das Verbot von Verbrennungsmotoren bzw. die freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie. Daher werden, wie am Markt sichtbar, die Produktionskapazitäten bzw. -planungen deutlich erhöht. E-PKW werden zwischen dem Jahr 2030 und 2040 die deutliche Mehrheit der Neuzulassungen ausmachen.

Zukunft der Elektromobilität

Elektromobilität wird für enorme Änderungen bzgl. der Anbieterstrukturen sorgen. Neue Anbieter, Angebote und Wertschöpfungsansätze werden sich entwickeln. Die Elektromobilität fungiert daher als Treiber und Vorbote für digitale Vernetzung auch im Hinblick auf das autonome Fahren.

Neben der Speichertechnologie Batterie wird aktuell durch erhebliche Forschungen und Investitionen die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnik vorangetrieben. Aufgrund hoher Kosten, insbesondere für die erforderliche Tank-Infrastruktur und des im Vergleich zum Elektromotor geringen Wirkungsgrades⁷, scheint die Durchsetzung vorerst in geschlossenen Kreisläufen und bspw. für Spezialfahrzeuge mit hohem Energieverbrauch wahrscheinlich.

Der Massenmarkt wird daher, wenn überhaupt, erst in 10 Jahren adressiert werden können. Aufgrund der aktuell schon angekündigten, vorhandenen und zu erwartenden Produktionskapazitäten von Batteriekapazitäten sowie den hohen Forschungsausgaben ist damit zu rechnen, dass die Batterie als Speicher in den nächsten 10 bis 15 Jahren deutlich relevanter sein wird. Wenn batterieelektrische Fahrzeuge als Alternative zu Verbrennern schon im Markt etabliert sind, stellen sich für Brennstoffzellenfahrzeuge und deren Infrastruktur die gleichen Herausforderungen hinsichtlich der

⁷ Der Wirkungsgrad von Brennstoffzellenfahrzeugen beträgt etwa 50 % und unterscheidet sich damit geringfügig von dem der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren mit 25 – 30 % (Ottomotor) bzw. 35 – 45 % (Dieselmotor). Elektromotoren haben einen Wirkungsgrad von ca. 90 %.

Marktdurchdringung wie aktuell bei batterieelektrischen Fahrzeugen. Zudem müssen dann wiederum Vorteile gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen vorliegen. Anwendungsbereiche wird es für beide Technologien geben, zudem sind die meisten wasserstoffangetriebenen Fahrzeuge Elektrohybride. Elektromobilität und batterieelektrische Fahrzeuge werden auf lange Sicht (20 bis 30 Jahre) den größten Anteil am Kraftfahrzeugmarkt einnehmen.

Konkrete Entwicklung in Deutschland und Bezug auf Erzgebirgskreis

Der Durchbruch im Sinne des von der Bundesregierung herausgegebenen 1 Millionen Ziel an zugelassenen Elektrofahrzeugen in Deutschland bis zum Jahr 2020 wird erst 2022 bis 2023 erreicht werden.⁸ Voraussetzung dafür ist eine bessere Verfügbarkeit hinsichtlich geringer Lieferzeiten, attraktivere Endkundenpreise und attraktive Rahmenbedingungen (Förderung, Bevorzugung, Ladeinfrastruktur etc.). Der hohe Anteil von PHEV ist hauptsächlich auf die Flottenverbrauchsermittlungen zurückzuführen. Für die Fahrzeughersteller ist das Angebot dieser Fahrzeuge attraktiv, da aufgrund der idealtypisch ermittelten kombinierten Verbrauchswerte geringe Werte anfallen. Aufgrund von erheblichen Unterschieden zwischen Realverbrauch und dieser Ermittlung werden sich dort Änderungen ergeben müssen. Dies wird mittel- bis langfristig voraussichtlich zu einer deutlichen Reduktion der PHEV an den Zulassungsanteilen führen.

Deutschland liegt mit einem Anteil von 2,00 % E-PKW an allen PKW-Neuzulassungen im Vergleich mit den führenden europäischen E-PKW-Nationen weit zurück (vgl. Abbildung 3). Die Position entspricht nicht der Rolle, die Deutschland aufgrund der Automobilindustrie weltweit einnimmt. Das Angebot der heimischen Hersteller in anderen Ländern ist deutlich umfangreicher. Die Rahmenbedingungen in den anderen Ländern sind demnach deutlich besser.

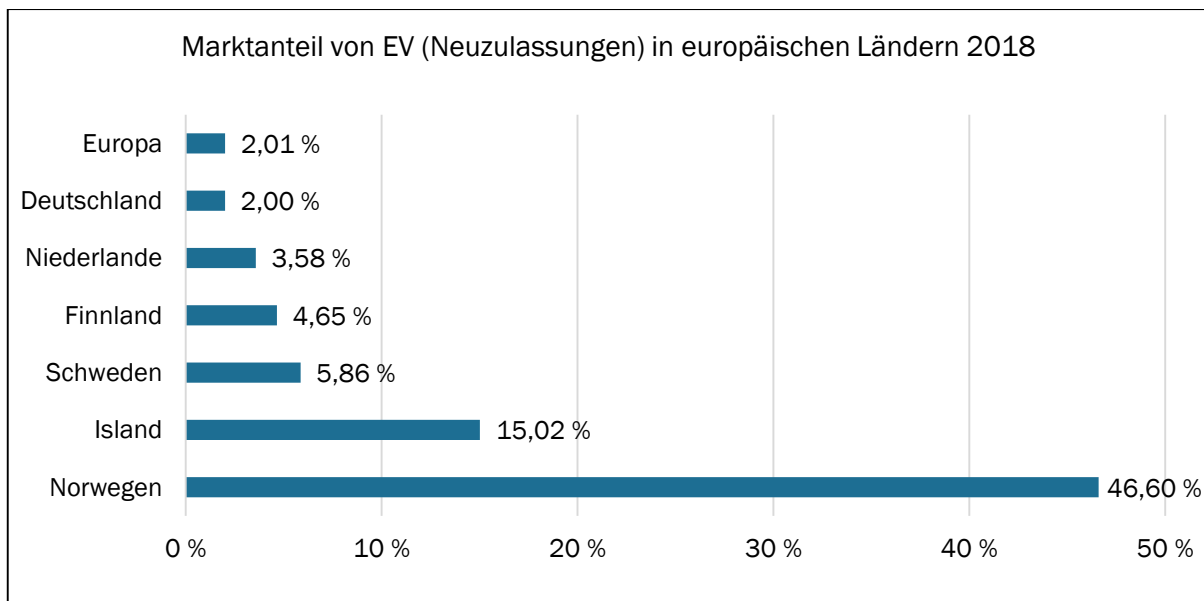


Abbildung 3: Marktanteil von EV in europäischen Ländern 2018 in Prozent⁹

Der Erzgebirgskreis liegt in einem deutschlandweiten Vergleich innerhalb der Elektromobilität im Mittelfeld (82 von 202), wenn die derzeitigen¹⁰ Zulassungszahlen von BEV als Referenzpunkt angenommen werden. Bei dem Verhältnis von E-PKW pro 1000 Einwohner verschlechtert sich die Position auf die unteren 12% (178 von 202). Hierbei besitzen im Schnitt nur 2,4 von 10.000 Personen tatsächlich ein BEV. Tabelle 2 gibt einen weiter umfassenden Vergleich der BEV-Verteilung innerhalb Deutschlands an. Zur besseren Einordnung des Erzgebirgskreises wurden vergleichbare Landkreise identifiziert, welche in Fläche, Einwohner und PKW-Bestand ähnlich sind.

⁸ Vgl. Springer Professional 2018

⁹ Vgl. European Alternative Fuels Observatory (eafo) 2018

¹⁰ Stand Januar 2018

Tabelle 2: BEV-Verteilung ausgewählter Landkreise, Bundesland und Land¹¹

Bezugsgebiet	Fläche (in km ²)	Einwohner	Pkw Bestand	E-Pkw	E-PKW (pro 10.000 Einwohner)	e-PKW Anteil (in %)
Erzgebirgskreis	1.823	347.665	201.611	83	2,4	0,04
Göttingen	1.753	329.538	180.125	146	4,4	0,08
Emsland	2.882	319.488	192.441	110	3,4	0,06
Sachsen	18.416	4.084.851	2.135.861	1.501	3,7	0,07
Deutschland	357.386	82.175.684	46.455.196	53.820	6,5	0,12

Die Elektromobilitätspenetration im Erzgebirgskreis liegt unter vergleichbaren Landkreisen sowie im bundesweiten Vergleich weit unter dem Durchschnitt. Ein Konzept für die Stärkung der Elektromobilität ist somit dringend notwendig.

Externe Effekte E-PKW

Verkehrslärm ist eine Belastung für den Menschen. Zwar sehen sich insbesondere Großstädte mit einer übermäßigen Verkehrsbelastung konfrontiert. Dennoch wirkt sich der Verkehrslärm auch in kleineren Städten und ländlichen negativ auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung aus. Elektrofahrzeuge ermöglichen eine wahrgenommene Lärmreduktion von 20 - 40 % im Vergleich zu konventionellen PKW. Dies ergibt sich vorrangig durch das geräuschlose Starten des Elektromotors, sowie ein geringeres Motorengeräusch bei der Beschleunigung und bei niedrigen Geschwindigkeiten bis ca. 30 km/h. Daraus ergibt sich insbesondere in Wohngebieten ein Vorteil für die Bevölkerung. Die Geräuschbelastung oberhalb dieser Geschwindigkeitsgrenze, die sich aus dem Zusammenspiel von Reifen und Fahrbahn ergeben (Rollgeräusche), weisen zwischen Elektro-PKW und konventionellen PKW keine Unterschiede auf.

Deutlichere Unterschiede ergeben sich beim Einsatz von elektrischen Nutzfahrzeugen, bspw. Bussen, Liefer- oder Müllfahrzeugen. Gleiches gilt für Mopeds und Motorräder.

Ein relevanter Aspekt bei der Betrachtung der gesundheitlichen Auswirkungen des MIVs sind die verursachten klimarelevanten Treibhausgase, im Verkehrssektor insbesondere Kohlenstoffdioxid (CO₂). Hinzu kommen Stickoxide (NO_x) und Feinstaub. Der lokale Ausstoß dieser Schadstoffe durch konventionell betriebene PKW belastet die Luft und somit die Lebensqualität und Gesundheit der Bewohner. Im Gegensatz zu konventionellen Fahrzeugen, fahren Elektrofahrzeuge lokal emissionsfrei und stoßen keine der genannten Schadstoffe aus. In Gebieten mit erhöhtem Verkehrsaufkommen tragen sie damit deutlich zur Verbesserung der Luftqualität bei.

Um ein vollständiges Bild generieren zu können, müssen bei der Analyse der Umweltwirkung von Elektro-PKW auch alle weiteren Schadstoffemissionen, die über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeuges in sämtliche Prozessschritten anfallen, berücksichtigt werden. Insbesondere die Herkunft des verwendeten Stroms spielt dabei eine entscheidende Rolle. Unter Verwendung des europäischen bzw. deutschen Strommix sowie von regenerativ erzeugtem Strom, haben Elektro-PKW bereits heute über den ganzen Lebenszyklus hinweg in Hinblick auf die Treibhausgas-Emissionen eine bessere Bilanz als konventionelle PKW (vgl. Abbildung 4). Bei Stickoxiden schneiden sie deutlich besser ab, insbesondere im Vergleich zum Diesel-PKW. Der Feinstaubwert ist durch den erhöhten Aufwand bei der Batterieproduktion bei Elektrofahrzeugen höher. Hinzu kommen die Feinstaubemissionen, die durch Aufwirbelung und Abrieb im Betrieb der Fahrzeuge entstehen. Diese unterscheiden sich nicht von denen der konventionellen Fahrzeuge.

¹¹ Stand Januar 2018

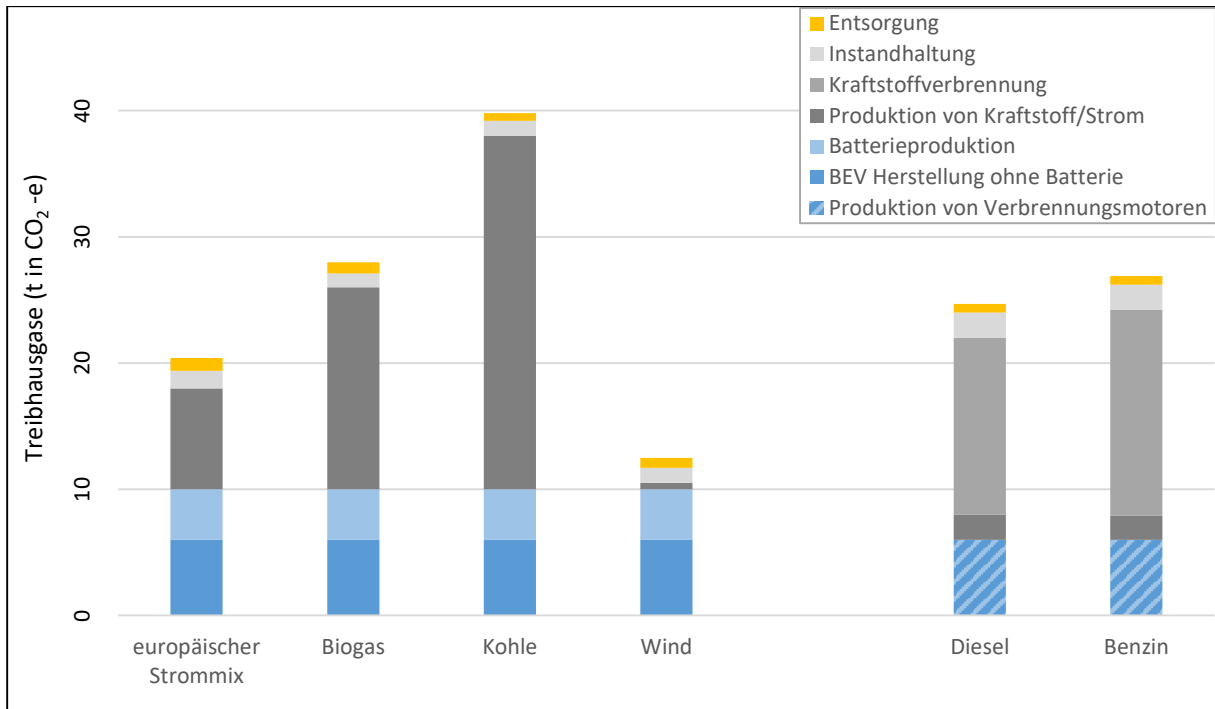


Abbildung 4: Klimabilanz von batterieelektrischen Pkw der Kompaktklasse (24 kWh Batterie) bei durchschnittlicher Nutzung (150 000 km Laufleistung) verglichen mit konventionellen Neufahrzeugen

3 Gesamtüberblick und Status Quo in Stollberg

3.1 Strukturdaten

Das sächsische Mittelzentrum Stollberg liegt am nördlichen Rand des Erzgebirges, im Erzgebirgskreis. Als Tor der Mittelgebirgsregion grenzt die Stadt im Nordwesten an das erzgebirgische Becken, während sich in südöstlicher Richtung das mittlere Erzgebirge erstreckt. In Stollberg wohnen 11 269¹² Einwohner.

In der Stadt haben sich Unternehmen vielfältiger Branchen angesiedelt, für die Stollberg einen attraktiven Standort im Zentrum der Wirtschaftsregion Chemnitz-Zwickau darstellt. Die Gemeinde zählt 383¹³ Betriebe und rund 4 000¹⁴ sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Knapp 40 % der Unternehmen sind im produzierenden Gewerbe tätig. Weitere 29 % arbeiten im öffentlichen oder privaten Dienstleistungsbereich. Rund 16 % können den Wirtschaftszweigen Handel, Verkehr und Gastgewerbe zugeordnet werden. Die restlichen ca. 15 % verteilen sich auf die Land- und Forstwirtschaft, die Fischerei und Unternehmensdienstleistungen.¹⁵

Die Unternehmenslandschaft in Stollberg wird von Spezialmaschinenbau, der Metallverarbeitung und -bearbeitung, der Automobilindustrie, der Forschungs- und Entwicklungsindustrie, der Medizintechnik sowie dem High-Tech-Bereich geprägt. Viele der in diesen Branchen tätigen Firmen sind nahe dem Gewerbepark an der A72 angesiedelt. Im Zentrum der Kleinstadt haben sich Einzelhandelsgeschäfte und Lebensmittelmärkte niedergelassen, die Waren des täglichen Bedarfs anbieten. Die Arbeitslosenquote in Stollberg von 3,6 %¹⁶ fällt im Vergleich zum Landkreis um 0,7 % niedriger aus. Auch im Bundeslandvergleich (4,9 %) und im ostdeutschen Vergleich (6,4%) liegt die Quote deutlich niedriger.¹⁷

Mit der Modernisierung des innerstädtischen Wohnraums und der öffentlichen Infrastruktur konnte die Lebensqualität in Stollberg gesteigert werden. Eine Sanierung von Wohnungen wirkte zusätzlich dem Wohnungsleerstand entgegen. Der Bau weiterer Wohngebiete zeugt vom Potential, welches Investoren in der Stadt sehen. Neben den zahlreichen Unternehmen, die in Stollberg ihren Firmensitz haben, ist auch das Angebot an Bildungseinrichtungen gut aufgestellt. Es existieren drei Grundschulen, eine Mittelschule und ein Gymnasium, die in den letzten Jahren ebenfalls modernisiert wurden.

Die infrastrukturelle Anbindung von Stollberg an die nächst größeren Städte ist gut ausgebaut. Über die Bundesautobahnen A72, A4 sowie die Bundesstraßen B169, B93, B180, B173 und B95 ist eine schnelle straßengebundene Verbindung abgedeckt. Für Stollberg ist das 20 km entfernte Oberzentrum Chemnitz ein bedeutender Bezugspunkt im Bereich Mobilitätsentwicklungen und stellt auch einen der größten Pendlerströme dar.

Mit einem dichten Netz aus Wander- und Radwegen sowie der Möglichkeit, Wintersport zu betreiben, bietet die Stadt ein aktives Freizeitprogramm für Touristen. 3 635 Gäste besuchten die erzgebirgische Stadt im Jahr 2016 und verbrachten durchschnittlich 1,7 Nächte vor Ort.¹⁸

Die Altersstruktur der in Stollberg lebenden Bevölkerung setzte sich Ende 2015 aus 14,8 % der Null bis 20-Jährigen, 57,1 % der 21 bis 65-Jährigen und 28,0 % an Personen, die über 65 Jahre waren, zusammen¹⁹. Die ältere Bevölkerung nimmt einen immer größer werdenden Anteil an der Gesamtbevölkerung ein. Die Bevölkerungsentwicklung wird sich bis 2035 mit der prognostizierten

12 Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2018, Stand: 31.03.2018

13 Vgl. Bundesagentur für Arbeit, Stand: 30.06.2017

14 Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2017a

15 Vgl. ebd.

16 Vgl. Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2018a, Stand: Oktober 2018

17 Vgl. Statistik der Bundesagentur für Arbeit 2018b, Stand: Oktober 2018

18 Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2017b

19 Vgl. Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen 2016

Bevölkerungsentwicklung von bis zu -16,1 %²⁰ weiter zuspitzen. Dieser Wert kann durch höhere Zuwanderung reduziert werden.

3.2 Mobilität und Versorgung

Mobilität als Grundbedürfnis ist der Wunsch nach Fortbewegung mit einem konkreten Ziel. Der Arbeitsweg, der Einkauf im Lebensmittelgeschäft oder der Besuch bei Freunden sind typische tägliche Wegstrecken. Dieses Mobilitätsbedürfnis ist ortsunabhängig. Die folgenden Unterkapitel bilden die in Stollberg existierenden Mobilitätsangebote ab und stellen das Mobilitätsverhalten anhand der Auswertung von Pendlerverflechtungen dar.

3.2.1 Mobilitätsangebote

Wie in vielen ländlichen Regionen, nimmt der private PKW auch in Stollberg und den zugehörigen Ortsteilen einen hohen Stellenwert ein. Die Analyse der bestehenden individuellen und öffentlichen Mobilitätsangebote in der Gemeinde ermöglicht es, die aktuelle Situation abzubilden, die die Grundlage für alle weiteren Überlegungen darstellt. Neben dem Individualverkehr bestehen weitere Verkehrsangebote in Form von Stadt- und Regionalbussen, sowie eine schienengebundene Anbindung. Möglichkeiten für Radfahrer bestehen ebenfalls.

Motorisierter Individualverkehr

In Stollberg sind 6 599²¹ PKW zugelassen, davon 721 auf gewerbliche Halter und 5 834 PKW im privaten Besitz. Dies entspricht 580 PKW je 1 000 EW und liegt damit deutlich über dem bundesdeutschen Schnitt von 565 PKW pro 1 000 EW²². Die Entwicklung des PKW-Bestandes im Erzgebirgskreis zwischen 2009 und 2018 ist mit -1,1 % leicht abnehmend. Aufgrund des zeitgleichen Bevölkerungsrückganges um -11,2 % ist der Motorisierungsgrad dennoch leicht angestiegen.

Zu Beginn des Jahres 2018 waren 157 elektrifizierte PKW (E-PKW) in der Region zugelassen, was einem E-PKW-Anteil am gesamten PKW-Bestand von 0,08 % entspricht und deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 0,21 % liegt.

ÖPNV

Die Regionalverkehr Erzgebirge GmbH (RVE GmbH) betreibt sowohl die Stadtbuslinien, als auch die Regionalbusse in und um Stollberg. Dabei trägt der RVE zu einer Beförderungsleistung von jährlich 17,5 Mio. Fahrgästen im Linienbetrieb in den Landkreisen Zwickau, Erzgebirgskreis und Chemnitz bei.

Den innerstädtischen Verkehr Stollbergs gewährleistet die Stadtbuslinie STL an Werktagen. Die Regionalbuslinien 260 und 261 binden die Innenstadt Stollbergs an weitere angrenzende Gemeinden an. Dabei verkehren sie sowohl werktags, als auch am Wochenende und Feiertagen. Mit fünf (Bus 261) bzw. sieben (Bus 260) Haltestellen innerhalb Stollbergs, die im 2-Stunden-Takt bedient werden, stellen sie das Mobilitätsangebot am Wochenende sicher.

Der zeitliche Bedienrahmen der Linienfahrten deckt klassische Fahrzeiten von Arbeitswegpendlern ab. Die Angaben der Haltestellenanzahl in Tabelle 3 kann aufgrund der teils unterschiedlichen Linienverläufe auf Hin- und Rückfahrt oder Werktags und am Wochenende variieren. Ähnlich verhält es sich mit der täglichen Bedienungshäufigkeit. Abbildung 5 veranschaulicht die Linienverläufe sowie die meisten Haltestellen der drei Buslinien. Es ist erkennbar, dass auf einigen Streckenabschnitten zwei oder teilweise auch alle drei Linien verlaufen.

20 Vgl. ebd.

21 Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2018b, Stand: 01.01.2018

22 Vgl. Statistisches Bundesamt 2017

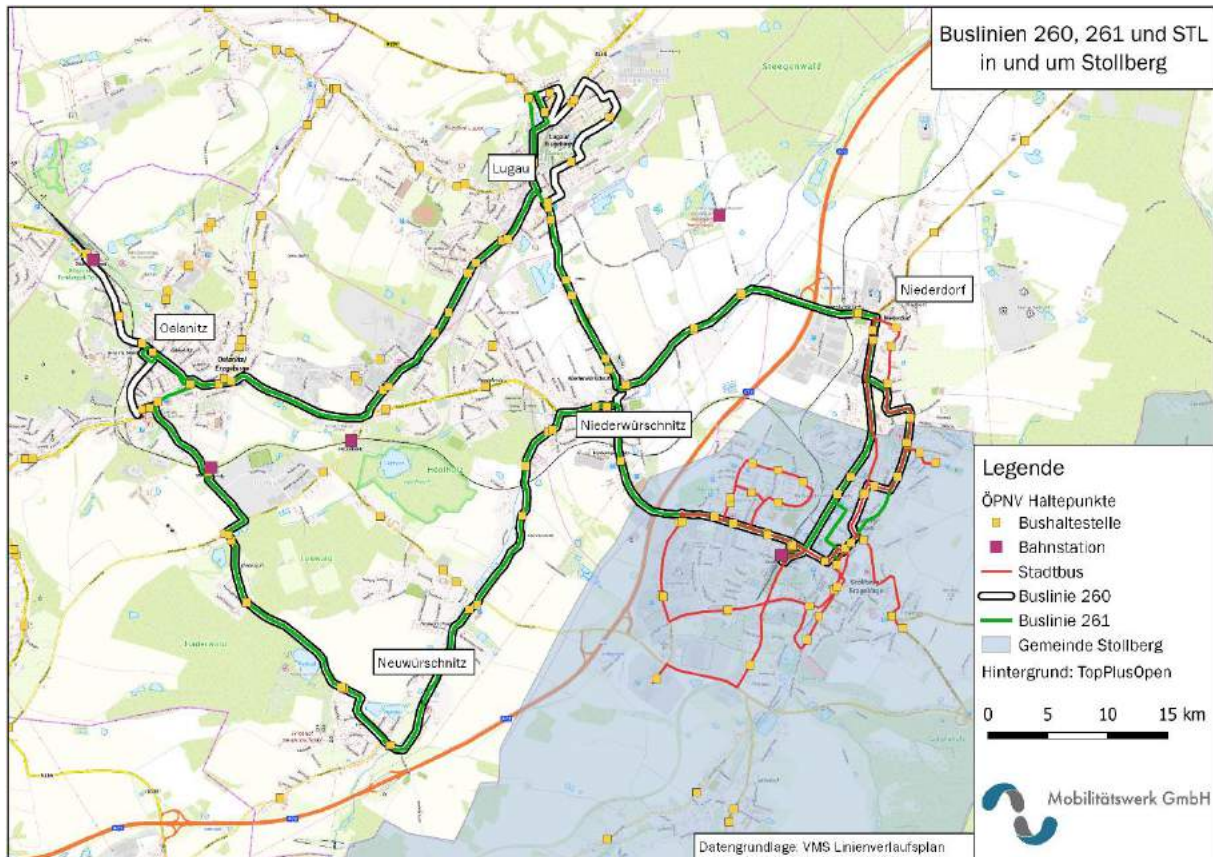


Abbildung 5: Buslinien 260, 261 und STL in und um Stollberg

In Tabelle 3 sind die in Stollberg und den dazugehörigen Ortsteilen verkehrenden Buslinien dargestellt. Die Taktangaben gelten als Richtwert. Falls ein Taktmuster erkennbar ist, ist dieses angegeben, andernfalls wurde der Wert frei gelassen. Die Fahrpläne sind im Allgemeinen oftmals so gestaltet, dass zu Pendlerspitzen und in der Mittagszeit die Taktung enger ausfällt. Wenige Abweichungen vom sonst regelmäßigen Takt sind nicht in der Tabelle erfasst. Die Bedienzeiten geben die Startzeit des ersten und des letzten Umlaufes der jeweils ersten Haltestelle des Ortsteils, unabhängig der Fahrtrichtung, an.

Tabelle 3: Übersicht der Buslinien innerhalb der Ortsteile Stollbergs

Ortsteil	Stadtbus (STL)/ Regionalbus (R) (mit Haltestellenanzahl)	Takt/ tägliche Bedienhäufigkeit	Bedienzeit	Distanz zum nächsten Versorgungspunkt
Innenstadt Stollberg	STL1/2 (45)	Mo-Fr: ca.1h/ 19	06:30 - 19:22	< 1 km im Ø zu mehreren Lebensmittelmärkten
	R 260 (3-7)	Mo-Fr: 0,5h & 1h/ 23	05:04 - 19:26	
		WE: 2h/ 8	WE: 07:24 - 19:24	
	R 261 (3-5)	Mo-Fr: 1h/ 18	05:26 - 19:26	
		WE: 2h/ 6	WE: 08:24 - 18:24	
	R 194 (3-4)	Mo-Fr: / 3-13	5:47 - 17:06	
	R 190 (3)	Mo-Fr: 0,5h & 1h/ 23	05:10 - 21:02	
		WE: 2h/ 4-5	WE: 08:34 - 18:08	
	R 380 (2)	Mo-Fr: 1h/ 16	05:47 20:30	
		WE: 2h/ 7	WE: 08:14 - 20:35	
R 413 (2)	Mo-Fr: / 2-3	07:29 -15:39		
	Weitere Buslinien: 184, 193, 198, 199			
Hoheneck	R 190 (1)	Mo-Fr: 0,5h & 1h/ 23	05:15 - 19:35	1,4 km (Netto)
		WE: 2h/ 4-5	WE: 08:39 - 16:39	
	R 184 (1)	Mo - Fr: / 6-7	06:05 - 18:36	
Oberdorf	R 194 (4)	Mo-Fr: / 10	05:56 - 16:56	5 km (Kaufland)
Gablenz	R 194 (3-5)	Mo-Fr: / 1-4	06:50 - 16:01	4,4 km (Kaufland)
	R 380 (2)	Mo-Fr: 1h/ 16	05:41 - 20:36	
		WE: 2h/ 7	WE: 08:07 - 20:41	
R 413 (2)	Mo-Fr: / 1-2	07:22 - 15:32		
Mitteldorf	R 194 (3)	Mo-Fr: /2-11	05:53 - 17:01	2,8 km (Kaufland)
	R 380 (1)	Mo-Fr: 1h/ 16	05:45 - 20:34	
		WE: 2h / 7	WE: 08:12 - 20:39	
R 413 (1)	Mo-Fr: / 1-2	07:27 - 15:59		
Beutha	R 194 (3-4)	Mo-Fr: / 10	06:02 - 16:53	4,6km (Edeka)
Raum	R 194 (2)	Mo-Fr: / 6-9	06:05 - 16:50	3,6 km (Netto)

Wie in Abbildung 6 ersichtlich, werden bis auf Hoheneck die zur Gemeinde Stollberg gehörenden Ortsteile durch die Linie 194 an das Stadtzentrum angebunden. Die Anzahl der Stopps an den Haltepunkten variiert jedoch. Stollberg, Oberdorf, Mitteldorf und Beutha werden mindestens zehnmal und Raum mindestens neunmal täglich in der Route integriert. Über Gablenz fährt die Linie 194 nur viermal täglich. Die im Stadtzentrum liegende Haltestelle Altstadtschule wird nur dreimal täglich bedient, während an den anderen in Stollberg liegenden Haltepunkten dieser Linie bis zu 13-mal gestoppt wird.

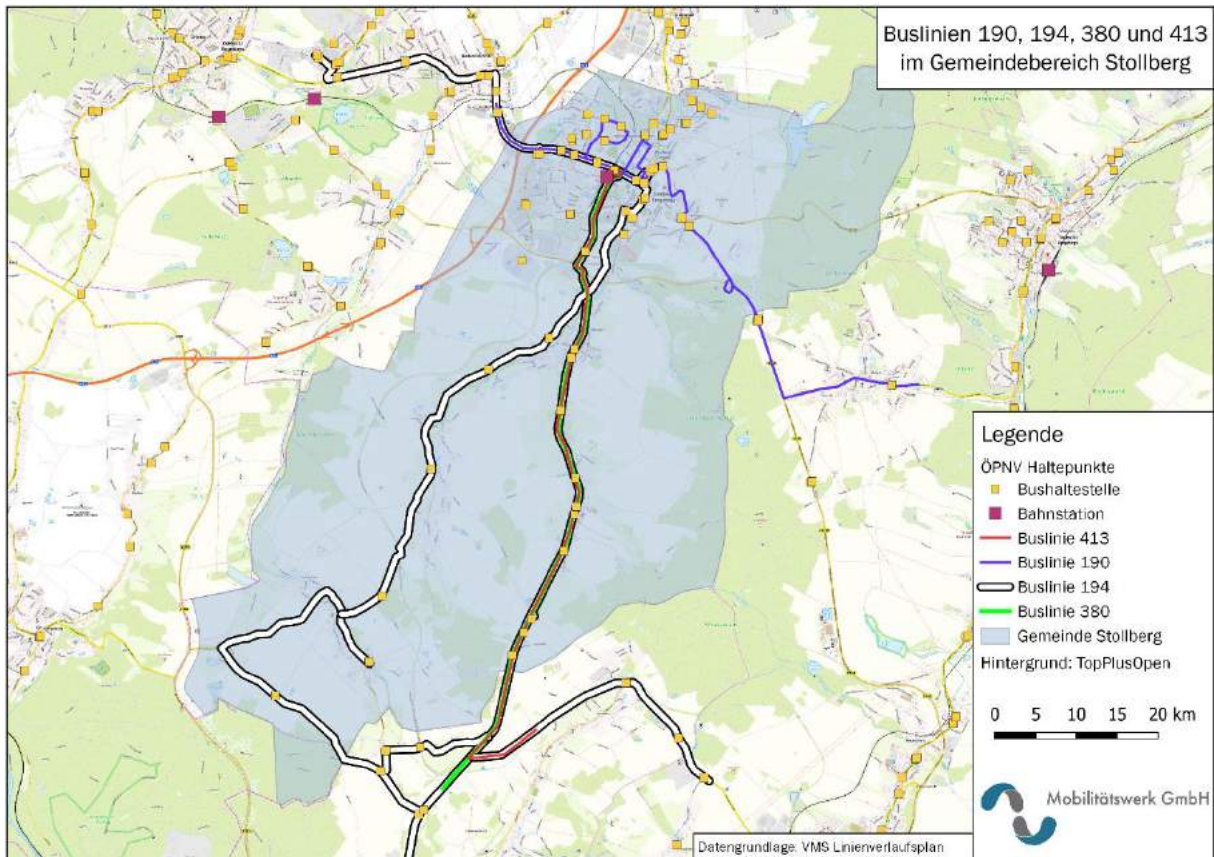


Abbildung 6: Buslinien 190, 194, 380 und 413 im Gemeindebereich Stollberg

Gablenz und Mitteldorf werden zusätzlich durch die Linien 380 und 413 bedient. Die Linie 380 fährt stündlich kurz vor 6 Uhr beginnend bis 20:30 Uhr werktags. Am Wochenende ist der Takt auf zwei Stunden ausgeweitet und der Linienbetrieb startet gegen 8 Uhr. Für die zwei Ortschaften ist die Linie 380 somit eine wichtige Verkehrsanbindung an Stollberg.

Die Buslinien 184, 193, 198 und 199 sind weitere Verbindungen, die Stollberg mit den umliegenden Ortsteilen verbinden, dabei aber nur wenige Haltepunkte innerhalb Stollbergs passieren. Abbildung 7 zeigt diese überregionalen Buslinien. Für Touristen sind zudem die Linien 190 und 184 von Bedeutung. Sie verbinden den Bahnhof Stollberg mit dem Ausflugsziel Schloss Hoheneck sechsmal täglich in beide Richtungen.

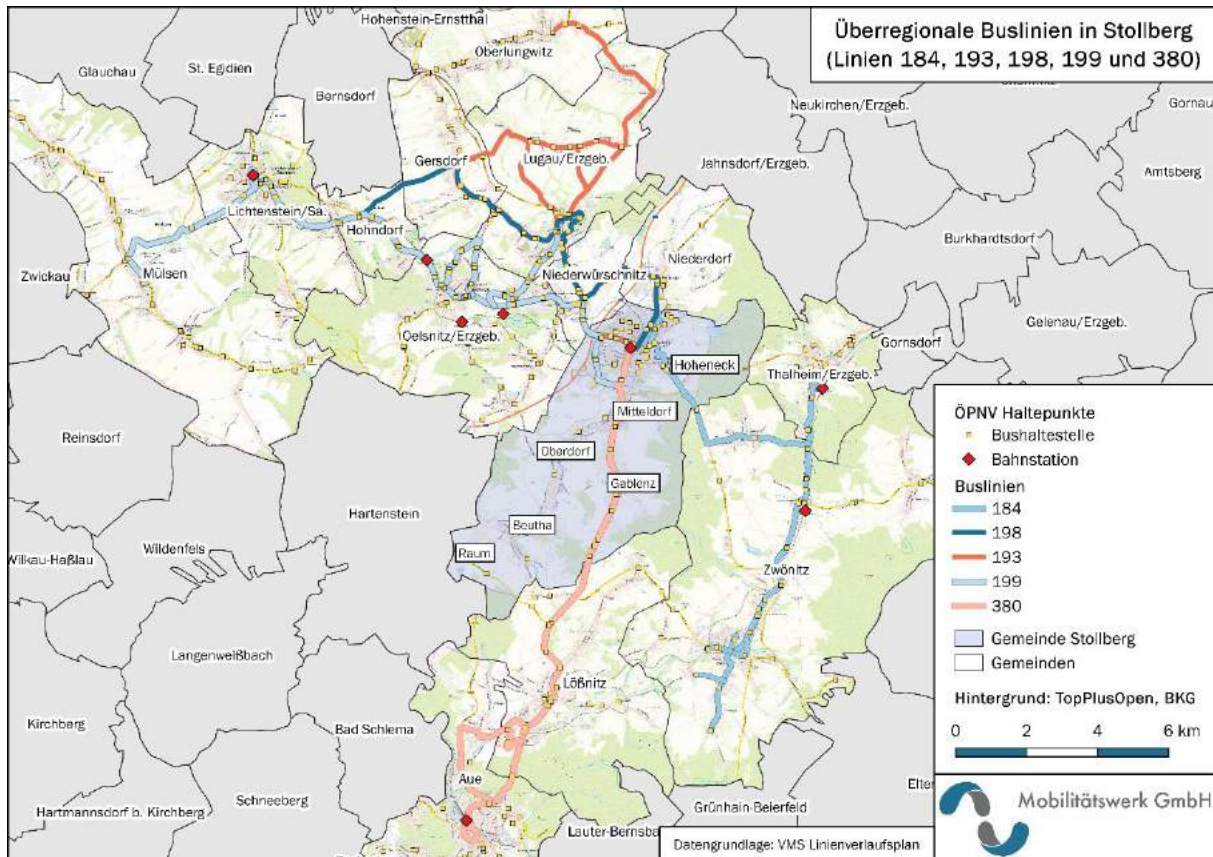


Abbildung 7: Überregionale Buslinien in Stollberg (Linien 184, 193, 198, 199, 380)

Insgesamt fahren elf Buslinien täglich ab dem Bahnhof, abgestimmt auf den Fahrplan der City-Bahn. Die Abfahrten belaufen sich insgesamt auf 129 Bus- und 33 Bahnabfahrten pro Wochentag. Die ersten Abfahrten finden 5:10 Uhr statt, die letzte Fahrt abends 20:30 Uhr. Damit besteht eine gute Abdeckung während werktäglicher Arbeitszeiten. In den frühen Morgen- und späten Nachtstunden sind jedoch keine öffentlichen Verkehrsangebote verfügbar.

SPNV

Die City Bahn Chemnitz GmbH bindet Stollberg mit zwei Bahnstrecken an Chemnitz und Glauchau an. Über die Linie C11 erfolgt der Transfer zwischen Stollberg und Chemnitz innerhalb von rund 45 Minuten. 5:02 Uhr fährt die erste Bahn nach Chemnitz und erreicht den Hauptbahnhof als Endhaltestelle 5:44 Uhr. In entgegengesetzter Fahrrichtung sieht es ähnlich aus. Die erste Fahrt ab Chemnitz startet 5:02 Uhr und ist 5:47 Uhr in Stollberg. Die letzte Fahrt startet 23:34 Uhr und erreicht Stollberg um 0:21 Uhr. Die halbstündliche Taktung wird in den Abendstunden durch einen Stundentakt abgelöst.

Die Linie 523 verkehrt zwischen Stollberg, Oelsnitz, Lichtenstein, St. Egidien und endet in Glauchau. Wochentags startet die erste Fahrt 5:21 Uhr und die letzte 19:23 Uhr. Die 30-minütige Fahrt bis Glauchau wird stündlich angeboten. Am Wochenende kann diese Verbindung ab 07:23 Uhr im 2-Stunden-Takt genutzt werden. Für die Streckenrichtung Glauchau – Stollberg liegt ein ähnliches Fahrplanbild vor.

Das Bahnhofsgelände in Stollberg verfügt über PKW Stellplätze und Fahrradstellplätze. Stellplätze für Elektrofahrräder sind nicht vorhanden.

Fahrrad

Das Radwegenetz in Stollberg und Umgebung ist in Abbildung 8 dargestellt. Die einzige Strecke, die im Gemeindegebiet als Radweg markiert ist, ist die lokale Radroute Eisenweg. Sie durchquert die Innenstadt Stollbergs.

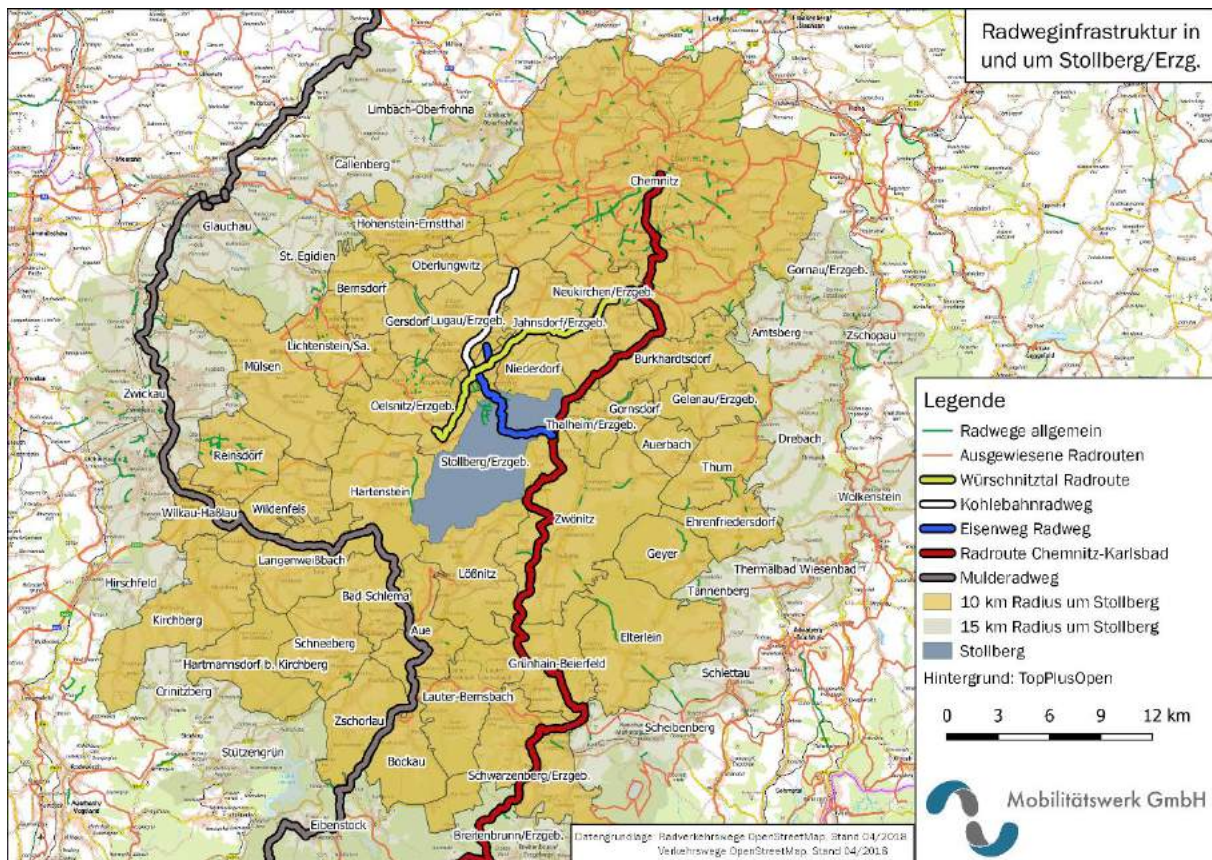


Abbildung 8: Radwegeninfrastruktur in und um Stollberg

In der näheren Umgebung verlaufen einige größere Radwege, auf denen Radtouristen Ausflugstouren unternehmen können. Zu diesen gehören die Strecken Chemnitz – Karlsbad, die Würschnitztal Radroute und der Mulderadweg. Zudem gibt es noch Radrundwege, wie den Panoramarundweg. Dieser führt um die Ortschaft Lichtenstein, nordwestlich von Stollberg und ist innerhalb des 10 km Radius gelegen. Die Klaus-Neukirchner-Runde östlich von Stollberg ist überwiegend für Mountainbiker ausgelegt und verläuft im Umfeld der Ortschaft Zwönitz. Weitere kürzere Radabschnitte im näheren Umkreis existieren, stellen jedoch keine durchgängigen Radwege nach Stollberg dar.

Die Kreis- und Bundesstraßen, die die Ortsteile Stollbergs miteinander verbinden, verfügen über keinen separaten Radstreifen oder parallel verlaufenden Radweg. Dieser Zustand erschwert die Nutzung von Fahrrädern als Verkehrsmittel. Auf den für Pendlern wichtigen Straßen, sowie touristisch ansprechenden Wegen, würde ein Ausbau der Radinfrastruktur die Akzeptanz für dieses Fortbewegungsmittel steigern.

3.2.2 Pendlerverkehr

Der Pendlerverkehr spielt in Stollberg eine relevante Rolle. Regelmäßig pendeln mehrere tausend Menschen in die Stadt hinein oder heraus. Eine Auswertung dieser Pendlerverflechtungen ist aus verkehrspolitischen sowie -planerischen Gründen wichtig. Daraus können Schlussfolgerungen bezüglich des Arbeitsmarktes, der Trennung von Wohn- und Arbeitsort, der Verkehrsbelastung sowie der Verkehrsnachfrage und der damit direkt zusammenhängenden benötigten Infrastruktur gezo-

gen werden. Anschließend ist es möglich, potentielle Maßnahmen zur Verkehrsentslastung zu ermitteln und gezielt zu ergreifen. Ein bedarfsgerechter Ausbau von Ladeinfrastruktur kann so ebenfalls vorangetrieben werden.

Stollberg verfügt mit 4 696 Einpendlern und 2 802 Auspendlern über einen positiven Pendlersaldo von +1 894. Zur Einordnung der Pendlerquoten sind in Tabelle 4 umliegende Städte mit Ein- und Auspendlerquoten aufgeführt. Im Vergleich weist Stollberg die höchste Einpendlerquote auf. Die Auspendlerquote liegt deutlich über den Quoten von Chemnitz und Zwickau. Hohe Pendlerquoten sind typisch für ländlich gelegene Gemeinden und Kreisstädte, wohingegen in Großstädten meist deutlich geringere Pendlerquoten vorhanden sind.

Tabelle 4: Vergleich von Ein- und Auspendlerquoten ausgewählter umliegender Gemeinden²³

	Stollberg	Chemnitz	Zwickau	Oelsnitz
Beschäftigte am Arbeitsort	5 982	112 011	52 754	3 098
Davon Einwohner	1 286	61 976	22 468	832
Davon Einpendler	4 696	50 035	30 286	2 266
Einpendlerquote	78,5%	44,67%	57,41%	73,14%
Beschäftigte am Wohnort	4 086	88 160	35 460	4 063
Davon Einwohner	1 284	61 963	22 462	930
Davon Auspendler	2 802	26 197	12 998	3 133
Auspendlerquote	68,58%	29,72%	36,66%	77,11%

Sowohl die Ein- als auch die Auspendler Stollbergs legen vorrangig Strecken bis zu 10 km²⁴ für den einfachen Arbeitsweg zurück (vgl. Abbildung 9). Etwa 70 % der Einpendler und 50 % der Auspendler absolvieren somit täglich bis zu 20 km für den Weg zur Arbeit und zurück. Ca.: 25 % bzw. 40 % müssen zwischen > 10 und 20 km für die einfache bzw. zwischen > 20 bis 40 km täglich zurücklegen. Längere Wege werden in beiden Gruppen nur in geringem Maße absolviert. Die durchschnittliche Fahrtstrecke der Einpendler beträgt rund 15 km, die der Auspendler ca. 19 km.

Die sich daraus ergebenden CO₂-Emissionen liegen für alle Pendler nach und von Stollberg zwischen 30 und 50 Tonnen täglich.

²³ Vgl. Bundesagentur für Arbeit 2017
²⁴ Luftlinie plus Umwegfaktor von 1,2

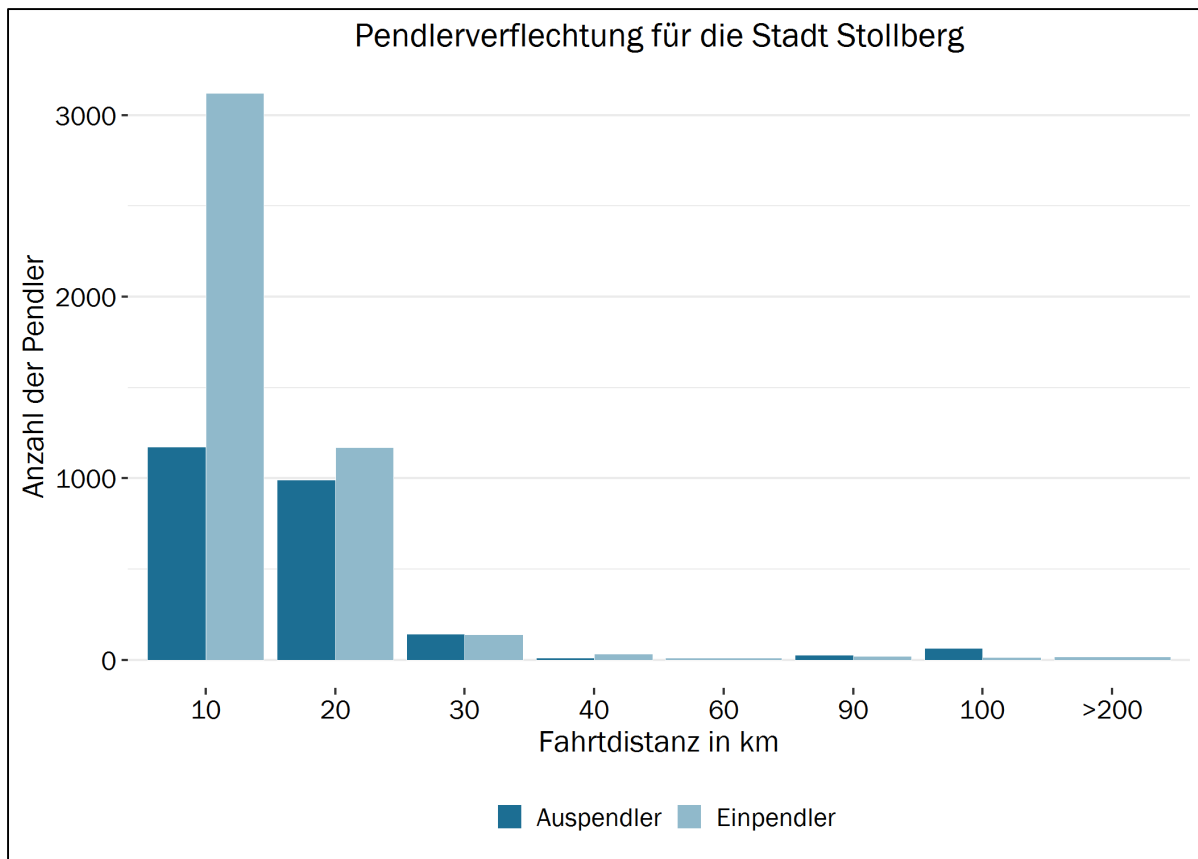


Abbildung 9: Häufigkeit zurückgelegter Distanzen im Pendlerverkehr

Die Städte und Gemeinden mit den höchsten Einpenderzahlen liegen maximal 20 km und 21 Autominuten entfernt zum Zielgebiet. Dabei profitiert vor allem Chemnitz von der sehr guten schienegebundenen Verkehrsanbindung durch die City Bahn. Gemeinden mit unzureichender ÖPNV-Erschließung weisen eine deutlich längere Fahrtzeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln auf, lassen sich jedoch in den meisten Fällen mit dem PKW zügig erreichen.

Die meisten Einpender kommen aus der Stadt Chemnitz (570 Personen), gefolgt von Oelsnitz und Lugau mit 518 bzw. 411 Einpendlern. Tabelle 5 listet, neben den drei größten Einpender-Gemeinden, 12 weitere Gemeinden und Städte absteigend nach der Anzahl an einpendelnden Personen auf. Leipzig, Berlin und Dresden folgen nicht dem Aufzählungsverlauf, sondern sind aufgrund ihrer Stadtgröße aufgeführt. Eine Betrachtung der Einpender nach Landkreisen verdeutlicht, dass die meisten Einpender aus dem Erzgebirgskreis (3 369) und Zwickau (634) kommen, gefolgt von Chemnitz an dritter Stelle.

Tabelle 5: Einpendler in die Gemeinde Stollberg²⁵

Gemeinde	Einpendler	Kreis	Entfernung	Verkehrsmittel (Zeit)
Chemnitz, Stadt	570	Chemnitz, kreisfreie Stadt	20 km	Auto (21 min) / Bahn (42 min)
Oelsnitz, Stadt	518	Erzgebirgskreis	7 km	Auto (12 min) / Bahn (13 min)
Lugau, Stadt	411	Erzgebirgskreis	6 km	Auto (9 min) / Bahn, Bus (27 min)
Zwönitz, Stadt	395	Erzgebirgskreis	13 km	Auto (14 min) / Bus (39 min)
Thalheim, Stadt	360	Erzgebirgskreis	7 km	Auto (10 min) / Bahn (26 min)
Niederwürschnitz	194	Erzgebirgskreis	2,5 km	Auto (5 min) / Bahn (4 min)
Lößnitz, Stadt	138	Erzgebirgskreis	12 km	Auto (15 min) / Bahn (18 min)
Burkhardtsdorf	131	Erzgebirgskreis	13 km	Auto (19 min) / Bahn (38 min)
Niederdorf	122	Erzgebirgskreis	2 km	Auto (4 min) / Bahn (3 min)
Jahnsdorf	110	Erzgebirgskreis	9 km	Auto (13 min) / Bahn (11 min)
Hohndorf	108	Erzgebirgskreis	11 km	Auto (17 min) / Bahn (17 min)
Zwickau, Stadt	91	Zwickau	26 km	Auto (28 min) / Bahn (1 h, 10 min)
Leipzig, Stadt	22	Leipzig, kreisfreie Stadt	93 km	Auto (1 h, 13 min) / Bahn (1 h, 57 min)
Berlin, Stadt	16	Berlin, kreisfreie Stadt	278 km	Auto (2 h, 56 min) / Bahn (4 h, 3 min)
Dresden, Stadt	14	Erzgebirgskreis	98 km	Auto (1 h, 1 min) / Bahn (1 h, 55 min)

632 Einwohner Stollbergs pendeln zum Arbeiten nach Chemnitz. Mit großem Abstand folgen die Städte Oelsnitz mit 229 und Zwickau mit 156 Auspendlern. In der folgenden Tabelle 6 sind die Gemeinden in absteigender Reihenfolge aufgeführt, die die meisten Auspendler von Stollberg aufweisen. Leipzig ist mit 26 Auspendlern aus Stollberg als Vergleichswert zu verstehen und folgt nicht der Sortierung. Die meisten Personen (1 318) pendeln innerhalb des Erzgebirgskreises, gefolgt von Chemnitz und Zwickau (464).

²⁵ Vgl. Bundesagentur für Arbeit 2017

Tabelle 6: Auspendler aus der Gemeinde Stollberg²⁶

Gemeinde	Auspendler	Kreis	Entfernung	Verkehrsmittel (Zeit)
Chemnitz, Stadt	632	Chemnitz, kreisfreie Stadt	20 km	Auto (21 min) / Bahn (42 min)
Oelsnitz, Stadt	229	Erzgebirgskreis	7 km	Auto (12 min) / Bahn (13 min)
Zwickau, Stadt	156	Zwickau	26 km	Auto (28 min) / Bahn (1 h, 10 min)
Niederdorf	126	Erzgebirgskreis	2 km	Auto (4 min) / Bahn (3 min)
Jahnsdorf	106	Erzgebirgskreis	9 km	Auto (13 min) / Bahn (11 min)
Lugau, Stadt	104	Erzgebirgskreis	5 km	Auto (9 min) / Bahn, Bus (27 min)
Zwönitz, Stadt	104	Erzgebirgskreis	13 km	Auto (14 min) / Bus (39 min)
Aue, Stadt	100	Erzgebirgskreis	16 km	Auto (20 min) / Bus (31 min)
Niederwürschnitz	84	Erzgebirgskreis	2,5 km	Auto (5 min) / Bahn (4 min)
Annaberg-Buchholz, Stadt	82	Erzgebirgskreis	32 km	Auto (35 min) / Bahn (1 h, 17 min)
Lößnitz, Stadt	69	Erzgebirgskreis	12 km	Auto (15 min) / Bahn (18 min)
Dresden, Stadt	64	Dresden, kreisfreie Stadt	98 km	Auto (1 h, 1 min) / Bahn (1 h, 55 min)
Glauchau, Stadt	55	Zwickau	25 km	Auto (37 min) / Bahn (54 min)
Thalheim, Stadt	48	Erzgebirgskreis	7 km	Auto (10 min) / Bahn (1 h, 17 min)
Neukirchen, Stadt	45	Erzgebirgskreis	11 km	Auto (14 min) / Bahn (24 min)
Limbach-Oberfrohna, Stadt	44	Zwickau	23 km	Auto (24 min) / Bahn (1 h, 50 min)
Leipzig, Stadt	26	Leipzig, kreisfreie Stadt	93 km	Auto (1 h, 13 min) / Bahn (1 h, 57 min)

3.2.3 Versorgungssituation

In allen sechs der zu Stollberg gehörenden Ortsteile gibt es keine nennenswerte Nahversorgung. Die nächsten Einkaufsmärkte befinden sich in der Kernstadt oder in Nachbargemeinden wie Lößnitz oder Hartenstein.

3.2.4 Elektromobilität

In der Stadt Stollberg befinden sich derzeit fünf Ladestationen mit insgesamt acht AC-Ladepunkten (≤ 11 bis 22 kW) und zwei Schnellladepunkten²⁷ (vgl. Abbildung 10). Die mittlere Fahrdistanz zur nächsten Lademöglichkeit beträgt 1,9 km, es zeigt sich jedoch ein starkes Nord-Süd-Gefälle, da sich alle Ladestationen im innerstädtischen Bereich Stollbergs sowie an der Anschlussstelle Stollberg West bzw. im Gewerbegebiet Stollberger Tor befinden. Mit der bestehenden LIS kann derzeit der Ladebedarf an (halb-)öffentlichen Ladestationen gedeckt werden.

²⁶ Vgl. ebd.

²⁷ Lemnet und GoingElectric, Stand: 01.03.2018; OpenStreetMap, Stand: 01.02.2018.

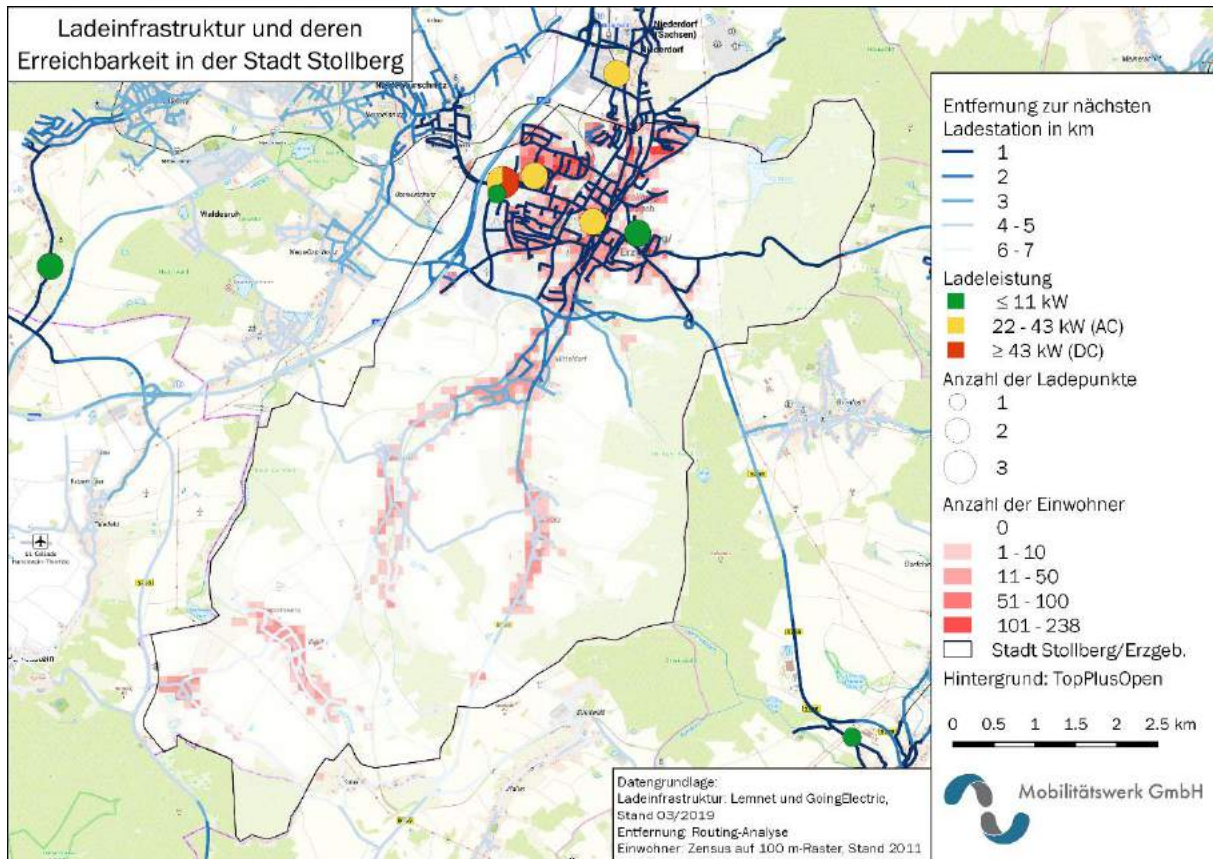


Abbildung 10: LIS und deren Erreichbarkeit in der Stadt Stollberg

Neben den zwei Autohäusern, die Lademöglichkeiten mit 3,7 kW bieten, ist eine weitere Ladestation vor dem Rathaus errichtet. Diese wird ebenso wie der vierte Ladestandort vor dem Kulturzentrum „Das Dürer“ von den VWS Verbundwerken betrieben. Die Ladesäule vor dem Rathaus, an der auch das Carsharing-Fahrzeug von E-Wald seinen Standplatz hat, ist aktuell ungünstig gelegen, da ein weiteres Fahrzeug nur bedingt an der Säule laden kann. Zudem ist die aktuelle Verfügbarkeitsanzeige im Internet für die Ladesäule nicht vorhanden. Weiterhin gibt es einen Schnellladestandort bei der Kfz-Werkstatt A.T.U. mit zwei 50 kW-Ladepunkten (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Ladeinfrastruktur der Stadt Stollberg²⁸

Standort	Max. Ladeleistung in kW	Anzahl Ladepunkte	Betreiber	Verbund
Auer Straße 3	3,7	1	Autohaus Nobis e.K.	NewMotion
Rathaus, Hauptmarkt 1	22	2	VWS Verbundwerke Südwestsachsen GmbH	NewMotion
Zwönitzer Straße 10b	3,7	2	VW Autohaus Illgen	-
Kulturzentrum Das Dürer, Albrecht-Dürer-Straße 85	22	2	VWS Verbundwerke Südwestsachsen GmbH	NewMotion
Hohensteiner Straße 43	50	3	KFZ-Werkstatt A.T.U.	Allego

28 GoingElectric und Lemnet

4 Einsatzpotentiale von Elektrofahrzeugen in gewerblichen und kommunalen Fuhrparks

4.1 Marktüberblick

Die Verfügbarkeit und Anschaffungskosten von E-PKW stellen eine der großen Herausforderungen des Markthochlaufs dar. Einerseits soll eine Attraktivität vorhanden sein, um den Kauf vorzunehmen, andererseits führen geringe Stückzahlen zu hohen Kosten. Nachfolgend soll die Einsatzfähigkeit und Verfügbarkeit von BEVs, mit Fokus auf der Anwendung in kommunalen und gewerblichen Fuhrparks, eruiert werden.

Plug-in-Hybride werden nachfolgend nicht näher betrachtet, da diese bereits gut auf dem Markt verfügbar sind.

Die meisten BEV-Modelle zu Beginn des Jahres 2016 konnten dem Bereich des Kleinst- und Kleinwagensegments, gefolgt von der Kompakt- und Mittelklasse zugeordnet werden.²⁹ Im Jahr 2017 erhöhte sich die Anzahl von Herstellern mit E-PKW Modellen im Angebot auf dem europäischen Markt deutlich, wodurch auch in den Klassen Van und Crossover BEVs verfügbar waren. Fahrzeuge der Oberklasse werden derzeit durch Modelle der Marke Tesla dominiert. Im Bereich der Transporter sind derzeit nur wenige Modelle erhältlich.

Im Jahr 2018 sind mehr als 30 Modelle deutscher Unternehmen auf dem Markt.³⁰ Eine Übersicht über die Modellauswahl einiger Hersteller und deren Bruttolistenpreise kann in Tabelle 52 im Anhang entnommen werden.

Positiv ist die zunehmende Modellvielfalt zu beurteilen, negativ die tatsächliche Marktverfügbarkeit sowie lange Lieferzeiten der Fahrzeuge. Die nachfolgende Tabelle 8 stellt die von Januar bis Juni 2018 am häufigsten zugelassenen E-PKW mit der zu erwartenden Lieferzeit dar. Die Lieferzeiten schwanken zwischen zwei bis zu zwölf Monate. Die Anschaffungskosten von E-PKW sind in etwa 40 – 60 % höher als die eines vergleichbaren Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor.

²⁹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2015
³⁰ Vgl. Kühne, O./Weber, F. (Hrsg.) 2018

Tabelle 8: Übersicht der meistverkauften E-PKW in Deutschland im Zeitraum Januar - Juni 2018

BEV-Modell	Zulassungszahlen 2018 (Jan - Juni)	Ladeleistung und -dauer			Realistische Reichweite	Batteriekapazität	Lieferzeiten Von bis	Preis ab € (brutto)	Sitzplätze
		3,7 kW	22 kW	50 kW					
Renault Zoe Q90	2691	15,5h	2,65h	-	240 km	41 kWh	5-6 Monate	25 490	4
VW e-Golf	2561	7h	5,5h (max 7,2 kW)	45min	180 km	35,8 kWh	5-8 Monate	35 900	5
Smart fortwo electric drive	2333	6 h	0,8h	-	130 km	17,6 kWh	10-12 Monate	21 940	2
Kia Soul EV (Mini-van)	2024	7,5h	4,5h (max. 6,6 kW)	30min	150 km	30 kWh	6 Monate	29 940	5
BMW i3 BEV	1751	7,5h	2,45h (max. 11kW)	40min	150 km	33 kWh	2-4 Monate	37 550	4
Smart forfour electric drive	1569	6h	0,8h	-	130 km	17,6 kWh	10-12 Monate	22 600	4
Nissan Leaf	892	10h	4h	45min	285 km	40 kWh	6-10 Monate	31 950	5
Tesla Model S	856	25h	5h	Supercharger: 36min	450-500 km	100 kWh	4-6 Monate	71 399	5
Hyundai IONIQ Elektro	679	8h	4,5h (max. 6,6kW)	30min	240 km	28 kWh	≤ 12 Monate	31 635	5
VW e-up!	510	6h	6h (max. 3,6 kW)	30 min	119 km	18,7 kWh	5-6 Monate	26 900	4

Es ist davon auszugehen, dass die Fahrzeugtechnologien kontinuierlich durch Forschung und Hersteller weiterentwickelt werden. Die schrittweise Optimierung einzelner Fahrzeugkomponenten und deren Zusammenspiel, verbunden mit einer steilen Lernkurve und der Erzielung von Skaleneffekten, erhöht die Attraktivität der Fahrzeuge, steigert deren Effizienz und reduziert die Kosten. Technologiseitig ist insbesondere eine Elektrofahrzeugarchitektur mit skalierbaren und extrem flexiblen Komponentenbaukästen zu erwarten, welche modellübergreifend einsetzbar sind und sich an die Wünsche der Kunden anpassen lassen. Diese Basisarchitektur eignet sich dann gleichermaßen

für SUVs, Limousinen, Coupés, Cabriolets und weitere Modellreihen. Abbildung 11 stellt die angekündigten Modelle und Relaunchs bis zum Jahr 2020 mit angekündigten Reichweiten gemäß „Neuem Europäischem Fahrzyklus“ (NEFZ) dar.³¹

Bereits für das Jahr 2019 werden eine Reihe neuer BEV erwartet bzw. sind diese bereits auf dem Markt. Dazu zählen beispielsweise der Tesla Model 3, der Audi Q6 e-tron sowie der auf 350 km Reichweite verbesserte Nissan Leaf. Bis 2020 sollen mind. sieben weitere Modelle unterschiedlicher Markenhersteller verfügbar sein.³²

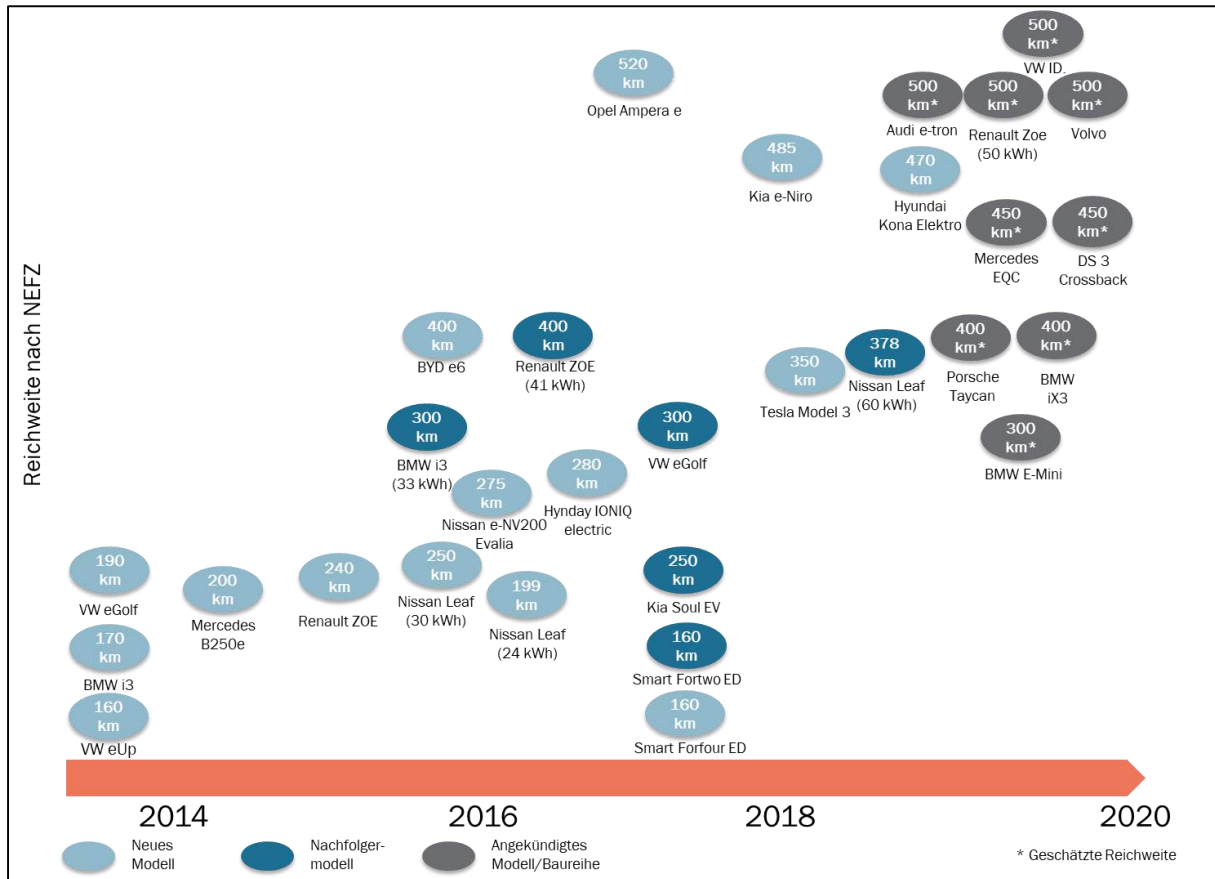


Abbildung 11: Auswahl batterieelektrischer Fahrzeuge in Großserienproduktion bis 2020³³

Mit den angekündigten Modellen werden auch die Reichweiten der Fahrzeuge steigen. Trotz sinkender Preise und des hohen Kostenanteils der Traktionsbatterien am Gesamtfahrzeugpreis, wird erwartet, dass die Kapazitäten je Fahrzeug steigen. Mittelfristig wird auch für die Batterien ein modularer Systembaukasten erwartet, der Fahrzeugreichweiten je nach Anforderung des einzelnen Autokäufers bietet.³⁴

In einer heterogenen Flotte, bestehend aus konventionellen und elektrischen Fahrzeugen, ist eine Verschiebung von häufigen kurzen Strecken auf die E-PKW sinnvoll. Für Fahrten, die die Reichweite der Elektrofahrzeuge übersteigen, sollten, wenn keine Lademöglichkeiten an den Zielen vorhanden sind, hingegen die Verbrennerfahrzeuge eingesetzt werden.

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

32 Vgl. Autobildd.de „Neue Hybrid- und Elektroautos bis 2025“

33 Auswahl auf Grundlage eigener Recherche, eigene Darstellung: Fahrzeugreichweite sind aufsteigend von unten nach oben dargestellt, d. h. je höher ein Fahrzeug in der Grafik eingeordnet ist, desto größer ist die zuzuordnende Fahrzeugreichweite.

34 Vgl. Weiß 2017

4.2 Marktanalyse elektrischer Nutzfahrzeuge

In der derzeitigen Markthochlaufphase gestaltet sich die Verfügbarkeit von elektrischen Nutzfahrzeugen im Vergleich zum PKW-Bereich deutlich verzögert. Dieser Verlauf ist dadurch zu begründen, dass bei Nutzfahrzeugen das zulässige Gesamtgewicht von hoher Bedeutung ist. Werden Nutzfahrzeuge elektrisch betrieben, erhöht der Batterieeinbau das Eigengewicht erheblich. Dies kann dazu führen, dass die erlaubte Zuladung unter Einhaltung der zulässigen Gesamtmasse auf ein Maß sinkt, welches den Betrieb des Fahrzeugs nicht mehr attraktiv oder alltagstauglich gestaltet.

4.2.1 Leichte Nutzfahrzeuge

Dieser Sachverhalt ist besonders bei elektrisch betriebenen Nutzfahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3,5 t relevant. Nach den Vorgaben der 3. EU-Führerscheinrichtlinie wird hierzu eine Fahrerlaubnis der Klasse B benötigt. Bei Überschreitung der Gesamtmasse wird eine Fahrerlaubnis der Klasse C oder C1 erforderlich.³⁵ Die 4. Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Fahrerlaubnis-Verordnung schafft hier eine bis Ende 2019 befristete Ausgleichsregelung. Danach dürfen elektrisch betriebene Fahrzeuge bis zu einer zulässigen Gesamtmasse von 4 250 kg mit einer Fahrerlaubnis der Klasse B gefahren werden, wenn diese im Bereich des Gütertransports eingesetzt werden. Die Befristung wird durch eine entsprechende Schlüsselzahl im Führerschein vermerkt. Der Fahrer muss zudem an einer mind. fünfstündigen Fahrzeuginweisung teilgenommen haben.³⁶ Nach Beendigung dieser Regelung in 2019 müssten alle Betroffenen den Führerschein der Klasse C kurzfristig nachholen. Ob die bestehende Befristung aufgehoben oder durch eine andere Regelung ersetzt werden soll, ist derzeit unklar.

Einige Fahrzeugmodelle sind aktuell schon verfügbar. Streetscooter, ein Tochterunternehmen der Deutschen Post AG, hat Fahrzeuge im Angebot, die spezifisch für die Anforderungen von Paketdiensten entwickelt wurden und u.a. im Mutterkonzern bereits zum Einsatz kommen. Renault hat in diesem Jahr mit dem Master Z.E. sein Portfolio im Bereich der Transporter erweitert und Nissan bietet mit dem e-NV200 (2018) das Nachfolgermodell mit größerer Batterie an. Bei der Daimler AG ist derzeit noch kein Elektrofahrzeug erhältlich, jedoch kann der eVito bereits vorbestellt werden. Der eSprinter soll 2019 folgen. VW bietet seit September 2018 mit der elektrischen Variante des Crafters im Segment der leichten Nutzfahrzeuge auch ein Fahrzeug am Markt an. (vgl. Tabelle 9).

³⁵ Vgl. Europäisches Parlament und Rat, 2006: Richtlinie 2006/126/EG, Artikel 4, Ziffer 4 b] Abs. 1.

³⁶ Vgl. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz 2014 (BGBl. I S. 2432)

Tabelle 9: Marktübersicht elektrischer leichter Nutzfahrzeuge ≤ 3,5 t

Hersteller	Modellbezeichnung	Kategorie	Zulässiges Gesamtgewicht in t	Leistung in kW	Batteriekapazität in kWh	Reichweite NEFZ in km	UVP in € (brutto)	Verkaufsstart
Iveco	Daily Electric	Transporter	3,2 - 5,9	k. A.	60 / 80	200	ab 83 300,00	Testbetrieb
SAIC	Maxus EV80	Transporter	3,5	92	56	200	55 000,00	Aktuell nur Miete
Mercedes-Benz	eVito	Transporter	< 3,6	84	41,4	150	47 588,00	Vorstellung möglich
Mercedes-Benz	eSprinter	Transporter	3,5	k. A.	55	150	k. A.	2019
Nissan	e-NV200	Transporter	2,25	80	40	280	ab 34 105,00	erhältlich
Renault	Master Z.E.	Transporter	< 3,5	k. A.	33	200	71 281,00	erhältlich
Street-scooter	Work L	Transporter	2,18	k. A.	40	205	54 085,50	erhältlich
Street-scooter	Work L Pickup	Pickup	2,18	k. A.	40	205	51 705,50	erhältlich
Street-scooter	Work L Pure	Transporter	2,18	k. A.	40	je nach Aufbau	49 325,50	erhältlich
Volkswagen	e-Crafter	Transporter	4,2	k. A.	43	208	82 705,00	2019
ABT	e-Caddy	Hochdachkombi	k. A.	82	37,3	220	k. A.	Mitte 2019
ABT	e-T6	Transporter	3,2	82	37,3 74,6	208 400	k. A.	Je nach Nachfrage ab Mitte 2019

Trotz der Aktivitäten der Hersteller sind Fahrzeuge mit größeren Ladevolumen aktuell nur vorbestellbar, aber nicht verfügbar. Mittelfristig werden weitere Modelle folgen. Trotz Reichweiten im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ) zwischen 150 km und 200 km, sind im Praxiseinsatz eher Reichweiten zwischen 80 km und 120 km denkbar. Bei speziellen Umrüstungen bzgl. Ein- und Aufbauten muss ggf. ein zusätzlicher Reichweitenverlust kalkuliert werden. Die Preise sind noch nicht von allen Modellen veröffentlicht. Ein Aufschlag von 50 % bis 100 %, im Vergleich zu den Varianten der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren des jeweiligen Modells, ist zu erwarten. Die Verfügbarkeit wird aufgrund der erst hochlaufenden Serienproduktion der Elektrofahrzeuge und

der geringen Batteriekontingente der Hersteller vorerst beschränkt sein. Ähnliche Wartezeiten wie im E-PKW Bereich sind auch im Segment der leichten Nutzfahrzeuge zu erwarten.³⁷

4.2.2 Schwere Nutzfahrzeuge

Der Markt elektrisch angetriebener, schwerer Nutzfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t befindet sich derzeit noch nicht in der Hochlaufphase. Anders als bei den leichten Nutzfahrzeugen sind in diesem Segment derzeit kaum Fahrzeuge auf dem Markt verfügbar. Die Zahl der Fahrzeugankündigungen lässt aber darauf schließen, dass die Hersteller auch in diesem Segment aktiv und mittelfristig Fahrzeuge auf den Markt bringen werden.

Anbieter wie z. B. ORTEN Fahrzeugbau GmbH, die neue und gebrauchte Diesel-Nutzfahrzeuge auf Elektroantrieb umrüsten, sind momentan die aktiveren Akteure. Die Fahrzeuge haben laut Hersteller eine Reichweite von 100 km bis 150 km.³⁸ Auch die FRAMO GmbH ist auf dem Gebiet der Umrüstung von Serienfahrzeugen auf elektrischen Antrieb aktiv. Die Batteriekapazität ist dabei modular anpassbar.³⁶ Die Umrüstung ist eine Möglichkeit, kurzfristig schwere Nutzfahrzeuge zu elektrifizieren. Es ist jedoch zu beachten, dass jedes Fahrzeug eine Spezialanfertigung auf Basis eines Serienfahrzeuges darstellt und zusätzliche Kosten für die Umrüstung entstehen.

Seitens der Fahrzeughersteller ist die Serienproduktion von elektrischen, schweren Nutzfahrzeugen noch nicht angelaufen. Einige Fahrzeuge sind im Rahmen von Testphasen bei ausgewählten Unternehmen im praktischen Einsatz. Bereits 2019 soll sich diese Situation ändern. Mitsubishi Fuso, Volvo und Tesla haben Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 t bis 40 t angekündigt. Die Reichweite soll zwischen 100 km und 200 km betragen. Der Semi eTruck von Tesla soll sogar eine Reichweite von bis zu 800 km erreichen. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass es sich ausschließlich um eine Zugmaschine für den Schwertransport handelt, welche im lokalen und regionalen Einsatz kaum verwendet wird. Im Jahr 2021 will MAN ebenfalls in den Markt schwerer batterieelektrischer Nutzfahrzeuge (BE-Nutzfahrzeuge) eintreten und Zugmaschinen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 18 t bis 40 t und einer Reichweite 250 km bis 350 km anbieten (vgl. Tabelle 10).

Inwieweit der Verkaufsstart der angekündigten schweren Nutzfahrzeuge eingehalten werden kann, ist offen. Mittelfristig ist mit einer überschaubaren Anzahl an Fahrzeugen auf dem Markt zu rechnen. Für die Fahrzeuge mit speziellen Ein-/Aufbauten ist eine Umrüstung der elektrischen Serien-LKW notwendig. Dabei ist davon auszugehen, dass komplexere Ein- und Aufbauten erst längerfristig verfügbar und mit Einbußen bei den Reichweiten verbunden sein werden. Das spezielle Ein- und Aufbauten technisch möglich sind, zeigt Volvo bereits mit dem FE Electric, welcher in Form eines Müllentsorgungsfahrzeugs bereits in Hamburg erprobt wird.³⁹

37 Erfahrungswert aus Gesprächen mit Fuhrparkverantwortlichen deutscher Kommunen.

38 Vgl. Willms, O. 2016

39 Vgl. Kopp, M. 2018

Tabelle 10: Marktübersicht elektrischer schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5 t

Hersteller	Modell- bezeichnung	Kategorie	Zulässiges Gesamt- gewicht in t	Leistung in kW	Batteriekapa- zität in kWh	Reichweite in km	UVP in € (brutto)	Verkaufsstart	Anmerkungen
BYD	T10ZT	Kipp-las- ter	k. A.	k. A.	k. A.	280	k. A.	k. A.	
DAF	CF Electric	Zug-ma- schine	9,7	210	170	100	k. A.	k. A.	Zgl. 40 t, aktuell Erprobungs- phase
Daimler	eActros	Koffer- aufbau	18 - 25	k. A.	240	200	k. A.	2021	
Mitsub- ishi Fuso	eCan- ter	Koffer- aufbau	7,5	185	70	100	k. A.*	2019	
Mitsub- ishi Fuso	Vision One	Koffer- aufbau	23	k. A.	k. A.	350	k. A.	2021	
MAN	eTruck	Zug-ma- schine	18 - 26	250	k. A.	200	k. A.	2021	2018 Praxiser- probungsphase; 6x2-Solo-LKW (Zugmaschine) auf Basis TGM- Reihe
MAN	eTruck	Zug-ma- schine	40	350	k. A.	130	k. A.	2021	4x2-Solo-LKW (Zugmaschine) auf Basis TGS- Reihe
MAN	Metro- polis (Hyb- rid)	Konzept- fahrzeug	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
Tesla	Semi	Zug-ma- schine	40	k. A.	k. A.	480/ 800	131. 000 - 178. 500	2019	
Volvo	FL Electric	Koffer- aufbau	16	185	100/ 300	300	k. A.	2019	Weitere möglich Einsatzbereiche auch Abfallent- sorgung und Re- cyclingunterneh- men
Volvo	FE Electric	Abfall- entsor- gungs- fahrzeug	27	2x 370	200- 300	200	k. A.	2019	Abfallentsorgung / in Hamburg im Einsatz

4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Elektrofahrzeugen

Elektrofahrzeuge weisen, bezogen auf den einzelnen gefahrenen Kilometer, deutlich geringere Kraftstoff- und Unterhaltskosten als konventionell angetriebene Fahrzeuge auf. Dies ist auf eine höhere Energieeffizienz und weniger Bauteile, verbunden mit einer geringeren Wartungsnotwendigkeit, zurückzuführen.

Dem stehen Investitionen in die Ladeinfrastruktur und ggf. notwendige Dispositionssysteme sowie Schulungskosten entgegen. Die beiden letzten Positionen sind im gewerblichen und kommunalen Betrieb relevant. Aktuell sind deutlich höhere Beschaffungspreise bei Kauf, Leasing oder Miete zu kalkulieren. Noch bestehen Unsicherheiten bzgl. der zukünftigen Wertentwicklung, was insbesondere für die Beschaffungsart „Kauf“, sofern ein Verkauf während der Nutzungsdauer erwogen wird, von Relevanz ist. Zentraler Punkt ist dabei die Unsicherheit bzgl. Lebensdauer und Restkapazität der Akkus.

Bei der Beschaffung konventioneller Fahrzeuge profitiert die öffentliche Hand von erheblichen Kommunalrabatten der Fahrzeughersteller. Diese werden auch auf Leasingangebote gewährt und führen zu Raten, die denen der größten Flottenbetreiber in Deutschland entsprechen.

Auf Elektrofahrzeuge werden diese Rabatte aktuell nicht in diesem Umfang gewährt. Die Listenpreise können daher nicht als Referenz angenommen werden. Es bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Antriebsarten „konventionell“ und „elektro“ bzgl. der Leasingrate oder Fahrzeugabschreibung bei Kauf. Insbesondere hohe Laufleistungen sind im Leasingbereich noch mit hohen Zuschlägen versehen.

Geringe Margen bzw. aktuell noch hohe Kosten der Fahrzeughersteller bei Elektrofahrzeugen führen zu einem geringen Interesse, die Kapazitäten bei den kleinen Verkaufsmengen zu erhöhen. Dies führt in Verbindung mit geringer Akkuverfügbarkeit zu Wartelisten bei den Bestellungen von E-PKW. Das Interesse der Hersteller am verstärkten Absatz der Elektrofahrzeuge ist demnach aktuell gering. Strategische Erwägungen, wie die Marktpositionierung im neuen Segment und die Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf den herstellereigenen Flottenverbrauch, haben eher einen mittel bis langfristigen Fokus bei den Herstellern.

4.3.1 Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit

In gewerblichen Flotten und im Privatbereich können Elektrofahrzeuge bei hohen Jahresfahrleistungen über 15 000 km pro Jahr unter einer Vollkostenbetrachtung (TCO)⁴⁰ wirtschaftlicher als konventionelle Fahrzeuge sein, sofern etwaige Fördermittel⁴¹ mit eingerechnet werden. Eine Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen der öffentlichen Hand im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen ist unter Vollkostenbetrachtung derzeit nicht abbildbar.

Bei der konkreten Wirtschaftlichkeitsvergleichsrechnung zwischen Fahrzeugen mit elektrischem und konventionellem Antrieb existieren Einflussfaktoren, die für einen wirtschaftlichen Einsatz von Elektrofahrzeugen relevant sind.⁴² Neben den reinen Anschaffungs- bzw. Leasingkosten sind u.a. folgende Einflussfaktoren für einen wirtschaftlichen Einsatz von Elektrofahrzeugen bedeutend⁴³:

- hohe Jahreslaufleistungen,
- hohe Tagesfahrleistung (im Rahmen der jeweiligen Reichweite),
- gleichmäßige/planbare Fahrprofile,

40 TCO: Total Cost of Ownership; Summe aller für die Anschaffung eines Vermögensgegenstandes, seine Nutzung und ggf. für die Entsorgung anfallender Kosten.

41 z.B. Kaufprämie, BMVI-Förderprogramm.

42 Vgl. Starterset Elektromobilität o. J.

43 Dies umfasst die Versicherung (Drittfahrtregelung), die Verbuchung der Einnahmen, das Angebot muss allen offenstehen, damit kein geldwerter Vorteil vorliegt, das Fahrzeug- und Schlüsselübergangsmanagement sowie die Abwicklung hinsichtlich Buchung und Fahrzeugdokumentation.

- hoher Anteil an Stadtfahrten/Kurzstrecken,
- ausreichend lange Standzeiten (z. B. nachts, für Ladevorgang),
- Nutzung von selbsterzeugtem Strom.

Im Folgenden wird ein Wirtschaftlichkeitsvergleich von E-PKW gegenüber konventionellen Fahrzeugen dargestellt. Die Berechnung mittels des TCO-Modells geht von einer sechsjährigen Haltedauer und 15 000 km Jahresfahrleistung aus. Die Untersuchung schließt PKW und leichte Nutzfahrzeuge ein. Eine Analyse der schweren Nutzfahrzeuge hat aufgrund der aktuellen Marktlage und der Spezifika der einzelnen Fahrzeuge keine allgemeine Aussage und wird daher nicht vorgenommen. Alle dem Modell zugrundeliegenden Annahmen sind in Tabelle 51 im Anhang dargestellt.

Das Ergebnis der Analyse ist in Abbildung 12 für den PKW und in Abbildung 13 für die leichten Nutzfahrzeuge visualisiert. Als Referenzklassen dienten bei den PKW die Kompaktklasse (z.B. VW Golf) und bei den leichten Nutzfahrzeugen die Klasse der Transporter (z. B. MB Sprinter, VW Crafter).

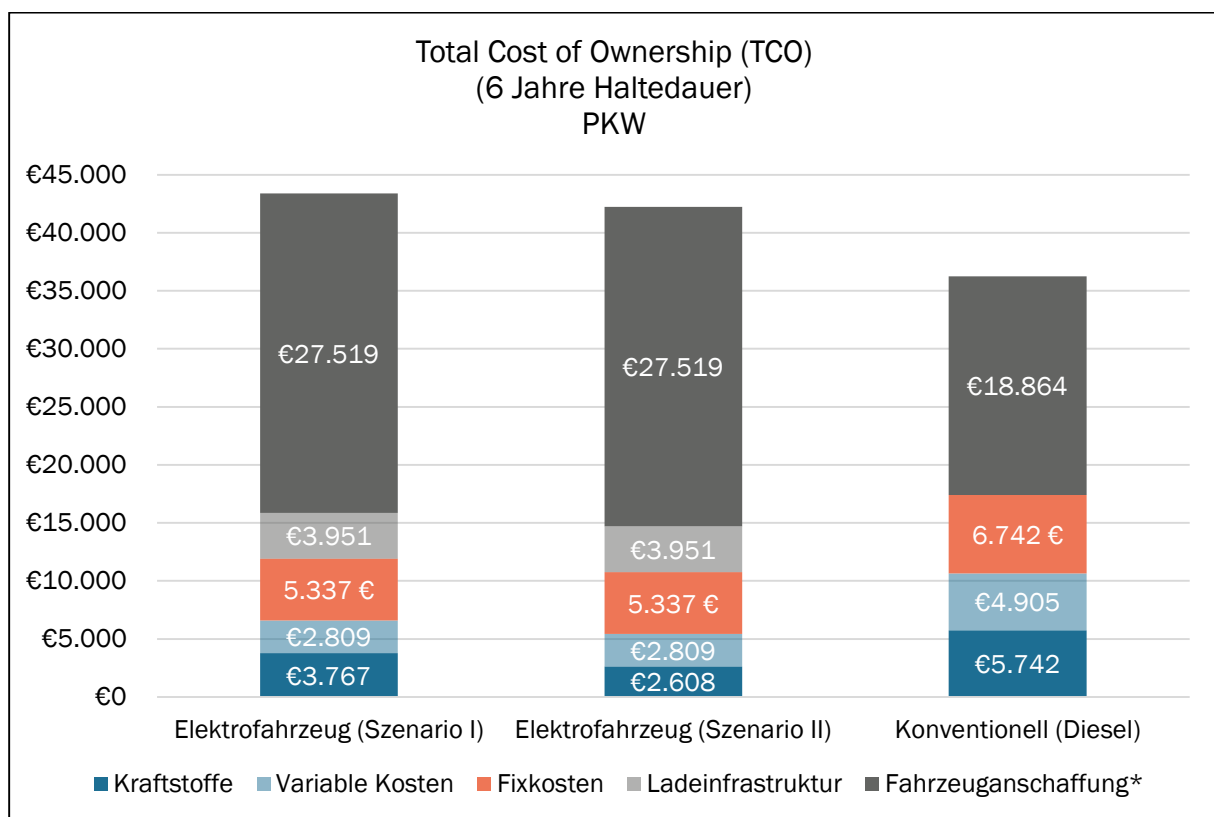


Abbildung 12: TCO von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen mit zwei Strompreisszenarien (PKW)

Für die Elektrofahrzeuge sind Kosten für Ladeinfrastruktur mit einer 1:1-Ausstattung, einschließlich Unterhaltskosten, berücksichtigt. Steuern, Versicherung sowie Wartungskosten wurden ebenfalls einbezogen. Des Weiteren erfolgte die TCO-Analyse der E-PKW in zwei Strompreisszenarien, mit 0,26 €/kWh in Szenario I und 0,18 €/kWh in Szenario II.

Deutlich wird in Abbildung 12 und Abbildung 13, dass der Kostenblock der Fahrzeuganschaffung die größte Relevanz besitzt. Hier besteht der größte Handlungsbedarf, um Elektrofahrzeuge aus wirtschaftlicher Sicht attraktiver gegenüber den Interessenten zu machen.

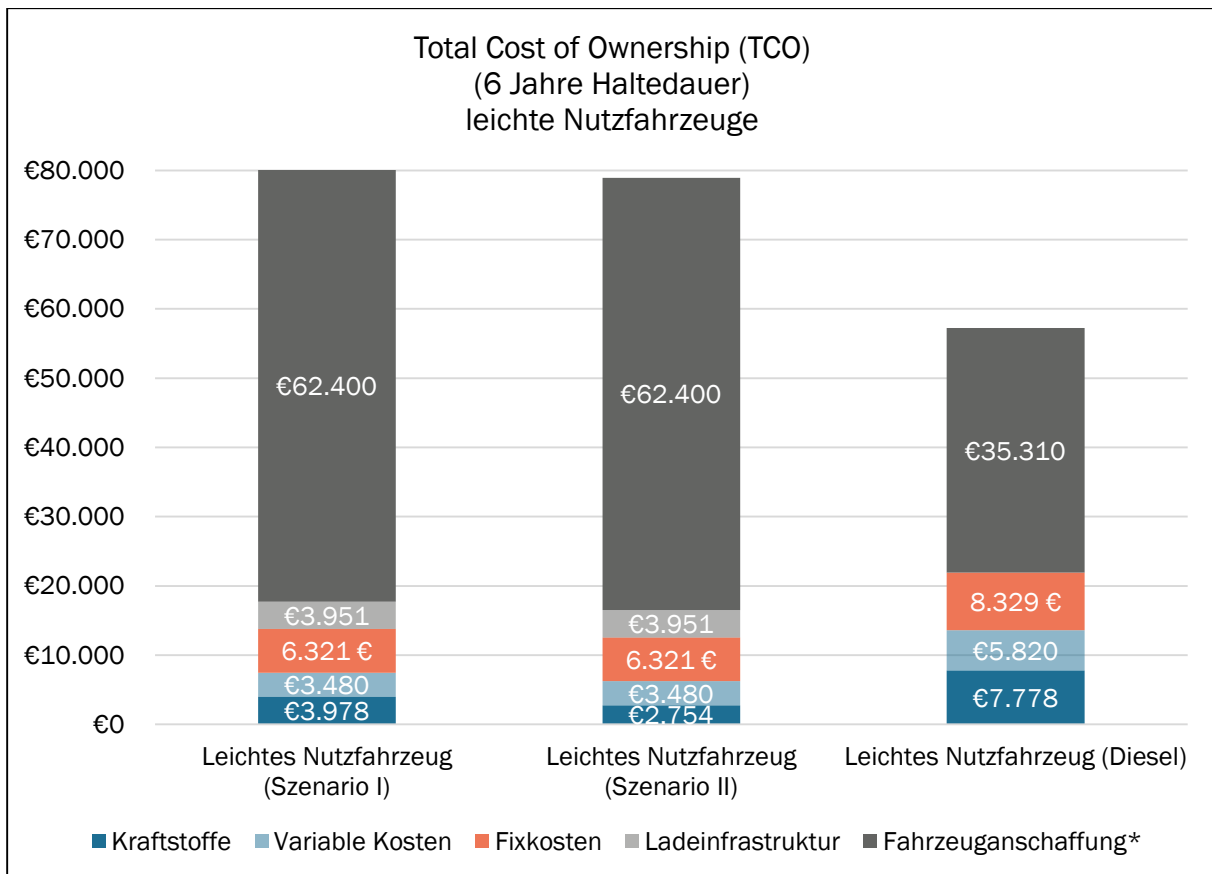


Abbildung 13: TCO von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen mit zwei Strompreisszenarien (leichte Nutzfahrzeuge)

Restwertbetrachtungen von Elektrofahrzeugen sind aufgrund der aktuell noch geringen Fahrzeuganzahl am Markt schwierig durchzuführen. Elektrofahrzeuge der ersten Generation (2008 bis 2012) weisen teilweise eine schwere Verkäuflichkeit auf, da deren Ausstattung und Fahrkomfort bereits überholt ist. Fahrzeuge der zweiten Generation verfügen über einen relativ stabilen Restwert. Dieser ist vergleichbar mit konventionellen Fahrzeugen.

Es kann festgehalten werden, dass im Fahrzeugsegment PKW und leichte Nutzfahrzeuge derzeit keine Wirtschaftlichkeit für Elektrofahrzeuge gegeben ist. Ein wesentlicher Kostentreiber stellt dabei die Traktionsbatterie der Elektrofahrzeuge dar, die bei den PKW einen Aufschlag der Anschaffungskosten von 40 % bis 60 % bedeutet. Im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge ist derzeit sogar mit einem Aufschlag von 100 % zu rechnen. Es existieren jedoch Maßnahmen, die einen wirtschaftlichen Effekt nach sich ziehen können. Diese werden im folgenden Abschnitt für die unterschiedlichen Zielgruppen aufgezeigt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Wirtschaftlichkeit von BEV im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen derzeit ohne die Nutzung von Förderprogrammen noch nicht gegeben ist.

In der Phase des Markthochlaufes ist ein Leasing empfehlenswert, um eine Risikoabsicherung vorzunehmen. Da die aktuellen Leasingangebote jedoch aufgrund von Unsicherheiten in Bezug auf die Restwerte und vergleichsweise hohe Kosten in Relation zum Kaufpreis aufweisen, sollte dies nur für die Erprobung (Erstfahrzeug) genutzt werden. Danach sollte ein Kauf von Fahrzeugen mit einer Haltedauer, entsprechend der Abschreibungsdauer von sechs Jahren, geprüft werden. Wenn die Fahrzeuge mit 80 % der Akkukapazität noch die gewünschten Strecken fahren können, steht einer langfristigen Nutzung meist nichts entgegen.

Die TCO-Berechnung zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit von E-PKW im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen derzeit weitgehend nicht gegeben ist. Die Vergleichsrechnung zielt jedoch auf einen reinen Fahrzeugvergleich ab. Für den Flottenbetrieb mehrerer Fahrzeuge in einem Pool zur gemeinsamen Nutzung, können mit einer Umstellung auf Elektromobilität meist Reduktionen verbunden werden. Dabei ist der Effekt auch für konventionelle Fahrzeuge gegeben.

4.3.2 Fuhrparkoptimierung

Eine Dispositionssoftware ermöglicht Einsparungen in einem Fuhrpark bzgl. der eingesetzten Fahrzeuge von üblicherweise 10 bis zu 30 %. Der Fuhrpark sollte dabei eine Anzahl von mind. zwei bis zehn Fahrzeugen pro Standort enthalten.

Eine Dispositionssoftware ordnet die einzelnen Fahrten möglichst wenigen Fahrzeugen zu. Dieser Prozess stellt eine Art komplexes Puzzlespiel dar, mit dem versucht wird, die möglichst besten Kombinationen zu finden und die Auslastung von weniger Fahrzeugen zu erhöhen. Maximale Laufleistungen von Fuhrparkfahrzeugen, aufgrund von Leasingverträgen oder Restwertprognosen, können in solchen Systemen als zu berücksichtigender Parameter hinterlegt werden.

Die entsprechenden variablen Kosten (Kraftstoffkosten, laufleistungsabhängige Wartung etc.) verschieben sich auf die dann mehr genutzten übrigen Fahrzeuge. Gleichzeitig ergeben sich bei der Umlage der fixen Kosten auf den einzelnen Kilometer Reduktionen, da die Laufleistung der übrigen Fahrzeuge – als Referenz für die Umlage – steigt. Eine mögliche Folge ist zudem, dass die Leasingbedingungen angepasst werden müssen, da die vereinbarte Laufleistung nun nicht mehr ausreicht. Eine Laufleistungserhöhung ist aber fast immer deutlich günstiger, als ein weiteres Fahrzeug mit entsprechenden variablen und fixen Kosten. So kann bei einer Verdoppelung der Laufleistung von etwa 40 – 70 % Mehrkosten hinsichtlich der Leasingrate ausgegangen werden. Etwas geringere Restwertauswirkungen ergeben sich für gekaufte Fahrzeuge. Eine Reduktion der Fahrzeuge führt auch zu geringeren Verwaltungskosten, welche die Effekte aus den Mehrkosten meist übersteigen.

4.3.3 Fahrzeugverfügbarkeit und Flexibilität

Aufgrund der direkten Sichtbarkeit bzw. Prüfmöglichkeit der Verfügbarkeit von Fahrzeugen bei einer softwaregestützten Buchung (Dispositionssoftware), erhöht sich die wahrgenommene Verfügbarkeit der Fahrzeuge beim einzelnen Nutzer. Bei Terminplanungen kann sofort die Fahrzeugverfügbarkeit geprüft werden und in die Terminfindung einfließen. Verfügbare Zeiten sind sofort ersichtlich und können ausgewählt werden.

Eine Dispositionssoftware erhöht zudem die Ad-hoc-Verfügbarkeit und damit die Flexibilität deutlich, da eine automatisierte Neuplanung stattfindet. Diese ist nicht von Personen abhängig. Weiterhin ergeben sich durch die Sichtbarkeit der Verfügbarkeit und der Umplanungsmöglichkeiten bei der Buchung Alternativen, für die niemand tätig werden muss.

Unerwartete Störungen, wie die Verspätung eines Fahrzeuges, können vom System bei ausreichenden Fahrzeugkapazitäten automatisch behoben werden. Der Eingriff von Mitarbeitern ist dafür dann ggf. nicht erforderlich.

Zudem wird der Zugriff auf Pools und Fahrzeuge anderer Einheiten deutlich einfacher und ermöglicht zudem ggf. weitere betriebswirtschaftliche Effekte durch zusätzlich mögliche Fahrzeugreduktionen.

Bei Elektrofahrzeugen kommt der Nutzung einer Dispositionssoftware aufgrund des zusätzlichen Faktors des jeweils benötigten Ladestandes zu Beginn der einzelnen Fahrt eine noch höhere Relevanz zu. Es ergeben sich Sperrzeiten, in denen das Fahrzeug unabhängig von der Fahrstrecke und dem Ladestand nicht geplant wird. Selbst bei einer geringen Anzahl von Fahrzeugen und Nutzern stellt hier die Disposition eine komplexe Herausforderung dar. Insbesondere die Zuordnung der ausreichenden Reichweite für die geplanten Strecken ist relevant.

Alle oben benannten Effekte führen zu einer Absenkung jeweils vorzuhaltender Fahrzeuge. Der betriebswirtschaftliche Gegenwert der Dispositionssoftware liegt demnach in den einsparbaren Beschaffungs-, Betriebs- und administrativen Kosten nicht mehr benötigter Fahrzeuge unter Berücksichtigung der Mehraufwendungen für die übrigen Fahrzeuge. Ein weiterer wirtschaftlicher Effekt ist die automatisierte Freigabe von Fahrzeugen, wenn eine geplante Fahrt nicht angetreten wird. Ist ein Schlüsselkasten oder Zugangssystem installiert, kann eine automatische Überwachung stattfinden, ob die Fahrt angetreten wurde. Ist dies nicht der Fall, kann das Fahrzeug freigegeben werden.

Die Investitions- und Betriebskosten für eine Dispositionssoftware sind bei einfachen Lösungen gering und beginnen bei Webdiensten bei 4 € je Fahrzeug und Monat. Beim Kauf können sich die Kosten auf ggf. mehrere Fuhrpark-Standorte verteilen. Die Reduktion des Verwaltungsaufwands und sehr gute Controlling-Möglichkeiten bieten meist eine schnelle Refinanzierung dieser Aufwendungen.

Der Einsatz von Dispositionssoftware bietet erhebliche wirtschaftliche Potentiale, welche sich aus der Einsparung von Fahrzeugen ergeben. Gleichzeitig verbessert ein solches System Fahrzeugverfügbarkeit, Nutzerfreundlichkeit und Flexibilität des Fuhrparks.

Für die Elektrifizierung der Fuhrparks stellt sie eine fast zwingende Voraussetzung dar, um eine substantielle Anzahl von Elektrofahrzeugen in den regulären Fuhrparkbetrieb zu integrieren.

4.3.4 Wirtschaftliche Aspekte von Lade- und Lastmanagement

Die Wirkung eines Lade- und Lastmanagements besteht in zwei Richtungen und ist meist für größere Standorte relevant. Zum einen ermöglicht es, mehrere angeschlossene Elektrofahrzeuge gleichzeitig zu laden und Anforderungen an die zeitliche Verfügbarkeit und den Ladestand zum gewünschten Zeitpunkt zu berücksichtigen. Auch kann die Verwaltung der knappen Ressource Ladepunkt/Stellplatz damit organisiert werden. Die Bereitstellung der E-PKW kann damit für die zu absolvierenden Strecken sichergestellt werden. Andererseits kann mit der bereitstehenden Anschlussleistung oder einer geringen Aufrüstung die Ladung einer größeren Anzahl von Fahrzeugen noch ermöglicht werden. Da die Fahrzeuge nicht alle mit Maximalleistung laden, entsteht ein optimiertes Lade-Lastprofil, was damit ein Lastmanagement ermöglicht.

Eine Priorisierung des Ladevorgangs ermöglicht eine höhere Ladeleistung zu Lasten der Ladeleistung der anderen ladenden Fahrzeuge. So kann auch bei geringen Anschlussleistungen für einzelne Fahrzeuge ein schneller Ladevorgang ermöglicht werden. Im betrieblichen Fuhrpark kann eine Interaktion mit der Dispositionssoftware erfolgen. Ansonsten kann der gewünschte State of Charge (SoC, dt.: Ladezustand der Fahrzeugbatterie in %) und die Abfahrtszeit eingegeben werden.

Mit einem Lademanagement kann auch ein Lastmanagement realisiert werden. Indem die Ladevorgänge bzgl. eines zulässigen Lastprofils im jeweiligen Stromtarif oder hinsichtlich der nachhaltigen Stromproduktion optimiert werden, kann eine ungesteuerte Lastprofilerhöhung mit negativen Folgen für die Stromtarifstruktur vermieden werden. Dem Lademanagement kommt auch die Rolle des Informationslieferanten für die Dispositionssoftware in Fuhrparkflotten zu, d.h. welches Fahrzeug wann welchen Ladestand erreicht haben wird. Dies geschieht auf Basis von Vorhersagen erforderlicher Ladevorgänge, Fahrzeugstandzeiten und verfügbaren Laderessourcen, woraus sich Steuerungsmöglichkeiten ergeben.

4.3.5 Disposition von Ladepunkten

Primär ergibt sich der wirtschaftliche Wert des Lademanagements daraus, dass mit diesem weniger Ladepunkte benötigt werden. Das Lademanagement fungiert dabei als Dispositionsinstanz für die Ladepunkte. Substituierbar ist ein Lademanagement durch eine höhere Anzahl von Ladepunkten im Modus 1:1 (Stellplatz zu Fahrzeug) und die Anbindung mit der maximal verfügbaren Ladel-

eistung. Aufgrund der zunehmenden Relevanz von internen und externen Besuchern und Mitarbeitern mit Elektrofahrzeugen ist dies jedoch wirtschaftlich nicht effizient. Daher sollten Ladepunkte und ggf. schnellere Lademöglichkeiten sinnvoll dem Ladebedarf der Fahrzeuge zugeordnet werden.

Das Lademanagement sollte per Back-End Steuerung umgesetzt werden, damit eine Dynamik gegeben ist und nicht mit statischen Einstellungen gearbeitet wird. Es ergibt sich eine Arbeitsentlastung möglicher Verantwortlicher und die Möglichkeit der softwaregestützten Optimierung und Automatisierung.

Die Einsparung zu errichtender Ladepunkte, weniger Fahrzeuge, ein geringerer personeller Aufwand, eine bessere Informationsbasis für die Dispositionssoftware und die Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Stromtarifstruktur stellen demnach den wirtschaftlichen Gegenwert eines Lademanagements dar. Da durch das Lademanagement auch Verifizierungs-, Abrechnungs- und Ausbauplanung (Controlling) sowie Verfügbarkeits- und Reservierungsaufgaben wahrgenommen werden, ergeben diese den weiteren wirtschaftlichen Wert.

Eine exakte Benennung des Wertes je Standort ist daher individuell und auch aufgrund unbekannter Größen wie Mitarbeiter, Besucheranzahl und anderer Größen tendenziell schwierig. An Standorten mit mehreren Elektrofahrzeugen und Ladevorgängen von Dritten ergeben sich durch ein softwarebasiertes Lademanagement geringere Investitionen in Hardware, die dennoch mehrere tausend Euro umfassen können. Die laufenden quantitativ relevanten wirtschaftlichen Effekte ergeben sich hauptsächlich aus weniger Fahrzeugen, der geringeren Anschlussleistung und den personellen Einsparungen. Dies dürften die einmaligen Effekte über die Nutzungsdauer deutlich übersteigen. Im Vergleich zu den Kosten, die ein zentrales softwarebasiertes Lastmanagement verursacht, stellen die wirtschaftlichen Effekte einen deutlichen Hebel dar.

4.3.6 Fazit

Bezogen auf einzelne E-PKW kann bisher kaum eine Wirtschaftlichkeit gegenüber konventionellen Fahrzeugen erreicht werden. Dies gilt für die Beschaffungsoptionen Kauf und Leasing. Gründe sind vor allem in den noch hohen Beschaffungskosten für Elektrofahrzeuge und der erforderlichen Ladeinfrastruktur in Verbindung mit der Einweisung von Verantwortlichen und Nutzern zu suchen.

Eine Elektrifizierung und die prinzipielle Auseinandersetzung mit dem Fuhrpark können mittel- und langfristig jedoch zu sinkenden Gesamtkosten des Fuhrparkbetriebs führen und damit eine Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Dafür sind die vergleichsweise hohen Anlaufkosten für Ladeinfrastruktur mit Last- bzw. Lademanagement sowie eine Buchungs- und Dispositionssoftware auf mehrere Jahre (und Standorte) zu verteilen. Die Einsparpotentiale, welche sich durch eine softwarebasierte Fuhrparkoptimierung in Verbindung mit einer Fahrzeugeinsparung und das Lastmanagement ergeben können, müssen genutzt werden. Gleichmaßen verbessern geringere Wartungs- und Betriebskosten von Elektrofahrzeugen sowie zu erwartende sinkende Beschaffungspreise die Wirtschaftlichkeit.

4.4 Fuhrpark der Stadt Stollberg

Für die Stadt Stollberg lagen die nachfolgenden Daten aus dem Jahr 2017 zum Fuhrpark vor. An diesen Daten soll aufgezeigt werden, welche Potentiale sich aus der Elektrifizierung ergeben. Die Ergebnisse und das Vorgehen können auch auf andere gewerbliche Fuhrparks übertragen werden.

Die Dienstleistungsgesellschaft Stollberg mbH (DGS) betreibt 18 Fahrzeuge, wovon 3 auf die Kategorien PKW/Hochdachkombi, 9 auf leichte Nutzfahrzeuge und der Rest auf andere Fahrzeugkategorien entfällt. Die Fahrzeuge werden weitgehend in festen Mitarbeiterzuordnungen eingesetzt. Die maximale Jahreskilometerleistung lag bei zwei Fahrzeugen der Kategorie PKW/Hochdachkombi bei knapp 16 000 und 19 000 km. Bei den übrigen näher betrachteten Fahrzeugen lag das Maximum bei 9 000 km.

Bei der Kommunaldienstleistungsgesellschaft Stollberg mbH (KGS) werden 16 Fahrzeuge, davon 1 Allrad-PKW und 4 leichte Nutzfahrzeuge ohne Spezial An-/Aufbau betrieben. Die Fahrzeuge werden ebenfalls in festen Mitarbeiterzuordnungen eingesetzt. Die maximale Jahreskilometerleistung lag bei 6 183.

Für alle Fahrzeuge der DGS und KGS lagen nur Angaben zur Kilometerleistung vor. Eine Aufschlüsselung der Einzelfahrten stand nicht zur Verfügung. Die Fahrzeuge der anderen Fahrzeugkategorien, die oben nicht separat aufgeführt sind, wurden nicht betrachtet. Diesbezüglich wird angeraten, in 3 – 5 Jahren den Markt genauer zu sondieren.

Bei etwa 250 Arbeitstagen im Jahr kann, nach Abzug von Krankheit und Urlaub, von mindestens 200 Tagen Anwesenheit am Arbeitsplatz ausgegangen werden. Dies soll die Bezugsgröße für die Kilometerleistung zur Umrechnung auf die Tageskilometerleistung darstellen. Dementsprechend ergibt sich eine durchschnittliche Tagesleistung von 90 km bei der maximalen Gesamtjahresleistung von 19 000 km. Reale Tagesleistungen, die weit darüber liegen, können bei allen Fahrzeugen gegeben sein. Es ist zu vermuten, dass nur wenige Ausnahmen bestehen, aus denen sich deutliche Überschreitungen aktueller realer Reichweiten von Elektrofahrzeugen (150 – 200 km) ergeben. Diese längeren Fahrten wären jedoch über Zwischenladungen ebenfalls mit Elektrofahrzeugen realisierbar. Es sollte bei solchen Fahrzeugen auf eine Schnellladefunktion geachtet werden. Für Fahrzeuge mit deutlich geringeren Jahresleistungen ist dies nicht zwingend notwendig.

Für die näher betrachteten Fahrzeugklassen sind mittlerweile Elektrofahrzeuge am Markt verfügbar. Zudem könnten einige Fahrten auch durch Lastenräder ersetzt werden. Hierbei sind der spezifische Einsatz des Fahrzeuges und die Bereitschaft der Mitarbeiter entscheidend. Dies muss vorab intensiv geprüft werden. Aus dem wirtschaftlichen Blickwinkel weisen leichte Nutzfahrzeuge in klassischen Fahrzeugformaten (Transporter/Sprinter-Format) ein schlechteres Wirtschaftlichkeitsverhältnis als PKW auf. Es wird daher empfohlen, bei Neubedarf und ausreichenden Finanzmitteln zuerst die PKW zu ersetzen.

Fahrtenbetrachtung

Für die Stadtverwaltung Stollberg selbst lagen detailliertere Informationen in Form von anonymisierten Fahrtenbüchern von 2 Fahrzeugen der Klassen Kleinwagen und Kompaktklasse mit Standort Rathaus vor. Der Analysezeitraum umfasste das gesamte Jahr 2017. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 760 Fahrten durchgeführt (Abbildung 14). Davon lagen über 92 % unter 100 km Streckenlänge (Hin- und Rückfahrt), weitere 7 % zwischen 101 und 300 km und 1 % über 301 km (7 Fahrten).

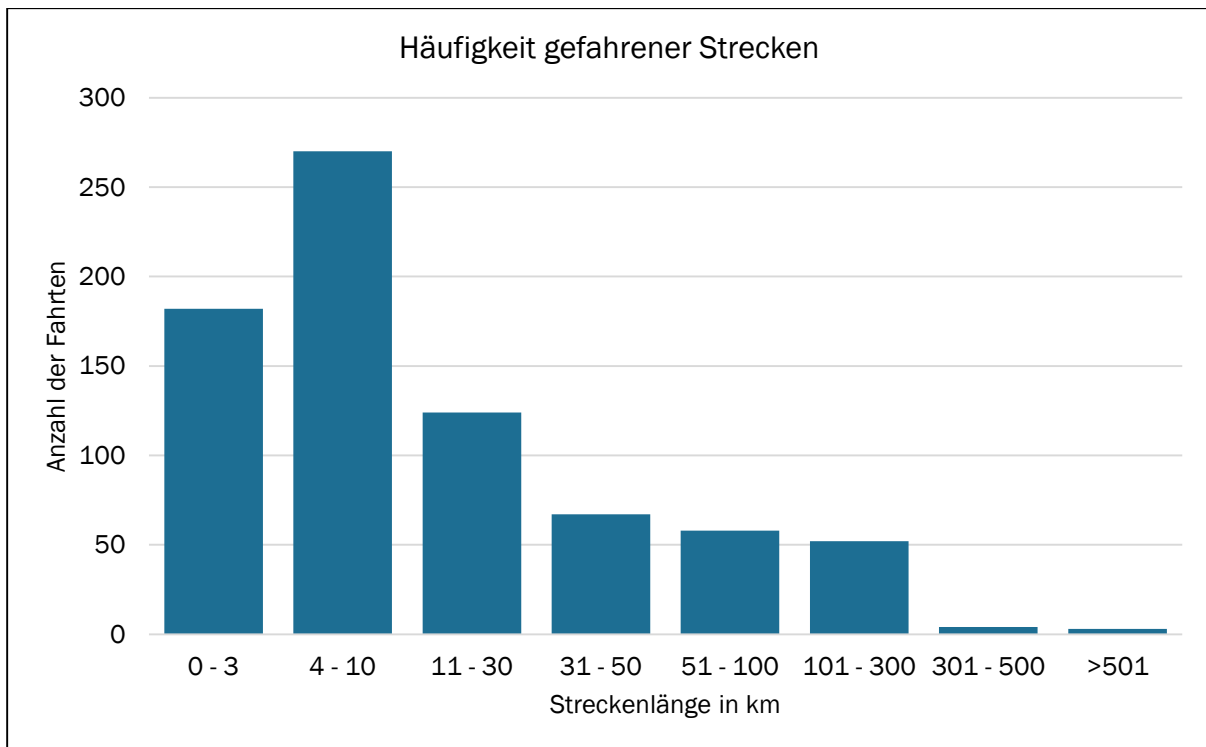


Abbildung 14: Häufigkeit gefahrener Strecken

Die hohe Anzahl der Fahrten bis 3 km bei einer durchschnittlichen Fahrtdauer (inklusive Standzeiten) von 80 Minuten bietet ein Reduktionspotential. Auch für die Strecken bis 10 km wird ein erhebliches Ersetzungspotential durch Fahrten mit den Elektrofahrzeugen gesehen. Es können kurze Wege zu Fuß oder per (Elektro-)Fahrrad durchgeführt werden. Dafür muss eine aktive Kommunikation mit den Mitarbeitern erfolgen und diese darauf sensibilisiert werden, kurze Strecken, sofern möglich, auch zu Fuß zu gehen. Aufgrund der Topographie und um eine größere Zielgruppe anzusprechen, werden Fahrräder mit Antriebsunterstützung, also Elektrofahrräder, empfohlen. Dafür bedarf es eines attraktiven Angebots für die Mitarbeiter der Stadtverwaltung. Dieses muss zwingend eine einfache Zugänglichkeit aufweisen und vergleichbar mit denen der beiden PKW sein, bestenfalls einfacher. Daher werden 2 Elektrofahrräder mit zugehörigen Stellboxen auf der Rückseite des Rathauses empfohlen. Die Akkus sollten, zusammen mit dem Schlüssel für die Boxen und die Schlösser für die Räder, bei dem aktuellen Ansprechpartner für die Fahrzeuge liegen. Zudem wird ein Wartungsvertrag mit einem Fahrradhändler mit regelmäßigem Vor-Ort Service empfohlen. Mängelerfahrungen führen sonst zu einer Nichtnutzung, unabhängig vom aktuellen technischen Zustand. Es kann von Investitionskosten je Elektrofahrrad mit Stellbox von 2 500 – 3 000 € ausgegangen werden. Laufende Kosten, die sich im Wesentlichen aus den Servicekosten zusammensetzen, werden im Jahr auf 360 € geschätzt. Stromkosten sind aufgrund der geringen Höhe zu vernachlässigen. Damit kann eine hohe Emissionseinsparung erreicht werden, da Fahrten von konventionellen Fahrzeugen auf die Elektrofahrräder verlagert werden.

Fuhrparkumgestaltung - Elektrifizierung, Realisierung, Verlagerung

Eine Elektrifizierung der betrachteten 2 PKW ist ohne größere Umstellungen für ein Fahrzeug möglich. Dieses Fahrzeug sollte dabei eine Reichweite von 150 km aufweisen. Damit wären nur 7,1 % aller Fahrten (54), die für beide Fahrzeuge angefallen sind, von der Reichweite nicht abgedeckt. Diese könnten jedoch problemlos auf das konventionelle Fahrzeug verlagert werden. Zusätzlich können mit einer Ladekarte eines deutschlandweiten Anbieters auch längere Strecken mit einem Ladevorgang, möglichst während der Standzeit am Zielort, absolviert werden. Das zweite Fahrzeug kann ab einer verfügbaren Reichweite von 300 km elektrifiziert werden. Nur 7 Fahrten (1 %) im Jahr wären dann nicht durchführbar bzw. wäre bei diesen Fahrten ein Ladevorgang während der Fahrt notwendig. Mit zunehmender Verbreitung von Ladeinfrastruktur wäre auch ein Fahrzeug mit

200 km Akkukapazität ausreichend, da nur 24 Fahrten und damit 3 % aller Fahrten zwingend einer Zwischenladung bedürfen würden.

Hinsichtlich der Ladeinfrastruktur am Rathaus ist je PKW nur eine Ladeleistung von 3,7 kW notwendig, um die gefahrenen Strecken zu absolvieren. Aufgrund des geringen Kostenunterschiedes, der Zukunftsfähigkeit und des Komforts für die Mitarbeiter, wird jedoch die Anschaffung von jeweils 22 kW Wallboxen empfohlen. Diese sollten mit der integrierten Software auf die verfügbare Anschlussleistung am Rathaus reduziert werden. D.h., die Leistungsabgabe sollte auf die Leistung begrenzt werden, die der Anschluss des Rathauses noch an freier Kapazität aufweist. Eine höhere Ladeleistung wird dabei empfohlen, um den jeweiligen Ladestand der Fahrzeuge nach jeder Fahrt schneller zu erhöhen. Für den Nutzer steigt dadurch die Reichweitsicherheit.

Generell wird für die beiden Fahrzeuge empfohlen, eine webbasierte Buchungsplattform⁴⁴ zu nutzen, die eine Zuordnung der Fahrzeuge vornimmt. Damit können die Fahrten automatisiert zugeordnet und die Auslastung des E-PKW kann dadurch erhöht werden. Längere Fahrten können auf das konventionelle Fahrzeug bzw. das Fahrzeug mit der höheren Reichweite zugeordnet werden. Zudem kann im Jahresrhythmus eine sehr einfache Auslastungsanalyse vorgenommen werden. Diese bietet die Möglichkeit, mit aktuellen Auslastungen zu arbeiten.

Durch den Einsatz der Elektrofahrräder, die Zunahme von Fußwegen und die zeitliche Verlagerung der Fahrten, könnte sich die Möglichkeit bieten, ein Fahrzeug einzusparen. Eine genaue Abschätzung, welche Fahrten durch solche Maßnahmen verlagert werden, ist hier jedoch nicht möglich. Insbesondere in den Wintermonaten ist mit Einschränkungen der Nutzungsbereitschaft der Elektrofahrräder zu rechnen. Eine plausible Lösung stellt dann die Nutzung des E-Wald Carsharing-Fahrzeuges vor dem Rathaus durch die Stadtverwaltung für ggf. auftauchende Spitzen und im Winter dar. Dafür müsste das Fahrzeug eine reale Reichweite von 200 bis 300 km, je nach den Möglichkeiten von Ladevorgängen auf der jeweiligen Fahrt, aufweisen.

Zusammenfassend konnte für den Fuhrpark der Stadtverwaltung ein Potential für Mobilitätsmaßnahmen und Elektromobilität ermittelt werden. Die Kombination von Umstellung auf E-PKW und Einsatz von Elektrofahrrädern birgt ein hohes Potential. Dies liegt nicht nur in der Verlagerung der Fahrten mit Dienst-PKW, sondern auch in der Verlagerung solcher, die aktuell mit den Privat-PKW der Mitarbeiter durchgeführt werden. Perspektivisch ist eine vollständige Umstellung auf Elektromobilität möglich.

Eine separate Kostenvergleichsbetrachtung konnte aufgrund der vorhandenen Datenlage nicht durchgeführt werden. Es wird dafür auf die vorangegangene allgemeine Kostenbetrachtung verwiesen. Die Mehrkosten sind durch den höheren Kaufpreis und die zusätzlichen Aufwendungen, u.a. durch die Ladeinfrastruktur, deutlich höher. Mit sinkenden Preisen für Elektrofahrzeuge und vorhandener Ladeinfrastruktur ergeben sich mittelfristig Kostenparitäten. Es ist zwingend ein Ökostromvertrag für den Ladestrom der Fahrzeuge abzuschließen. Damit können Emissionseinsparungen von über 50 % über den Gesamtlebenszyklus erreicht werden.

4.5 Kommunales Mobilitätsmanagement

Wie dargestellt bietet die betriebliche Mobilität die Möglichkeit, umweltfreundliche Maßnahmen zu ergreifen. Die Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes ist dabei, wie am Beispiel des Fuhrparks der Stadtverwaltung erläutert, zielführend. Dienstfahrzeuge können dann auch teilweise durch den kombinierten Einsatz verschiedener Verkehrsmittel ersetzt werden. Die Grenzen setzen Fahrten, die sehr kurzfristig erfolgen müssen, die Ziele haben, die nicht anders erreichbar sind oder bei denen eine Transportkapazität erforderlich ist.

44 z.B. Fleetster und Carano Cloud

Es ist sinnvoll, regional vorhandene Verkehrsangebote auf ihre Anwendbarkeit im jeweiligen Unternehmen zu prüfen und alternative Nutzungsmodelle einzubeziehen.

4.5.1 Fahrzeugreduzierung durch Pooling

Fahrzeuge, die keiner Einzelperson zugeschrieben sind, sondern von allen Mitarbeitern einer Firma genutzt werden können, nennen sich Poolfahrzeuge. Das Pooling bietet die Möglichkeit, einen Fuhrpark effizient zu betreiben, sodass eine möglichst hohe Auslastung, der im Pool befindlichen Fahrzeuge erreicht werden kann. Hierbei ist jedoch besonders wichtig, die Dimensionierung der Flotte möglichst minimal zu halten.

Nicht alle Fahrzeuge eines Fuhrparks sind als Poolfahrzeuge geeignet. Eigenschaften, die das Erscheinungsbild des Fahrzeuges betreffen, können ein Ausschlusskriterium darstellen. Auch auf dem Arbeitseinsatz benötigte Arbeitsmaterialien, Werkzeuge oder Gerätschaften, abhängig von deren Größe, können dazu führen, dass geeignete Fahrzeuge für diese Einsätze reserviert werden und somit im Pool nur eingeschränkt nutzbar sind. Eine weitere wichtige Eigenschaft stellt die Verfügbarkeit des Fahrzeuges dar.

Auch ist ein Pool an Fahrzeugen, den mehrere Unternehmen gemeinsam nutzen, denkbar. Eine Buchungsplattform ist an dieser Stelle von großer Bedeutung, um eine geregelte und für alle potenziellen Nutzer transparente Buchungsabwicklung zu gewährleisten. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in einem geteilten Pool kann für Unternehmen, die Elektromobilität noch zweifelnd gegenüberstehen, eine Annäherung bedeuten.

4.5.2 Corporate Carsharing

Eine private Nutzung von Firmenfahrzeugen am Abend oder an Wochenenden ist ebenfalls möglich, insofern keine betrieblichen Einsätze verbucht sind oder anstehen könnten. Für Unternehmen, in denen nachts und/oder am Wochenende gearbeitet wird, eignet sich dieses Konzept demnach weniger.

Als Vorteil kann der steigende Auslastungsgrad der Fahrzeuge angesehen werden. Zudem erhalten Mitarbeiter die Möglichkeit einer kostengünstigen teilweise kostenfreien Fahrzeugnutzung nach dem Sharingprinzip. Dieses Motivationsinstrument wird in den meisten Fällen über eine Buchungssoftware organisiert. Über diese können Mitarbeiter ein Fahrzeug, dessen Nutzung ggf. an ein Zeitlimit gebunden ist, reservieren. Diese Vorteile sollten mit den einhergehenden Aufwendungen abgewogen werden die sich in der Halterhaftung, Kontrolle der Führerscheindokumente, Schlüsselverwaltung sowie Instandhaltung, Reinigung, Schadensmeldung und dem Tanken wiederfinden.⁴⁵

Sind unter den firmeninternen Carsharingfahrzeugen Elektrovarianten, kann die Erprobung eventuelle Vorurteile bei den Nutzern abbauen und das Interesse hinsichtlich einer Kaufentscheidung im privaten Bereich vorantreiben. Das aktuell schon in Stollberg vorhandene Elektro-Carsharing stellt keine firmeninterne Nutzungsmöglichkeit dar. Allerdings bietet es die Möglichkeit, Auslastungsspitzen, für die ein eigenes Fahrzeug vorgehalten werden muss, abzudecken.

4.5.3 Verkehrsmittelverlagerung im Sinne des Umweltverbundes

Unregelmäßige, schlecht planbare, kurzfristige und auch nur sehr kurze betriebliche Wege bieten sich tendenziell dafür an, mit einem anderen Verkehrsmittel als dem Firmen-PKW durchgeführt zu werden. Hierfür stehen verschiedenen Verkehrsmittel des Umweltverbundes zur Verfügung.

Der ÖPNV ist eine kostengünstige Alternative, die sich für die Bewältigung des Arbeitswegs oder auch für Botengänge anbietet, allerdings für schnell zu erledigende und kurzfristige Termine eher ungeeignet ist.

Die Fahrt mit einem Taxi ist die schnellste Möglichkeit, einen kurzfristigen Termin wahrzunehmen. Bei Verspätungen sowie One-Way-Fahrten, wie zum Bahnhof oder Flughafen, stellen Taxis sinnvolle

⁴⁵ Vgl. Joho, K. 2017

Verkehrsmittel dar. Ein Firmen-PKW würde nach der Nutzung für mehrere Stunden ungenutzt an der abgestellten Stelle verbleiben, ohne dass weitere Einsätze möglich sind.

Mietwagen können für Außeneinsätze und Dienstreisen eine sinnvolle Reisealternative darstellen. Vor allem wenn die Reisetätigkeit mehrere Anlaufpunkte vorsieht und ein zeitlich straffes Zeitraster entsteht, bietet ein Mietwagen die benötigte Flexibilität. Auch wenn dieses nicht zu den umweltfreundlichen Verkehrsmitteln zählt, ist es doch besser, sich gelegentlich einen Mietwagen zu nehmen, als ein nur spärlich genutztes Firmenfahrzeug zu besitzen.

Sowohl als Verkehrsmittel für den Arbeitsweg, als auch für kleinere Botengänge bietet sich aber auch das (Elektro-)Fahrrad an.

Unternehmen sollten ihre Rolle erkennen und ihre betriebliche sowie die Mitarbeitermobilität in eine nachhaltige Richtung lenken. Die Bezuschussung bis hin zur kompletten Übernahme der Kosten, wenn Mitarbeiter mit den öffentlichen Verkehrsmitteln auf Arbeit kommen, kann Anreize setzen. Doch auch Bonusprogramme für Radfahrer, die Zuschüsse bereithalten, wenn eine gewisse jährliche Anzahl an Tagen mit dem Rad auf Arbeit gefahren wurde, können positive Anreize schaffen und den betrieblichen Modal Split eines jedes Unternehmens verlagern.

4.5.4 betriebliche Nutzung von Privat-PKW

In Tabelle 11: Nutzung privater PKW für dienstliche Zwecke Tabelle 11 wird die betriebliche Nutzung von Privat-PKW für dienstliche Zwecke in den Jahren 2016 und 2017, nach Kategorien sortiert, gegenübergestellt.

Tabelle 11: Nutzung privater PKW für dienstliche Zwecke

2016		2017	
Beigeordnete	2.400 km	Beigeordnete	2.500 km
Hauptamt	3.800 km	Hauptamt	4.600 km
Finanzverwaltung	700 km	Finanzverwaltung	500 km
Liegenschaften	1.400 km	Liegenschaften	800 km
Ordnungsangelegenheiten	300 km	Ordnungsangelegenheiten	500 km
Bürgerservice	450 km	Bürgerservice	200 km
Feuerwehr	3.000 km	Feuerwehr	700 km
Bibliothek	500 km	Bibliothek	100 km
Stadtplanung	1.000 km	Stadtplanung	900 km
Bauausführung	100 km	Bauausführung	1.000 km
Standesamt	50 km	Bauordnung	200 km
OBM	300 km	Tourismus	200 km
		Gemeindeorgane	6.400 km
	14.000 km		18.600 km
km-Pauschale: x 0,30 €		km-Pauschale: x 0,30 €	
Gesamtkosten	4.200 €	Gesamtkosten	5.580 €

Sofern im kommunalen Fuhrpark von Stollberg für die genannten Bereiche freie Kapazitäten identifiziert werden können ist eine Umlagerung dieser Wege möglich. Da die km-Pauschale im Vergleich zu den variablen Fuhrparkkosten zu höheren Kosten führt, kann von einer gesamtheitlichen Kostenersparnis ausgegangen werden. Eine Fixkostenanhebung wird erst dann eintreten, wenn zusätzliche Fahrzeuge zur Realisierung bzw. Umlagerung weiterer Wege eingesetzt werden sollen.

5 Alternative Mobilitätslösungen

Ein gutes Mobilitätsangebot stellt einen Standortfaktor und für die Bevölkerung ein Teil der Daseinsvorsorge dar. Dies gilt nicht nur in die Richtung zentraler Einkaufsmöglichkeiten, sondern auch für Angebote (Vereine etc.) in Gemeindeteilen. Nur eine gute Erreichbarkeit ermöglicht es, solche Angebote einer breiten Bevölkerung zugänglich zu machen.

Aus den Daten des Kapitels 3.2.1 in Bezug gesetzt zur Altersstruktur wird ersichtlich, dass in Stollberg Mobilitätsangebote außerhalb des PKW stärker benötigt werden. Nicht nur Bus und Bahn sind hierbei entscheidend. Die Erweiterung des Angebotes für (Elektro-)Fahrräder birgt ebenfalls große Potentiale.

Der Ausbau von Fahrradinfrastruktur und die Verbesserung des ÖPNV-Angebotes sind aktuell die zentralen Säulen, auf die zurückgegriffen wird. Allerdings stoßen die klassischen Angebote oft an ihre Grenzen. Dies gilt insbesondere wegen einer zu geringen Nachfrage aufgrund eines hohen Anteils an Privat-PKW. Längere Strecken können mit diesen Angeboten meist nicht absolviert werden.

Es gibt deutschlandweit Beispielprojekte, die sich Problemstellungen, wie sie in Stollberg existieren widmen (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Best Practice Beispiele zur Mobilitäts- und Versorgungsverbesserung auf dem Land

Projektname/ Ort (Bundesland)	Kooperationspartner	Ziele	Konkrete Handlungen
iMONA / Kreis Freyung-Grafenau (Bayern)		Mobilität und Nahversorgung der Menschen vor Ort erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> Integration von Mobilitäts- und Versorgungsstationen Verbindung von Personentransport und Ladeverkehr Verknüpfung des ÖPNV mit Carsharing, Rufbussen, etc. Einbezug der Bevölkerung
freYfahrt / Stadt Freyung (Bayern)	Door2door	Effiziente und benutzerorientierte Mobilität im ländlichen Raum	<ul style="list-style-type: none"> Etablierung eines On-Demand-Ridepooling-Service für den ländlichen Raum Zusammenarbeit und Stadt, Landkreis und Infrastrukturanbieter Einbindung der Angebote des ÖPNV
Bürgerbus Vogtland / Vogtland (Sachsen)	Kommune Adorf, Bad Elster & Lengenfeld, VVV, RVB, POB, Einwohner	Mobilität der Menschen vor Ort erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> Übernahme von festgelegten Strecken durch Kleinbusse an bestimmten Tagen pro Woche Einbezug der Bevölkerung zur Bestimmung wichtiger Handlungsschwerpunkte Einsatz ehrenamtlicher Fahrer
Rufbus Bautzen/ Bautzen (Sachsen)	ZVON	Bedarfsorientierte Verbindungen schaffen	<ul style="list-style-type: none"> Feste Einsatzzeiten (Mo-Fr ab 18.30 Uhr) Einrichtung Telefonhotline für Bestellungen (Mo-Fr 7-17.30 Uhr) Nachfrageorientierte Wahl von Fahrtrouten und Fahrzeugen

<p>Heiko mein Kaufzuhaus / Neuendorf (Eifel, Rheinland-Pfalz) / Pflugs (Riesa, Sachsen)</p>		<p>Versorgung ländlicher Räume gewährleisten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Thekenfahrzeuge und begehbare Verkaufswagen fahren Gemeinden ohne Lebensmittelläden an • Begehbare Verkaufswagen mit großem Sortiment • Versorgung von Büros und Schulen etc. als „Pausenflitzer“ • Verkauf von regionalen Produkten
<p>Mobifalt/ Großalmerode, Herleshausen, Nentershausen, Sontra, Witzenhausen</p>	<p>NVV</p>	<p>Mobilität der Bewohner ländlicher Räume erhöhen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Autobesitzer melden regelmäßige und unregelmäßige Fahrten an • Mitfahrer buchen Fahrt und zahlen ÖPNV-Tarif • Fahrer erhalten pro km 30 ct. • Steht kein Fahrer zur Verfügung, stellt NVV ein Taxi

Aus den PKW-Daten des Kapitels 3.2.1 in Bezug gesetzt zur Altersstruktur, kann geschlussfolgert werden, dass in Stollberg eine breite Variabilität an Transportmöglichkeiten benötigt wird. Nicht nur Bus und Bahn sind hierbei entscheidend. Die Erweiterung des Angebotes für (Elektro-)Fahrräder birgt ebenfalls große Potentiale.

5.1 Versorgungsverkehr

Die Nahversorgung, insbesondere der Kauf von Lebensmitteln, stellt in schlecht angebundenen ländlichen Gebieten eine Problemstellung dar. Die ÖPNV-Versorgung ist in Stollberg akzeptabel gegeben (vgl. Kapitel 3.2.1). Jedoch können die Aufwände für den Weg und Transport der Einkäufe eine Barriere darstellen. Zudem wird der ÖPNV schlechter eingeschätzt, als die reale Verfügbarkeit ist. Der Einkaufsmarkt ist teilweise zu weit entfernt oder die individuelle Mobilität zu sehr eingeschränkt. Der Online Versorgung wird im deutschen Lebensmittelmarkt in der Zukunft eine moderate Rolle zugeschrieben⁴⁶. Sie dient damit nicht als genereller Lösungsansatz.

Direkt vor Ort in Stollberg bietet der Einkaufsmarkt Simmel schon Lieferleistungen an. Dafür ruft der Kunde mindestens zwölf Stunden im Voraus an oder sendet eine E-Mail. Die Auslieferung erfolgt dann zwischen 8-16 Uhr am Folgetag bis zur ersten Tür. Für die Lieferung direkt in die Wohnung wird eine Servicepauschale von 5 € fällig. Die Lieferung für Privatkunden bis 100 € Warenwert kostet 10 € und darüber hinaus 5 €.

Ebenfalls bietet der Simmel Markt einen Kundenbus an. Für einen Obolus von 3 € fährt dieser an einem Tag pro Woche zu den Märkten hin und nach einiger Zeit wieder zurück. In der Regel haben die Einkaufenden dann eine Stunde Zeit, bis ihre Rückfahrt angesetzt ist. In dieser Zeit können die Kunden ihre Besorgungen erledigen oder auf das Mittagsangebot zurückgreifen.⁴⁷

Thekenfahrzeuge können ebenfalls einen Teil der Versorgungsfunktion übernehmen. Das Warenangebot solcher Versorgungsfahrzeuge ist begrenzt. Höhere Preise im Vergleich zum Supermarkt und nur begrenzte Einkaufsmengen führten in den letzten Jahren zu einem starken Rückgang der Nachfrage und Angebote. Das Unternehmen Pflug's⁴⁸ aus Riesa, beliefert, entgegen diesem Trend, mit 12 Kühlfahrzeugen die umliegende Region. Dabei werden nicht nur ländliche Gemeinden, sondern auch Städte wie Riesa, Dresden, Meißen oder Nossen angefahren. Nach eigenen Angaben kann das seit 20 Jahren bestehende Unternehmen 5 000 Stammkunden aufweisen. Es werden vor

46 Vgl. Eberhardt et.al 2018

47 Vgl. SIMMEL AG Chemnitz o. J.

48 Vgl. Plecher, S. 2016

allem ältere Menschen beliefert. Bestellungen sind per Telefon möglich. Teilweise werden die Einkäufe in die Wohnung getragen. Es erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit Alten- und Pflegeheimen, betreutem Wohnen und Pflegediensten.

Im Kreis Freyung-Grafenau soll mit dem Projekt iMONA (intelligente Mobilität und Nahversorgung) für die Bevölkerung im ländlichen Raum ein besseres Mobilitäts- und Versorgungsnetz entstehen. Im Zuge dieses Projektes werden Mobilitäts- und Versorgungsstationen errichtet, die eine Mischung aus Haltestelle und Lieferpunkt für Waren des persönlichen Bedarfs darstellen. Der Personentransport wird mit dem Lieferverkehr verbunden. Dabei wird der ÖPNV mit Carsharing, ausleihbaren Transporträdern oder Rufbussen sowie privaten Mitfahrgelegenheiten, Taxiunternehmen oder Produzenten/Dienstleistern und dem Einzelhandel verknüpft.⁴⁹

Die Stadt Stollberg sollte es in Erwägung ziehen, diesen Ansatz in Hinblick auf vorhandene Angebote aufzugreifen. In allen Gemeindeteilen sind Dienstleister wie beispielweise Pflegedienste zu nennen. Leistungen wie Pakete und Briefe mitnehmen oder das Holen von Medikamenten oder Brötchen ist bei einigen Pflegedienstleistern bereits buchbar. Die Integration einer Hotline wäre dabei von Vorteil, da vor allem ältere Personen auf diese Dienste zurückgreifen würden und teilweise wenig Interesse an der Nutzung von Smartphone-basierten Applikationen zeigen.⁵⁰

Projekte für Nahversorgungsmöglichkeiten können finanzielle Zuschüsse von EU, Bund und Ländern erhalten.

5.2 Bedarfsverkehr/Mobility on-demand

Bedarfsverkehre fahren, im Gegensatz zum öffentlichen Linienverkehr, nur wenn ein konkreter Fahrtwunsch vorliegt. Sie werden i.d.R. ergänzend zum ÖPV eingesetzt. Häufige Leerfahrten und eine schlechte Abdeckung stellen meist den Initialpunkt dar. Dabei werden nur Haltestellen angefahren, für die Anfragen vorliegen. Klassisch werden für solche flexiblen Bedarfsverkehre Taxen oder Anruflinienverkehre genutzt. Mit gleichen Mitteln kann so meist eine bessere Verfügbarkeit und teilweise breitere Abdeckung geschaffen werden. Es entfallen Leerfahrten zu Gunsten von zielgerichteten Angeboten.

Durch Applikationen auf Smartphones, die eine Anforderung der Fahrzeuge mit Start- und Ziel sowie gewünschten Abfahrts- und Ankunftszeiten, ebenso wie eine Rückmeldung in der Auswahl und Preisdifferenzierung bieten, besteht die Möglichkeit, den Rückkanal zum Kunden zu nutzen. Nutzer mit ähnlicher Route, aber auch mit unterschiedlichen Fahrtzielen, können somit zusammen gefahren werden. Der Mehrwert liegt darin das „Verhandlungen“ mit Kunden über die genauen Abfahrtszeiten stattfinden. Algorithmen erlauben dabei die Zuordnung der Personen auf die geeignetsten Fahrzeuge. Diese ergeben sich aus den geringsten Umwegen für die anderen Fahrgäste und der kürzesten Fahrzeit für den Fahrgast. Außerdem spielen Aspekte wie die Wahrscheinlichkeit von neuen Buchungen an der Wegstrecke während der nächsten Fahrt eine Rolle. Dieses „Pooling“ führt zu einem höheren Besetzungsgrad und damit geringeren Kosten der Leistungserbringung.

Hierfür existieren i.d.R. keine fixen Haltestellen oder An- und Abfahrtszeiten. Einstiege werden meist als virtuelle Punkte angelegt. Somit ist „Mobility on-demand“ eine bedarfsorientierte Verkehrsart, welche sich flexibel an die Bedarfe der Kunden anpasst.

49 Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2017

50 Vgl. Schaufenster Elektromobilität 2016

5.2.1 Rechtliche Grundlagen

Nach §8 Abs. 4 des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) sind „Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr eigenwirtschaftlich zu erbringen“. Dabei stellen eigenwirtschaftliche Verkehrsleistungen solche dar, welche durch Beförderungserlöse, Ausgleichsleistungen oder sonstige Erlöse finanziell gedeckt werden. Nach aktueller Rechtslage gelten kraftstoffbetriebene Bedarfsverkehre als „Mietwagen mit Fahrer“. Laut PBefG gilt die Rückkehrpflicht für Mietwagen. Diese besagt, dass „[n]ach Ausführung des Beförderungsauftrags der Mietwagen unverzüglich zum Betriebssitz zurückzukehren hat“⁵¹, insofern kein direkter Folgeauftrag vorhanden ist. In scharfer Rechtsauslegung muss dies schon vor Abfahrt des Mietwagens vom Betriebssitz bekannt sein. Ein Warten im Stadtgebiet ist demnach nicht möglich. Das Halten an nicht offiziell markierten Haltestellen bzw. im Parkbereich stellt ggf. einen Verstoß gegen die StVO dar. Die Genehmigungspraxis zeigt, dass flexible Bedienformen häufig nur mit Auflagen (Bsp.: zeitlich-räumliche Bedienungsverbote, Bedarfsflächenbetriebe nur mit PKW) genehmigt werden. Die zuständige Genehmigungsbehörde für das Land Sachsen ist das sächsische Landesamt für Straßenbau und Verkehr (LASuV).

Ausnahmen vom Geltungsbereich des PBefG

Laut §1 Abs. 2 des PBefG unterliegen diesem Gesetz keine „Beförderungen mit Personenkraftwagen, wenn diese unentgeltlich sind oder das Gesamtentgelt die Betriebskosten der Fahrt nicht übersteigt“⁵². Anbieter wie Allygator Shuttle in Berlin oder MOIA in Hannover bieten ihre Fahrten zu einem Preis von 5 bis 6 Cent pro Kilometer und pro Person an, wodurch sie ihre Betriebskosten nicht übersteigen und keiner weiteren Genehmigung bedürfen. Für Tests oder Querfinanzierungen sind diese Möglichkeiten geeignet. Für den bezuschussten ÖPNV stellt dies für Ergänzungsangebote eine Option für die Genehmigung dar. Allerdings bestehen dann ggf. wettbewerbsrechtliche Hinderungsgründe, die beachtet werden sollten.

„Experimentierklausel“ des PBefG

Die sogenannte „Experimentierklausel“⁵³ im PBefG besagt, dass „zur praktischen Erprobung neuer Verkehrsarten oder Verkehrsmittel die Genehmigungsbehörde auf Antrag im Einzelfall Abweichungen von Vorschriften dieses Gesetzes [...] für die Dauer von höchstens vier Jahren genehmigen [kann], soweit öffentliche Verkehrsinteressen nicht entgegenstehen“⁵⁴. Die Experimentierklausel stellt allerdings nicht pauschal von allen Regelungen des PBefG frei. Vielmehr muss jede einzelne Abweichung von Regelungen wiederum mit der Experimentierklausel begründet werden können. Unternehmen wie CleverShuttle beispielsweise in Berlin, Leipzig und Dresden, können dadurch kostenpflichtige Fahrten anbieten. Dabei wird die Erlaubnis zu solchen Pilotprojekten nur auf Einzelanfrage erteilt.

Liniengenehmigung des PBefG

Im Falle der Kooperation der Stuttgarter Straßenbahn AG und der Plattform moovel on-demand fährt das On-demand Angebot nach der Testphase mit einer Liniengenehmigung laut PBefG. Die SSB Flex App leitet den Fahrenden zum nächstgelegenen Abholpunkt (laut Betreiber unter 200m Fußweg⁵⁵) und bringt ihm zu einem Absetzpunkt in der Nähe des Ziels, wodurch die Begriffsbestimmungen für den Linienverkehr mit Kraftfahrzeugen laut §42 PBefG gegeben sind. Diese Vorschrift „setzt nicht voraus, dass ein Fahrplan mit bestimmten Abfahrts- und Ankunftszeiten besteht oder Zwischenhaltestellen eingerichtet sind“⁵⁶.

51 PBefG §49 Abs. 4 Satz 3 08.08.1990

52 PBefG §1 Abs. 2 PBefG 08.08.1990

53 PBefG §2 Abs. 7 PBefG 08.08.1990

54 PBefG §2 Abs. 7 PBefG 08.08.1990

55 Vgl. Stuttgarter Straßenbahn AG 2018

56 PBefG §42 PBefG 08.08.1990

5.2.2 Bestehende Anbieter für On-Demand-Modelle

Eine solche Flexibilität, welche die Lücke zwischen liniengebunden ÖPNV und einem Taxi schließt, bewirkt eine positive Wahrnehmung bei den Kunden hinsichtlich der Bedarfserfüllung. Auf der Kundenseite passen sich solche Angebote flexibler an die Bedarfe an und ermöglichen, je nach Ausprägung, eine hohe Kundenfokussierung. Zudem ermöglicht die Kombination von Fahrten eine günstigere Preisgestaltung als bei Taxen.

Die Nachfolgenden Anbieter betrieben insbesondere im städtischen Bereich schon solche Angebote.

Door2Door

Das 2012 gegründete Berliner Start-Up Door2Door betreibt in Deutschland zahlreiche Projekte wie myBus Duisburg, Freyung Shuttle und MVG IsarTiger. Dabei bietet Door2Door eine Software an, die on-demand und multimodale Verkehrssysteme unterstützt. In Zusammenarbeit mit dem ÖPNV entwickelt Door2Door nach eigenen Angaben an die Stadt und Verkehrssituation angepasste Lösungen, um die unterschiedlichen Transportmittel des Nahverkehrs zu vernetzen. Dabei bietet Door2Door drei Software-Tools an, um On-Demand ÖPNV zu betreiben. Die Benutzer-App dient dem Kunden zur Planung und Buchung der Route, die Fahrer App berechnet die Routen auf Grundlage des Ridesharing Algorithmus und gibt diese dem Fahrer als Routeninformation aus. Das Dispatch Tool analysiert und überwacht den Echtzeitbetrieb.⁵⁷

moovel on-demand

Die moovel on-demand Plattform bietet einen Algorithmus an, der die Fahrthanfragen der Nutzer bündelt (sog. „Pooling“) und somit das Teilen von Fahrten (sog. „Ridesharing“) ermöglicht. Dabei stellt moovel einerseits die App für den Fahrer vor, welche die optimale Route auf der Grundlage von Staudaten oder bspw. Baustellen berechnet und andererseits die Fahrgast-App, welche eine Beauskunftung sowie Buchung ermöglicht. Die dritte Komponente, das Operator Dashboard, stellt das Backend dar. Nach einer erfolgreichen Testphase mit der Stuttgarter Straßenbahn AG führt diese nun den On-demand Service unter ihrem Namen in einer eigenen App weiter, wobei die Kooperation zwischen der SSB AG und der moovel Group GmbH zur ständigen Weiterentwicklung der App bestehen bleibt. Zudem führte moovel on-demand im März dieses Jahres eine dreitägige Testphase für ein Bus-on-demand Konzept mit dem Karlsruher Verkehrsverbund durch und unterstützt den KVV vor allem bei der Gestaltung sowie Entwicklung seiner multimodalen Mobilitätsapp „KVV.mobil“.⁵⁸

CleverShuttle

CleverShuttle besitzt eigene Ridesharing-Flotten in den Städten Berlin, Hamburg, München, Leipzig, Dresden und Stuttgart. Dabei vermarktet CleverShuttle seine Software auch an Interessierte weiter. Ähnlich wie bei Door2Door und moovel on-demand bietet Clever Shuttle eine Fahrgast-App zur kompletten Fahrtabwicklung, eine Fahrer-App, welche den direkten Kontakt vom Fahrer zum Kunden ermöglicht und eine Disponenten-App an, welche Echtzeit-Informationen angibt und eine direkte Verbindung zum Fahrer oder Fahrgast herstellen kann, an. In Kooperation mit einem ÖPNV-Dienstleister trat CleverShuttle erstmalig in diesem Jahr auf, als Partner des Lübecker Stadtverkehrs zur Implementierung der LÜMO App. Sowohl in diesem Projekt als auch in allen anderen Ridesharing-Flotten werden ausschließlich E- und Wasserstofffahrzeuge sowie Plug-in Hybride genutzt. Durch die hohe Reichweite des Hauptgesellschafters der Deutschen Bahn und der Daimler AG setzt CleverShuttle außerdem auf exklusive Einkaufsvorteile für seine Kunden⁵⁹.

⁵⁷ Vgl. Door2door 2018; kfw.de 2018

⁵⁸ Vgl. moovel-on-demand.com 2018

⁵⁹ Vgl. clevershuttle.de 2018

Während sowohl moovel on-demand als auch Door2Door und CleverShuttle jeweils drei ähnliche Plattformkomponenten anbieten, unterscheiden sie sich am meisten durch ihre bereits gewonnenen Erfahrungen in eigenen Projekten oder Kooperationen mit ÖPNV-Dienstleistern. Eine Übersicht über bestehende On-Demand-Projekte kann der Tabelle 49 im Anhang entnommen werden.

5.2.3 Markteinführung

Die Einführung eines solchen Angebots muss aus wirtschaftlicher Sicht mit einer schnellen Erhöhung der Nutzerzahlen einhergehen. Daher muss die Nutzungshürde möglichst gering sein. Es handelt sich um eine Dienstleistung, die erlebbar gemacht werden muss. Eine Nutzung ermöglicht es, mit dem direkten Erleben eine Bewertung vornehmen zu können. Daher muss, neben den üblichen Marketingmaßnahmen und einer gezielten Ansprache potentieller Zielgruppen, das Testen ermöglicht werden. Gutscheine zur kostenfreien Probenutzung bieten sich dafür an. Verbunden mit Empfehlungsanreizen für Bestandskunden im Freundes- und Bekanntenkreis kann damit schnell eine große Bekanntheit erzielt werden. Es müssen breite Gruppen adressiert werden. Daher sind Vereine, Schulen und Arbeitgeber aktiv einzubinden.

Eine Integration in die Beauskunftung des ÖPNV böte eine Möglichkeit, zielgerichtet Kunden anzusprechen. Insbesondere die Einbindung des Transfers von und zur City-Bahn bietet sich dafür an.

Barrierefreiheit

Nach §8 Abs. 3 Satz 3 des PBefG muss die „Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs bis zum 1. Januar 2022 eine vollständige Barrierefreiheit [erreichen]“. Die Definition der vollständigen Barrierefreiheit zielt auf eine Mobilitätssicherung für alle Nutzergruppen ab. Ein diskriminierungsfreier Zugang beinhaltet dabei auch eine technische Barrierefreiheit, die es nicht technisch-affinen Personen ermöglicht den Service zu nutzen. Neben einem Serviceschalter oder einem telefonischen Kundendienst, wären mehrfache Bezahlungsformen (in bar, per Karte etc.) ebenso von Vorteil. Des Weiteren muss ein barrierefreier Zugang zu den Haltepunkten ermöglicht werden und ggf. genügend Platz für Kinderwägen oder Rollstuhlrampen gegeben sein. Möglichkeiten des barrierefreien Zugangs bieten beispielsweise Niederflurfahrzeuge⁶⁰. Zudem muss Rücksicht auf Behinderungen aller Art (Lauf-, Seh-, Sprachbehinderte) genommen werden.

Ausnahmen, die die Frist 2022 überschreiten, sind zu begründen in Abwägung mit anderen Belangen sowie finanziellen und technischen Möglichkeiten⁶¹.

Aktuell bieten die jetzt in Deutschland operierenden Bedarfsverkehre nur sehr eingeschränkte physische Zugangsmöglichkeiten aufgrund der eingesetzten Fahrzeuge. Die Zustiegszeiten erhöhen sich durch mobilitätseingeschränkte Personen meist relevant, was nicht im Interesse der Anbieter ist. Allerdings bietet die vorherige Anforderung die Möglichkeit, dies in der Planung respektive dem Algorithmus zu berücksichtigen. Weiterhin dient eine sichtbare Kennzeichnung der Fahrzeugnummer für eine reibungslose Identifikation des gebuchten Fahrzeuges und schnelle Zustiege.

60 Bsp.: Die österreichische Firma K-Bus hat auf der technischen Basis des Nissan e-NV200 einen Niederflurbus mit Elektroantrieb und Solarpanelen als Range Extender entwickelt.

61 Vgl. Deutsches Institut für Urbanistik 2014

5.2.4 Tarifsysteme

Die Preissysteme der Bedarfsverkehrsanbieter können in folgende Formen (Tabelle 13) aufgeteilt werden:

Tabelle 13: Übersicht Tarifsysteme

Preissystem	Taxi / Fahrt- auslastungstarif	Streckentarif	Auslastungstarif	Pauschalтарif	Kombi-Tarif mit ÖPNV	Zonen- /Wabentarif
Kalkulation	Fixer Betrag + Streckenabhängiger Zuschlag → teilt sich durch An- zahl Mitfahrender	Rein Stre- ckenabhäangi- ger Betrag je Person	Fester Betrag je Fahrt/ Person der je nach Uhr- zeit und Tag schwanken kann (Auslastung des ge- samten Systems wird be- rücksichtigt)	Fester Betrag je Fahrt/ Person (in- nerhalb des Bedi- engebietes)	Nutzung nur in Kombination mit einem ÖPNV-Ticket → ÖPNV Ticket + fixen Zuschlag	Fahrpreis nach Anzahl der durchfahrenen Waben und der Anzahl der fahrenden Personen
Relevanz/ Eignung hinsicht- lich Wirtschaft- lichkeit/ Ge- schäftsmodell: Hoch - gering						

Für ein Bedarfsverkehrsangebot als Ergänzung zum ÖPNV empfiehlt sich zu Beginn eine sehr einfache und attraktive Bepreisung. Insbesondere bieten sich dafür Pauschalpreise an. Eine geringe Annahme am Anfang wird sich später durch geringere Preise nur schwer ausgleichen lassen da die potentiellen Nutzer schon ein vorgefertigtes Bild aufgebaut haben. Für vorhandene Kunden des ÖPNV sollte ein Aufschlagstarif eingeführt werden. Es sollten möglichst wenige Konkurrenzangebote gefördert werden.

Bei etablierten Systemen kann, durch die Beeinflussung von zeitlichen Abfahrten und ggf. Verschieben von Start- und Zielort, eine Optimierung von Routenverläufen erfolgen. Somit können Fahrten besser ausgelastet und die Nachhaltigkeit sowie die effiziente Nutzung eines Bedarfsverkehrs-Angebots gestärkt werden. Da der Preis ein wesentliches Steuerungsinstrument der Nachfrage darstellt, könnte Flexibilität in Abfahrts- / Ankunftszeit bzw. -zeit zum Erstellen günstigerer Fahrpreisangebote genutzt werden.

5.2.5 Ausgestaltung des On-Demand-Verkehrs

Generell ist für den aktuellen Buseinsatz der RVE zu prüfen ob nicht auch alternative ÖPNV-Konzepte wie das Anruf-Sammeltaxi oder Bedarfslinien eingesetzt werden können. Unabhängig davon liegt der Fokus auf aktuellen Überlegungen in der Stadt Stollberg, die ein separates Angebot adressieren. Die Stadt Stollberg erwägt, als Ergänzung zum bisherigen Bus-ÖPNV einen On-Demand-Verkehr einzurichten. Damit können sowohl Gebiete mit ungenügender Abdeckung durch den ÖPNV als auch Gebiete mit zeitweise sehr weitmaschigen Taktzeiten im ÖPNV besser erschlossen werden. Übergeordnetes Ziel ist die Erweiterung und Verbesserung des ÖPNV-Angebots und das Überführen weiterer Bürger in den Mobilitätsverbund.

Kundenschnittstelle

Insgesamt beinhaltet die Umsetzung eines On-Demand-Verkehrs die Komponenten des physischen Transports der Personen, d.h. die Anschaffung und der Betrieb der Fahrzeuge und deren Koordination, sowie eine Kundenschnittstelle mit einer IT-Plattform im Hintergrund, welche die Buchung und Routenplanung möglichst automatisiert übernimmt. Als Kundenschnittstelle wären entweder eine Smartphone-Applikation oder eine Hotline sinnvoll, da diese neben der reinen Buchung zusätzlich transportrelevante Informationen an die Kunden vermitteln können.

Die Kundenschnittstelle sollte für den Kunden konkret folgende Funktionen beinhalten:

- Übersicht über das aktuelle ÖPNV Angebot
- Ermittlung der schnellstmöglichen Verbindung zwischen 2 Punkten unter Miteinbeziehung sämtlicher Angebote (inkl. On-Demand) sowie Alternativen
- Preisübersichten für die verschiedenen Alternativen
- Möglichkeit der Bestellung und Bezahlung des On-Demand-Dienstes, sowie ggfs. Anderen Tickets des Verbunds
- Meldung aktueller Störungen
- Echtzeitdaten über Ankunftszeit und Position des On-Demand-Busses, sowie ggfs. Anderer Fahrzeuge des ÖPNV

Für die Buchung und Bezahlung des On-Demand-Dienstes über eine Smartphone-Applikation würde eine Registrierung erforderlich, um Missbrauch vorzubeugen sowie die Zahlungen einfach zu gestalten. Weiterhin könnte der Buchungsvorgang unkompliziert per Zeiteingabe, Start- und Zieleingabe sowie der Bestätigung abgewickelt werden, um Barrierefreiheit zu gewährleisten. Die Möglichkeit der Implementierung der Nutzung der GPS-Funktion zur Standortbestimmung für den Startpunkt einer zu buchenden Fahrt bestünde ebenfalls.

Bei der Nutzung einer Hotline zum Buchen kann die Bezahlung entsprechend im Fahrzeug beim Fahrer abgewickelt werden. Informationen wie die voraussichtliche Wartezeit und der Halteort des On-Demand-Busses sollten dann bereits bei der Buchung eindeutig definiert und kommuniziert sein. Auch ist denkbar, die Nummer des anfordernden Kunden (mit dessen Einverständnis) an den

Fahrer weiterzugeben, sodass im Falle eines Problems die Möglichkeit der direkten Kommunikation besteht.

Gebietsauswahl

Die Ausgestaltung des Einsatzgebietes sollte, wie bereits erwähnt, Gebiete mit geringem Angebot (d.h. einer geringen Linienanzahl und/oder einem weitmaschigen Takt) durch den ÖPNV erschließen. Da die geografische Lage der verschiedenen Ortsteile Stollbergs jedoch teilweise gestreckt und relativ weit voneinander entfernt sind, ist es nicht sinnvoll, einen On-Demand-Betrieb ohne Einschränkungen über die gesamte Gemeinde Stollberg anzubieten. Auch sind On-Demand-Verkehre, welche nur die abgelegenen Ortsteile versorgen, nicht machbar. Diese werden immer einen Zielort adressieren, der meist in der Stadt liegen wird. Sinnvoll wäre der Einsatz innerhalb der Kreisstadt Stollberg als Kerngebiet unter Miteinbeziehung des Ortsteils Mitteldorf. Beim Einsatz von 2 Fahrzeugen könnten die anderen Ortsteile mitangebunden werden.

Ein mögliches Zeitfenster besteht zwischen 20 und 5 Uhr, da in diesem praktisch der gesamte ÖPNV in Stollberg ruht. Dies würde das aktuell existierende ÖPNV-Angebot somit ergänzen und eine Mobilitätsversorgung rund um die Uhr gewährleisten.

Um breite Bevölkerungsschichten anzusprechen, sollte das Angebot auch von 14:00 bis 20:00 Uhr zur Verfügung stehen. Im Rahmen eines Pilotprojekts sollte im Nachtfenster das gesamte Gebiet mit einem Fahrzeug abgedeckt werden. In der übrigen Zeit sollte zu Beginn mit zwei Fahrzeugen gestartet und dann nach Bedarf angepasst werden. Insbesondere in der Anfangszeit muss das Angebot eine gute Verfügbarkeit aufweisen, um die Kundengewinnung zu ermöglichen und Erfahrungen zu sammeln, inwieweit das Angebot von der Bevölkerung Stollbergs als Ergänzung zum ÖPNV angenommen wird. Aus diesem Ergebnis ließen sich weitere Maßnahmen ableiten.

Preisstruktur

Für die Preisgestaltung ergeben sich nach der Markteinführung mehrere Möglichkeiten. Um die Flexibilität des On-Demand-Verkehrs im Preis widerzuspiegeln, bietet sich ein entfernungsabhängiges Tarifmodell an, welches einen im Vorfeld festgelegten Entfernungssatz pro Kilometer auf die tatsächlich gefahrene Strecke überschlägt. Um zu verhindern, dass Fahrten für fußläufige Strecken verwendet werden, kann hierbei zudem entweder ein in jedem Fall zu entrichtender Grundpreis oder eine Anfahrtspauschale eingerichtet werden. Dieses Modell gewährt Transparenz und berechnet den Kunden einen leistungsabhängig fairen Preis.

Eine Alternative ist die Quersubvention mit einem entfernungsunabhängigen Preis. Hierbei bezahlt der Kunde lediglich die Fahrt, unabhängig von der zurückgelegten Strecke. Dabei ist es denkbar, das Bedienegebiet in Zonen einzuteilen, um Entfernungen dennoch näherungsweise zu berücksichtigen. Diese Zonen bieten sich vor allem beim Integrieren von dezentralen Ortsteilen wie z.B. Mitteldorf an. Dies hat für den Kunden den Vorteil, dass er den Preis bereits ohne genaue Kenntnis über die Streckenlänge errechnen kann.

Bei beiden Preismodellen existiert als Ergänzung die Möglichkeit, bereits vorhandene Abo-Tickets der Kunden in die Preisfindung miteinzubeziehen. So kann Abo-Kunden gegebenenfalls ein Rabatt auf den Kilometersatz oder den Ticketpreis gewährt werden, wenn sie dieses Abo-Ticket beim Fahrer vorweisen oder in einer Smartphone-Applikation hinterlegen. Dies dürfte insbesondere bereits im ÖPNV vorhandene Kunden zur Nutzung des On-Demand-Angebots bewegen, um eine Grundauslastung im On-Demand-Netz zu erzeugen.

Insgesamt sollte bei der Preissetzung generell darauf geachtet werden, dass sich diese konsistent in den Tarifplan des ÖPNV einfügt. So kann dem Kunden ein auch preislich ganzheitlich eingebundener On-Demand-Dienst angeboten werden.

Kostenberechnung

Zur groben Abschätzung der möglichen Kosten wurde eine Überschlagsrechnung durchgeführt. Die angenommenen Preise für Software- und Lizenzgebühren orientieren sich an Angeboten für andere Städte, wären bei Bedarf für Stollberg jedoch individuell einzuholen. Aufgrund der Größe Stollbergs wurden geringere Kosten angenommen. Die zu erwartenden jährlichen Kosten (Tabelle 14) gestalten sich wie folgt:

Tabelle 14: Jährliche Kosten des On-Demand-Dienstes⁶²

Kosten pro Jahr bei 4 Jahren Laufzeit		
Investitionskosten	2 Fahrzeuge á 60 000 €	120 000 €
	Software	25 000 €
	Marketing	50 000 €
	<u>Summe Investition</u>	<u>195 000 €</u>
Personalkosten	4 Fahrer á 45 000 €/a	180 000 €
	1/2 Disponent/Planer á 50 000 €/a	25 000 €
	<u>Summe Personal/a</u>	<u>205 000 €</u>
Laufende Kosten	Lizenzgebühren/a	30 000 €
	Unterhalts-/Betriebskosten /a	36 000 €
	<u>Summe Laufende Kosten/a</u>	<u>66 000 €</u>
Summe	<u>Gesamtsumme/a</u>	<u>319 750 €</u>

Die Fahrzeugkosten orientieren sich an einem 9-Sitzer Fahrzeug mit einem Aufschlag für Folierung. Personalkosten stehen als Referenzgröße für eine externe Beschaffung und orientieren sich an marktüblichen Kosten. Kapitalkosten wurden vernachlässigt.

Die geschätzten Kosten ohne Berücksichtigung der Fahrgeldeinnahmen für solch ein Pilotprojekt liegen entsprechend bei knapp 320 000 € im Jahr. Bei entsprechender Umgestaltung des Angebots und des Umfangs sind diese Kosten entsprechend anpassbar. Eine Erwirtschaftung der Kosten würde demnach Einnahmen von 900 € je Tag und 450 € je Fahrzeug bedingen. Dies ist in einem Piloten nicht zu erwarten.

5.3 Elektrofahrräder

Der Markt für Elektrofahrräder entwickelt sich in Deutschland seit einigen Jahren dynamisch. Im Jahr 2017 wurden 720 000 Elektrofahrräder verkauft (vgl. Abbildung 15). Dies entspricht einer Steigerung von 19 % im Vergleich zum Vorjahr und einem Anteil von 19 % bezogen auf die Gesamtanzahl verkaufter Fahrräder. Der Absatz von Elektrofahrrädern stieg trotz des Rückganges der Gesamtabsatzzahlen aller Fahrräder um 5 %. Deutschland gehört zu einem der größten Absatzmärkte für Elektrofahrräder in Europa.

⁶² Mobilitätswerk GmbH

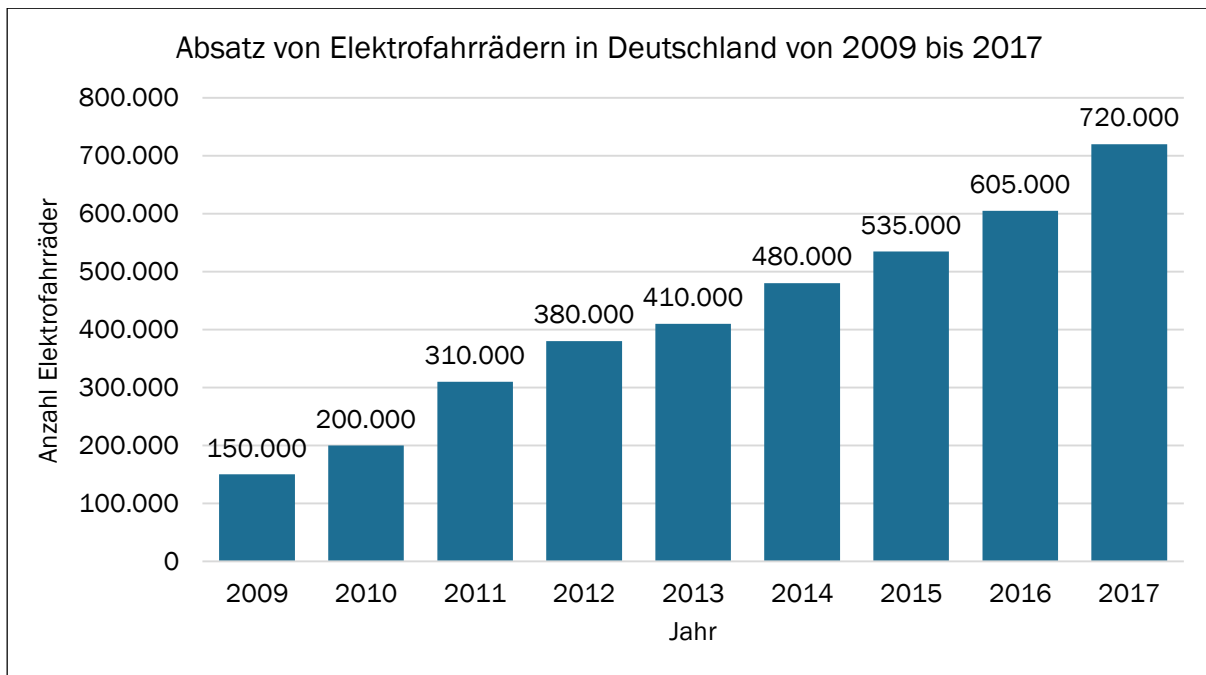


Abbildung 15: Absatz von Elektrofahrrädern in Deutschland von 2009 bis 2017⁶³

Der Zweirad-Industrie-Verband (ZIV) geht mittelfristig (5 Jahre) von einem Verkaufsanteil der Elektrofahrräder von 23 – 25 % und langfristig (8 – 10 Jahre) von 35 % aus⁶⁴. Mit einem Bestand von ca. 3,5 Millionen elektrisch unterstützten Fahrrädern ergibt sich ein Anteil von 4,7 % am Gesamtbestand von Fahrrädern (73,5 Mio.) in Deutschland (Stand 2017).

Elektrofahrräder werden in drei Kategorien aufgeteilt (vgl. Tabelle 15). Pedelecs unterstützen den Fahrer mit einem Elektromotor, während des Tretvorgangs bis maximal 25 km/h. Im Straßenverkehrsgesetz ist das Pedelec dem Fahrrad rechtlich gleichgestellt, denn es werden weder Kennzeichen und Zulassung noch Fahrerlaubnis benötigt. Schnelle Pedelecs oder S-Pedelecs leisten jedoch eine Motorunterstützung von bis zu 45 km/h. Bei E-Bikes wird der Fahrer auch ohne Treten elektrisch unterstützt. Sie gelten als Kleinkrafträder, wenn eine Motorleistung von 1 000 Watt und eine Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h nicht überschritten werden. Laut ZIV sind 99 % aller verkauften Elektrofahrräder Pedelecs. Im Sprachgebrauch ist jedoch der Begriff E-Bike verbreitet, womit im weiteren Sinne Elektrofahrräder aller drei Kategorien gemeint sind. Im Folgenden wird daher von Elektrofahrrädern gesprochen.

⁶³ ZIV 2018

⁶⁴ Vgl. Zweirad-Industrie-Verband 2018a

Tabelle 15: Arten von Elektrofahrrädern im Vergleich

	Pedelec	S-Pedelec	E-Bike
Motorleistung	250 Watt	500 Watt	4 000 Watt**
Unterstützung bis	25 km/h, tretabhängig	45 km/h, tretabhängig	45 km/h, tretunabhängig
Fahrzeugtyp	Fahrrad	Kleinkraftrad	Kleinkraftrad
Führerschein	Nein	Ja, AM	Ja, M
Helm	empfohlen	verpflichtend	verpflichtend
Versicherung	Nein	Ja	Ja
Nutzung der Radverkehrsanlagen	Ja	Nein	Nein
Marktanteil*	98 %	2-3 %	

* laut ZIV

** E-Bikes können auch mit stärkeren Motoren ausgerüstet sein und eine höhere Leistung erzielen. Dann werden sie als Kraftrad eingestuft.

Elektrische Lastenräder ermöglichen durch geräumige Gepäckträger oder Transportschalen den Transport größerer Lasten wie bspw. Einkäufe bzw. im gewerblichen Bereich Paket- oder Essenslieferungen. Eine Zuladung von bis zu 200 kg Gesamtgewicht ist möglich. Sie stellen für den Transportbedarf eine Alternative zum PKW dar. Seit März 2018 werden elektrisch angetriebene Schwerlastfahrräder für den gewerblichen Gebrauch staatlich gefördert.⁶⁵ Lastenräder sind in ihrer Funktionsweise analog dem Pedelec.

Laut ZIV halten Cityräder mit 38,5 % den größten Anteil an allen verkauften Elektrofahrrädern, gefolgt von Trekkingrädern mit 35,5 % und Mountainbikes (MTB) mit 21,5 %. Der Anteil der Lastenräder ist im Vergleich zum Vorjahr um 0,1 % gestiegen und wird voraussichtlich eine steigende Tendenz beibehalten.

Der durchschnittliche Preis eines Elektrofahrrades liegt bei rund 2 550 €, wobei E-Fahrräder in der Regel 500 – 1 500 € teurer sind als Fahrräder ohne Antrieb. Es sind auch günstige Modelle ab 800 €⁶⁶ verfügbar, der Trend geht jedoch zu den Premiummodellen mit Smartphone-Anbindung oder Bordcomputer, sowie hochwertigen Komponenten.⁶⁷ Die teuerste Komponente eines Elektrofahrrades ist, wie beim PKW, der Akku. Mit sinkenden Kosten für Lithium-Ionen-Batterien ist auch mit einer Kostenreduktion der Elektrofahrräder zu rechnen.

5.3.1 Potentiale und Effekte von Elektrofahrrädern

Elektrofahrräder werden analog zu konventionellen Fahrrädern im Alltag, auf dem Weg zur Arbeit, für Besorgungen, für Ausflugsfahrten am Wochenende oder im Urlaub genutzt. Sie sprechen zudem neue Zielgruppen an, die bisher nicht oder selten auf das Fahrrad zurückgegriffen haben.

Die Verkehrswende adressiert keinen 1:1-Ersatz von konventionellen PKW durch batterieelektrisch betriebene PKW (BEV). Um eine nachhaltige Mobilität zu etablieren, ist eine Reduktion des Verkehrsaufkommens und damit eine Verlagerung von MIV-Wegen auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes erforderlich. Hierfür bieten elektrische Fahrräder ein großes Potential. Für Personen, die

65 Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle 2018

66 Discounter Angebote

67 Vgl. Greenfinder.de 2018

das konventionelle Fahrrad ablehnen oder wenig nutzen, schafft das elektrische Fahrrad den Anreiz, den PKW für bestimmte Wege stehen zu lassen. Für Stollberg bietet der Einsatz von Elektrofahrzeugen ggf. auch im Pendlerverkehr ein großes Potential für die Reduktion des MIV. Durch die Möglichkeit auch längere Strecken mit dem Rad absolvieren zu können, wird der Einzugsbereich der Bahnhöfe bzw. Haltepunkte in der Region deutlich vergrößert. Mehr als drei Viertel aller Wege liegen im Entfernungsbereich von bis zu 10 km und eignen sich grundsätzlich für die Nutzung eines Elektrofahrads.⁶⁸ Es kann mittlerweile auch bei Wegen von bis zu 20 km von einer Eignung ausgegangen werden. Die Attraktivität, den täglichen Weg zur Arbeit intermodal und ohne den privaten PKW zurückzulegen, steigt dadurch deutlich an.

Gesundheitliche Aspekte und die Steigerung der persönlichen Fitness sind u. a. Gründe für die Nutzung. Aufgrund des geringeren Kraftaufwandes, können auch längere und anspruchsvollere Strecken in kürzerer Zeit absolviert werden. Studienergebnisse zeigen, dass 60 % der Nutzer von Elektrofahrzeugen die üblichen Ziele vom Wohnort aus sehr gut erreichen können. Mit dem konventionellen Fahrrad trifft dies auf 27 % zu⁶⁹. Die Nutzung von Elektrofahrzeugen ermöglicht es, auch bergige oder großflächigere Regionen wie in Stollberg stärker für die Fahrradnutzung zu erschließen.

Neben dem großen Hebel der alltäglichen Mobilität, bieten Elektrofahräder für den Tourismus neue Impulse. Attraktive Tourenstrecken mit separaten Fahrradwegen und Freizeitangebote können kombiniert werden. Neben dem Fahrradtourismus, der sich aus der Ansprache neuer Zielgruppen ergibt, entstehen durch die Ausweitung der Destinationen und des Tourenangebotes weitere Chancen. Die touristische Frequentierung in der Region kann mit passenden Angeboten weiter gesteigert werden. Die neuen Zielgruppen mit Elektrofahrzeugen bieten dieses Potential.

Durch einen höheren Anteil der Fahrradwege am Modal Split ergibt sich für lokale Geschäfte die Möglichkeit, mehr Laufkundschaft zu generieren. Aufgrund der geringeren Fahrgeschwindigkeit im Vergleich zum PKW und durch den Entfall der Parkplatzsuche sinkt die Hürde, spontan anzuhalten.

Die Umweltwirkung von Elektrofahrzeugen ist mit einem CO₂-Ausstoß⁷⁰ von etwa 0,864 kg CO₂ pro 100 km für die Batterieproduktion, sowie etwa 0,452 kg CO₂ pro 100 km für die Ladung und einem Energieverbrauch von etwa 1 kWh deutlich geringer als die eines PKW⁷¹. Dessen Werte liegen, abhängig vom geladenen Strom, deutlich unter denen von Elektro-PKW mit einem Verbrauch von ca. 16 kWh pro 100 km bei ca. 15 kg CO₂ (Strommix) bzw. ca. 7 kg CO₂ pro 100 km (regenerative Energie)⁷². Bei einem konventionellen PKW sind es 22,08 kg (Ottomotor) bzw. 19,14 kg CO₂ pro 100 km (Dieselmotor). Im Vergleich zum konventionellen Fahrrad entstehen bei der Nutzung eines Elektrofahrads mehr CO₂-Emissionen, diese Effekte sind jedoch durch die deutlich höheren Reduktionen von PKW Fahrten zu vernachlässigen.

Durch die Reduktion von Lärm, den geringeren Flächenverbrauch und der gesundheitlich positiven Aspekte stellen Elektrofahräder einen großen Mehrwert dar. Mit einem Raumanspruch, der etwa dem von konventionellen Fahrrädern entspricht, können Flächen deutlich effizienter genutzt werden, als für die Bereitstellung von Parkplätzen für PKW⁷³. Damit ergibt sich eine nachhaltige Mobilität mit deutlich attraktiveren Lebens- und Wohnräumen.

68 Vgl. Follmer et al. 2008

69 Vgl. Lienhop et al. 2015

70 Annahmen: Reichweite 30 km, Laufleistung 15 000 km

71 European Cyclists' Federation 2011

72 Vgl. ADAC 2018a

73 Vgl. Umweltbundesamt 2014

5.3.2 Anforderung an Radwegeinfrastruktur

Durch die Nutzung von Elektrofahrrädern ergeben sich neue Anforderungen an die Radinfrastruktur. Erhöhte Geschwindigkeiten, ältere Nutzer und geringere Fahrraderfahrung bedingen neue Anforderungen an Fahrradwege. Es ist auf unterschiedliche Fahrtgeschwindigkeiten zu achten. Verkehrssichere Überholvorgänge von Radfahrern müssen möglich sein.⁷⁴ Die Nutzung von Elektrofahrrädern ist mit dem Flächenverbrauch konventioneller Radfahrer vergleichbar. Befragte einer Studie gaben zu dem Punkt *erschwerende Regelungen und Infrastrukturmerkmale* an, dass aufgrund des Gewichts und der Geschwindigkeit von Elektrofahrrädern, die Oberflächenmängel der Fahrbahn den Fahrkomfort und die Sicherheit stark beeinflussen⁷⁵. So sind eine entsprechende Breite der Fahrbahn, rutschfester Belag sowie weite Kurvenradien zu berücksichtigen, um die Streckenführungen nicht nur sicher, sondern auch attraktiv für die Bürger zu gestalten. Die Beschilderung muss eine ausreichende Größe haben und frühzeitig erkennbar sein. Treppen und Absätze sollten vermieden werden bzw. müssen Alternativen zur Verfügung stehen, die kein Anheben der Elektrofahrräder erfordern (bspw. Rampen ohne enge Kurven oder starke Anstiege, Fahrstühle etc.). Zudem ergeben sich Sicherheitsrisiken durch das Unterschätzen von Fahrgeschwindigkeiten. Dies gilt für die Radfahrer sowie andere Verkehrsteilnehmer. Weitere Gefährdungen entstehen durch Nachlauf des Motors beim Halten oder durch Bremsvorgänge auf nasser Fahrbahn⁷⁶. Dabei ist, bedingt durch das höhere Gewicht der Elektrofahrräder, von einem größeren Verletzungspotential auszugehen.

Die Wahl der Radverkehrsführung bzw. die Vereinbarkeit von Rad- und PKW-Verkehr auf Straßen hängt wesentlich von der KFZ-Belastung, der Geschwindigkeit sowie der Fahrbahnbreite ab. Grundsätzlich sollte sich hierbei an den Richtlinien der technischen Regelwerke (RASt, ERA) orientiert werden. Die Anforderungen des technischen Regelwerks *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen* (ERA) sind für Fahrtgeschwindigkeiten bis 30 km/h konzipiert. Jedoch bedürfen einige Anforderungen der kritischen Betrachtung. Der Sicherheitsabstand zu Gehwegen kann bei zukünftig steigenden Elektrofahrradanteil und somit höheren Geschwindigkeiten nicht mehr ausreichend sein. Zudem sollten auch Bremswege, besonders bei nasser Fahrbahn, kritisch hinterfragt werden.

Grundsätzlich ergeben sich 3 Führungsformen:

- Mischverkehr: Rad- und KFZ-Verkehr auf einer Fahrbahn
- Mischverkehr mit Teilseparation: durch Schutzstreifen, Gehweg/Radfahrer frei
- Trennung von Rad- und KFZ-Verkehr: Bsp. Radfahrstreifen, Radweg, gemeinsamer Geh- und Radweg

Bei einer Fahrbahnbreite von 6m bis 7m und KFZ-Belastungen von 400 Kfz/h gestaltet sich der Mischverkehr durchaus schon schwierig, jedoch sind Überholvorgänge noch gestattet. Übersteigt die KFZ-Belastung 700 KFZ/h dürfen die Radfahrer nicht überholt werden. Besteht eine Breite von mehr als 7,5 m, ist der Ausbau eines Schutzstreifens (i.d.R. 1,5 m breit, aber mind. 1,25 m) denkbar und sollte geprüft werden⁷⁷.

Radwege in Fußgängerbereichen sollten nur dann in Frage kommen, wenn kaum gemeinsamer Verkehr besteht. Fußgänger werden von Radfahrern verunsichert oder auch gefährdet. Elektrofahrrad-Nutzer passen ihre Fahrgeschwindigkeit nicht immer bei hohen Fußgängeraufkommen⁷⁸ an und unterschätzen zudem Bremswege.

74 Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012

75 Vgl. PGV-Alrutz/IWU 2015

76 Vgl. PGV-Alrutz/IWU 2015

77 Vgl. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2009

78 Vgl. PGV-Alrutz/IWU 2015

Elektrofahrräder mit einer Geschwindigkeit von 45 km/h dürfen keine Einbahnstraßen in Gegenfahrrichtung nutzen. Dies gilt auch, wenn diese für Fahrräder freigegeben sind.

Damit eine höchstmögliche Akzeptanz des Radverkehrs erreicht wird, sollten die Radwege grundsätzlich immer in bestem Zustand sein. Gemäß den landesgesetzlichen Regelungen unterliegen Radwege/Radverkehrsanlagen der Versicherungspflicht. Die Reinigung von Laub oder Schnee muss daher durch den Straßenbaulastträger gewährleistet werden.

Querschnittsbeispiel Herrenstraße in Stollberg/ Erzgebirge

Eine besondere Situation ergibt sich entlang der Herrenstraße in Stollberg. Aufgrund der begrenzten Platzsituation und dem Einbahnstraßenprinzip erschwert es den Bau einer geeigneten Radwegeinfrastruktur für Elektrofahrräder. Ausgehend von einer Fahrbahnbreite von 10 Meter und dem Anliegen, Fahrradstreifen beidseitig auszubauen, ergeben sich hierbei besondere Anforderungen. Ein Teil der Fahrbahn ist aus Pflastersteinen.

Die Freigabe von Einbahnstraßen für den Radverkehr ist möglich, wenn die Höchstgeschwindigkeit von 30km/h nicht überstiegen wird, die Fahrbahn ausreichende Breite ist (Fahrgasse mindestens 3m, besser 3,5m, bei Schwerverkehr $\geq 3,5m$) sowie die Verkehrsführung übersichtlich gestaltet ist⁷⁹. Durch die Anbringung der Schilderkombination durch Zeichen 220 *Einbahnstraße* und das entsprechende Zusatzzeichen *Radverkehr frei mit zwei gegengerichteten Pfeilen*, wird der Radverkehr in beiden Richtungen zugelassen.

Durch die zunehmende Fahrzeugbelastung unter 400 KFZ/h, wäre ein Mischverkehr auf diesem Straßenabschnitt denkbar, jedoch nicht besonders attraktiv für die Radnutzung. Von einem gemeinsamen Geh- und Radweg wird abgeraten. Denkbar und möglich ist die Erweiterung durch einen Schutzstreifen für Radfahrer.

Der Teilabschnitt der Herrenstraße welcher durch Pflastersteine geebnet ist, sollte eine ebene Fahrbahnoberfläche ausgebaut werden. Die Pflastersteine können besonders bei Nässe eine Gefährdung der Verkehrssicherheit für Elektrofahrrad- bzw. Radnutzer darstellen.

5.3.3 Anforderungen an Abstellplätze für Elektrofahrräder

Der Trend zu Elektrofahrrädern setzt sich weiter fort. Um die tägliche Nutzung zu stärken, sind schon jetzt Maßnahmen notwendig. Die Fahrräder sind bereits in relevanter Anzahl verbreitet und könnten auf täglichen Wegen eingesetzt werden. Verhindert wird dies aktuell noch durch die geringe Anzahl an sicheren Abstellmöglichkeiten, insbesondere bei längeren Standzeiten.

Abstellmöglichkeiten für Elektrofahrräder kommen aufgrund ihres Wertes, der überproportional wahrgenommenen Diebstahlwahrscheinlichkeit und den abnehmbaren Akkus, eine hohe Relevanz zu. Die Abstellmöglichkeiten müssen sowohl an Wohnungen, bei Arbeitgebern und auch an halb-/öffentlichen Fahrtzielen mit längeren Standzeiten barrierefrei und diebstahlgeschützt vorhanden sein. Dafür eignen sich einzeln abschließbare Fahrradboxen/-käfige deutlich besser als Fahrradbügel und werden von den Nutzern präferiert. Das Material der Fahrradboxen/-käfige sollte auch Aufbruchversuchen standhalten können.

Bei Bautätigkeiten und im Rahmen der Kommunikation sind die Bauherren auf diese Anforderungen hinzuweisen. So können Anforderungen im privaten (und halböffentlichen) Bereich an die Abstellplätze für Fahrräder, ggf. auch mit entsprechender Ladeinfrastruktur, in einer Satzung festgelegt werden⁸⁰. Denkbar ist auch die Veröffentlichung von Richtlinien für Abstellplätze für Fahrräder.

Im öffentlichen Bereich eignen sich besonders stark frequentierte Umstiegspunkte oder Pol bzw. PoS für die Errichtung von Abstellanlagen. Dies ist an den Haltepunkten der City-Bahn und den

⁷⁹ VwV StVO zu Zeichen 220 IV. 1.

⁸⁰ Aktuell existiert keine Stellplatzsatzung in Stollberg

größeren Einkaufsmöglichkeiten in Stollberg der Fall. Die Aufgabe der Kommune besteht darin, geeignete Flächen zu ermitteln und diese zudem zur Verfügung zu stellen. Dabei sollten die Abstellanlagen neben Diebstahlschutz, Barrierefreiheit, Wetterschutz und ggf. Beleuchtung, besonders an Punkten mit langen Standzeiten, möglichst überwacht werden. Die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für die Akkus ist nicht zwingend. Dies ist nur für den touristischen Bereich in Teilen interessant und sollte dort von der Gastronomie übernommen werden. Diese ist dafür zu sensibilisieren.

Die Kosten für solche Sammelabstellanlagen, die auch Platz für Zubehör (Helm, Akku, Taschen etc.) bieten, setzen sich im Wesentlichen aus der Anschaffung (mit Ausstattung) und der Montage zusammen. Zudem können ebenfalls bestehende Anlagen/Gebäude umfunktioniert bzw. erweitert werden. Eine grobe Übersicht zu anfallenden Kosten kann der Tabelle 16 entnommen werden.

Tabelle 16: Kostenorientierung für Abstellanlagen

Entwurf Abstellanlage	Kosten
Fahrradbügel (inkl. Planung, Montage) <ul style="list-style-type: none"> je Stellplatz für 100 Stellplätze 	ca. 250€ ca. 12 500€
Fahrradüberdachung (abhängig von der Anzahl der Abstellplätze)	700 – 2 000€ ⁸¹ 82
Fahrradboxen/-käfige <ul style="list-style-type: none"> je Stellplatz für 10 Stellplätze 	900 – 1 500€ 9 000 – 15 000€ ⁸³
Fahrradhaus/ Fahrradkleingarage (abhängig von der Anzahl der Abstellplätze)	Ab 5 000€
Fahrradparkhaus (inkl. Planung, Montage) <ul style="list-style-type: none"> je Stellplatz für 100 Stellplätze 	ca. 1 100€ ca. 110 000€ ⁸⁴

Es existieren bei den Nutzern teilweise Zahlungsbereitschaften (10 – 30 € mtl.) für eine sichere und komfortable Abstellmöglichkeit. Eine vollständige Refinanzierung, auch der laufenden Unterhaltungskosten, wird darüber nicht gegeben sein. Hierbei muss auf eine Testphase zurückgegriffen werden, um langfristig Wartung und Betrieb sicherzustellen.

5.3.4 Ladeinfrastruktur für Elektrofahräder

Aktuelle Elektrofahräder weisen Reichweiten zwischen 40 und 80 km im Realbetrieb auf. Da wenige Nutzer von Elektrorädern längere Strecken absolvieren, ist LIS nicht zwingend erforderlich. Vielmehr stellt es einen Mehrwert und einen Anziehungspunkt dar. Daraus ergibt sich, besonders im touristischen Bereich Potential, jedoch sind auch dort Lademöglichkeiten nicht zwingend, sondern ein zusätzliches Serviceangebot für die Kunden. Sie sollten daher auch durch Gastronomische Einrichtungen und das Gastgewerbe generell bereitgestellt werden.

Je nach Nutzergruppe sind andere Standorte relevant. Für Freizeit- und Einkaufswege sind primär zentrale Bereiche mit Einkaufs- und Aufenthaltsmöglichkeiten, bspw. die Supermärkte oder der Sportpark im Zentrum geeignet. Geeignete Standorte für Berufs- und Ausbildungswege befinden sich auf den Firmengeländen größerer Arbeitgeber oder an P&R Parkplätzen (Gewerbegebiet, Bahnhof). Für touristische Wege eignen sich vor allem Unterkünfte und Herbergen als Standorte für Ladeinfrastruktur sowie Fahrradläden und -verleiher.

81Vgl. absperntechnik24.de
82 Für diese Preisspanne werden rund 24 Fahrräder untergestellt
83 Drucksache 16 / 2783
84 Drucksache 17 / 18 277

Synergieeffekte mit LIS für EV ergeben sich vordergründig durch die gleichzeitige Nutzungsmöglichkeit der LIS-Anschlüsse. Voraussetzung ist, dass die Ladestation über einen Schuko-Anschluss verfügt. Allerdings existiert dann kein Diebstahlschutz für die Akkus und die Ladezeit ist lang. Daher muss in Sichtweite eine Aufenthaltsmöglichkeit gegeben sein. Weitere Synergieeffekte ergeben sich bei der Planung auf Standort-Ebene. Durch eine gemeinsame Planung von LIS für Elektro-PKW sowie Elektrofahrräder, können Einsparungen bei den Installationskosten erzielt werden. Weiterhin kann durch gemeinsame Anordnungen von LIS für E-Fahrzeuge und E-Räder ein intermodales Mobilitätsverhalten der Nutzer gefördert werden. Umweltfreundliche und zukunftsweisende Mobilitätskonzepte können nur in der Gesamtheit aller Verkehrsträger wirkungsvoll realisiert werden.

Ansprechpartner für LIS für Elektrofahrräder stellen demnach Gastronomiebetriebe und Einkaufsmöglichkeiten dar. Eine Aufgabe der Stadt wird nicht gesehen. Eine Vermarktung der Radwege als Routen unter Einbeziehung der Freizeit- und Versorgungsangebote und der vorhandenen LIS wird als wichtige Aufgabe gesehen, um touristische Aufmerksamkeit zu generieren.

6 Strategieentwicklung zur Unterstützung lokaler Unternehmen & Privatpersonen

6.1 Beteiligung von Akteuren

Erst die Beteiligung regionaler Akteure aus Stollberg sowie die Kenntnis und Berücksichtigung praktischer Erfahrungen ermöglicht eine Umsetzung von Maßnahmen des Elektromobilitäts- und LIS-Konzeptes. Die frühzeitige Einbindung regionaler Unternehmen ist dabei relevant, um nachträgliche Anpassungen und Mehrarbeit zu vermeiden. Die Aktivitäten seitens der Unternehmen beeinflussen den Erfolg der nachhaltigen Mobilität und Elektromobilität in der Stadt Stollberg und Umgebung maßgeblich.

Das betriebliche Mobilitätsmanagement der Unternehmen, in Verbindung mit einer Fuhrparkoptimierung und -elektrifizierung sowie einer nachhaltigen Mitarbeitermobilität, bietet, neben den direkten lokalen Emissionseinsparungen, auch eine wirksame Sensibilisierung der Mitarbeiter für deren Arbeitswege und private Wege. Unternehmen mit Fahrzeugen, die eine hohe Anzahl regelmäßiger Routenumläufe aufweisen, profitieren vorrangig durch die Integration von Elektromobilität in interne Prozesse, bspw. durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen im Außendienst sowie auf dem Betriebsgelände und der damit verbundenen Optimierung des Fuhrparks.

Durch das frühzeitige Initiieren von Netzwerken und den Austausch zwischen den beteiligten Akteuren untereinander, werden die Ausbildung regionaler Kompetenzen sowie die Entwicklung von Produkt- und Dienstleistungsbündeln, die dem Kunden einen einfachen Zugang zur Elektromobilität gewähren, gefördert. Bieten mehrere Akteure Elektromobilitätsangebote aus ihrem Bereich an, besteht eine Vermarktung und die Möglichkeit der Inanspruchnahme durch die Bürger sowie Unternehmen. Dies bildet eine direkte Grundlage für den Markthochlauf in der Stadt Stollberg. Die Beeinflussungsmöglichkeit dadurch ist extrem hoch. Im Gegensatz zu Maßnahmen, die die Stadt Stollberg allein ergreift und umsetzt, ist der Hebel durch die Information und Beeinflussung der Akteure deutlich höher. Die Verbreitung von Elektrofahrzeugen in der Region kann nur erfolgen, wenn entsprechende Angebote in Form von Fahrzeugen, LIS, Ökostrom-Tarifen etc. zur Verfügung stehen. Ohne die Entwicklung und Bewerbung solcher Angebote vor Ort, wird die Elektromobilität nicht für die breite Masse in der Stadt zugänglich.

Für die weitere Netzwerkbildung- und Pflege sollte zunächst eine Akteursliste erstellt werden, die durch Veranstaltungsplanungen auch im Rahmen der Erstellung des Konzeptes schon teilweise vorahnden ist. Diese sollte alle Akteure aus Stollberg und Umgebung beinhalten, die (potenzielle) Synergien mit der (Elektro-)Mobilität aufweisen. Neben bekannten Akteuren aus den Bereichen Verkehr und Mobilität, bspw. Verkehrsunternehmen, Fahrradverleihern und Autohäuser, sind auch bisher branchenfremde Unternehmen, bspw. Stadtwerke, Elektrotechniker, PoL- und PoS-Betreiber sowie Gastronomie- und Beherbergungsbetriebe relevant. Je nach Handlungsfeld und Anforderungen an die Prozesse im Tagesgeschäft, können die Akteure mit dem Ziel der aktiven Förderung der Elektromobilität in der Stadt oder dem Ziel der Nutzung und Verbreitung bestehender (Dienst-)Leistungen angesprochen werden.

Abbildung 16 zeigt die eruierten Akteure differenziert nach Relevanz der Elektromobilität zur Förderung des Kerngeschäftes sowie der Regelmäßigkeit von Routenumläufen im Tagesgeschäft.

Ausprägungen		Regelmäßige Routenumläufe		
		gering	hoch	
Relevanz von Elektromobilität zur Förderung des Kerngeschäftes	gering	<ul style="list-style-type: none"> • Gastronomie- und Beherbergungs-betriebe • PoI- und PoS-Betreiber • Banken • Supermärkte 	<ul style="list-style-type: none"> • Apothekenlieferdienste • Mobile Dienstleistungen • Essenslieferdienste • Ambulante Pflegedienste 	Ansprechpartner als Erbringer
	hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Autohäuser • Fahrradläden • Energieversorger • Elektrotechniker und -installateure • Elektrofachhandel • Energieberatung 	<ul style="list-style-type: none"> • Taxiunternehmen • Verkehrsunternehmen • Post-/Kurierdienste 	
 Ansprechpartner als Förderer				

Abbildung 16: Akteursübersicht (Elektro-)Mobilität

Für Akteure, die bisher keine direkten Schnittmengen mit dem Mobilitätsbereich aufweisen, ist die Relevanz der Elektromobilität für die Steigerung von Umsätzen im Kerngeschäft gering. Bestehen bei diesen Unternehmen zusätzlich keine oder wenige regelmäßige Routenumläufe im Tagesgeschäft, ist der Nutzen vorrangig im zusätzlichen Kundenservice und der Kundenbindung begründet. Im Markthochlauf kann das Angebot von bspw. LIS für die Kunden einen Wettbewerbsvorteil für diese Akteure bedeuten (vgl. 9.2.2). Der Sensibilisierung der Akteure kommt dabei eine hohe Relevanz zu, da Mobilitätsangebote meist nicht als Serviceleistung für die Kunden wahrgenommen werden. Durch Workshops, Informationsmaterialien sowie persönliche Ansprache und Beratung kann eine Aufmerksamkeit für das Thema erreicht werden. Die Verwendung von Best-Practice-Beispielen aus der Region kann sich positiv auf die Akzeptanz auswirken. Die Begleitung durch die lokale Presse begünstigt zusätzlich die Verbreitung erfolgreich umgesetzter Maßnahmen.

Die Elektromobilität ist ein Querschnittsthema und Systemgut und bedingt die Partizipation neuer Akteure. Unternehmen, die bisher nicht im Umfeld der Mobilität tätig waren, die Elektromobilität jedoch in ihr Kerngeschäft integrieren können, sollten durch die Stadt Stollberg aktiv einbezogen werden. Dazu gehört u. a. die Einbindung in regionale Netzwerke sowie die Unterstützung und Beratung hinsichtlich der Entwicklung von Produkt- und Dienstleistungsangeboten. Der Kommunikation zwischen den Marktakteuren des Ökosystems Elektromobilität (PV- und Speichertechnik, Autohändler, LIS-Anbieter und LIS-Betreiber, Ladekartenanbieter, regionaler Stromversorger, Elektriker etc.) kommt eine hohe Relevanz zu, da nur so die Bildung von Kompetenzen gefördert wird. Wichtig ist, die Marktakteure dafür zu sensibilisieren, selbst einfache und möglichst modular aufgebaute Angebote in Verbindung mit den anderen Marktakteuren zu entwickeln. Diese sollten auf die Elektromobilität und konkrete Anwendungsfälle zugeschnitten sein. Auf diese Weise wird sichtbar, dass Elektromobilität nicht die Idee eines einzelnen Akteurs ist, sondern von verschiedenen Seiten vorangetrieben und unterstützt wird. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Komplexität des Themas nicht auf die Produkte und Dienstleistungen übertragen wird. Die Angebote sollten als Pakete verfügbar sein und keine bzw. nur eine geringe Einarbeitung des potenziellen Nutzers in die Thematik erfordern. Das Vertrauen in regionale Marken und Werte sollte dabei gezielt genutzt werden. Zu Beginn sollte die Stadt Stollberg für diesen Anlass regelmäßige Treffen organisieren, im weiteren Verlauf kann dies durch die Akteure selbst koordiniert werden.

Die Akzeptanz der Elektromobilität durch die Bürger bedingt Sichtbarkeit, Transparenz, ein umfassendes Informationsangebot sowie niedrigschwellige und vorteilhafte Angebote. Diese müssen durch die Anbieter gemeinsam geschaffen und Vorteile herausgestellt werden. Insbesondere Angebote, die einen einfachen Einstieg in die Elektromobilität bzw. ein kennenlernen ermöglichen, sowie Fördermöglichkeiten und Sonderangebote der Hersteller müssen geschaffen sowie kommuniziert werden.

Neben der Einbindung externer Unternehmen, sollten alle Planungen, die Verwaltungsmitarbeiter der Stadt betreffen, auf Anknüpfungspunkte mit der Elektromobilität geprüft werden. Zusätzlich sollten alle Mitarbeiter, die eine Fahrberechtigung für die kommunalen Dienstfahrzeuge besitzen, über Einsatzszenarien informiert und mit der Funktionsweise der Fahrzeuge vertraut gemacht werden. Dies sollte mit der Einweisung für die (Elektro-)Fahrräder als Alternative auf kurzen Wegen verbunden werden.

6.2 Kommunikation und Information

Rahmenbedingungen und deren Einfluss auf das Mobilitätsverhalten

Das Mobilitätsverhalten wird durch eine Vielzahl von Rahmenbedingungen beeinflusst. Dazu zählen bspw. die ÖPNV-Anbindung am Wohnort und die Entfernung zum Arbeitsort. Hinzu kommen Gewohnheiten, die zu ändern langwierig und oft sehr schwierig ist. Neben der individuellen Nutzenmaximierung und objektiven, rationalen Faktoren, bspw. Zeitaufwand und Kosten, müssen auch psychologische Faktoren, bspw. Bequemlichkeit und Umweltbewusstsein, berücksichtigt werden⁸⁵. Eine möglichst genaue Beschreibung des Mobilitätsverhaltens kann durch die Kombination von psychologischen und rationalen Faktoren erzielt werden. Eine Untersuchung in Münster hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl zum Arbeitsplatz ergab, dass die Verkehrsmittelattribute Fahrpreis, Gesamtreisedauer, zusätzlicher Gehweg und Komfort sowohl psychologische Aspekte, als auch rationale Gründe für die Verkehrsmittelwahl widerspiegeln⁸⁶. Informations- und Kommunikationsmaßnahmen zur Steigerung der Nutzung alternativer Mobilitätslösungen sollten darauf abzielen, diese Attribute hervorzuheben und positiv mit den Angeboten in Verbindung zu bringen.

Neben den personalen Anforderungen und Präferenzen wirken sich die Erwartungen des sozialen Umfeldes ebenfalls auf das Mobilitätsverhalten aus. Dies bedeutet, dass die normative Erwartung Dritter, bspw. in Bezug auf einen bewussten Umgang mit der Umwelt, einen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl einer Person haben kann. Dieser Effekt kann insbesondere bei jungen Menschen positiv auf das Mobilitätsverhalten wirken, wenn diese frühzeitig für die Nutzung alternativer Verkehrsmittel sensibilisiert werden. Der Sensibilisierung junger Menschen durch nachhaltige Mobilitätserziehung in der Schule, bspw. durch Projektwochen, kommt dementsprechend eine hohe Relevanz zu. Darüber hinaus sollten Fahrschulen für die Nutzung von E-PKW sensibilisiert werden.

Weiterhin hängt die Wahl des Verkehrsmittels davon ab, wie hoch die Unabhängigkeit und Flexibilität der Nutzung ist und ob das individuelle Ziel problemlos und mit möglichst geringem Zeitaufwand erreicht werden kann. Hinzu kommen Anforderungen an das Erlebnis während der Fahrt, bspw. gesundheitliche Aspekte bei der Fahrradnutzung oder die Privatsphäre im PKW⁸⁷. Die Kommunikationsmaßnahmen sollten die verschiedenen Vorteile der einzelnen Mobilitätsoptionen hervorheben. Die Nutzung des Fahrrades begünstigt bspw. Bewegung an der frischen Luft und hat somit eine positive gesundheitliche Wirkung. Die Zeit im ÖPNV kann für Freizeitaktivitäten oder zum Arbeiten genutzt werden und bietet dadurch einen relativen zeitlichen Vorteil im Vergleich zum PKW.

Der private PKW als Statussymbol verliert, insbesondere bei jungen Menschen in Großstädten, zunehmend an Bedeutung. Um sich unabhängig und flexibel bewegen zu können, ist er nicht mehr

85 Vgl. Umweltbundesamt 2002

86 Vgl. Keuchel, S. 1995

87 Vgl. Hunecke, M. 1996

notwendig. Zwar werden heute häufig das Smartphone, die Kleidung oder der Lebensstil als Statussymbol angesehen - durch die Qualitäts- und Wertsteigerung bei Elektro-Fahrrädern sowie die Aufwertung des Fahrrades als Zeichen eines nachhaltigen und unabhängigen Lebensstils, haben jedoch auch diese das Potential, zukünftig als Statussymbol dienen zu können.

Eine Voraussetzung für die Wahl eines alternativen Verkehrsmittels ist das Problembewusstsein, respektive das Bewusstsein für ein zunehmendes Verkehrsaufkommen, verkehrsbedingte Schadstoffemissionen, Lärmbelastung etc. Darüber hinaus muss die Konsequenz des eigenen Handelns, bspw. die sonntägliche Fahrt zum Bäcker mit dem privaten PKW, mit dem allgemeingültigen Problem in Verbindung gebracht werden können. Ziel der Kommunikationsmaßnahmen der Stadt Stollberg sollte es daher sein, zunächst dieses Bewusstsein bei den Bürgern zu wecken und darauf aufbauend über alternative Lösungsansätze in Form von elektromobilen und multimodalen Mobilitätslösungen zu informieren. Dazu müssen Informationen bereitgestellt und damit eine Öffentlichkeitswirksamkeit erzielt werden. Insbesondere die Marktreife, Angebotsbreite und Vorteile der Elektromobilität sollten kommuniziert und dadurch eine stärkere Akzeptanz gefördert werden⁸⁸.

Die Elektromobilität als Querschnittsthema ist vielschichtig und komplex. Neben Vorurteilen und Unsicherheiten existieren daher auch viele Fragen – häufig zu technischen Aspekten bezüglich der Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur, den rechtlichen Rahmenbedingungen und den existierenden Angeboten respektive Produkten und Dienstleistungen (vgl. Tabelle 17 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Unsicherheiten bzgl. Technologie und Reichweite können durch einfache Fallbeispiele, vor allem durch positive Fahrerlebnisse mit Elektrofahrzeugen, reduziert werden. Angebote zum Testen von Elektro-PKW und (Elektro-)Fahrrädern haben eine besonders große und positive Wirkung.

Tabelle 17: Aufklärungsbedarfe in Bezug auf die Elektromobilität

	Technische Aspekte	Praktische Erfahrungen
Fahrzeug	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsweise Elektroantrieb, Vorteile gegenüber konventionellen Antriebskonzepten • Kosten • Reichweite im Abgleich typischer Mobilitätsprofile • Ladeleistung und -dauer • Lebensdauer und Merkmale der Akkus • Marktentwicklung (Modelle und Verfügbarkeit) • Umweltfreundlichkeit/Umwelteffekte • Wartung und Verschleiß 	<ul style="list-style-type: none"> • Rekuperation • Automatikgetriebe • Komfort • Sicherheit • Fahrerlebnis/Fahrspaß • Alltagstauglichkeit • Navigation zur nächsten Ladestation
Ladeinfrastruktur	(Halb-)Öffentlich	Privat
	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeleistungen • Standards und Steckertypen 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastrukturnetz in Deutschland im Vergleich zur konventionellen Tankstellenabdeckung • Ladekarten, Tarife und Roaming • Abrechnungs- und Bezahlmethoden • Kosten • Überbrückung der Ladeweile 	<ul style="list-style-type: none"> • Installation • Umbau • Kosten • Zubehör • Verknüpfung mit erneuerbaren Energien

⁸⁸ Vgl. Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung e. V. 2011

Gesetzliche Rahmenbedingungen	Kommunen/Unternehmen	Privatpersonen
	<ul style="list-style-type: none"> • Fördermöglichkeiten für Kommunen/Unternehmen • Kfz-Steuer und Dienstwagenbesteuerung • Möglichkeiten der Privilegierung der Elektromobilität (Elektromobilitätsgesetz (EmoG)) • Rahmenbedingungen für die Bereitstellung von LIS für Mitarbeiter 	<ul style="list-style-type: none"> • Fördermöglichkeiten für Privatpersonen • Kfz-Steuer • E-Kennzeichen – Kosten und Beantragung (EmoG) • Privilegierung E-PKW im Heimatort (EmoG)

Handlungs- und Umsetzungsempfehlungen

Der Einfluss von weichen, psychologischen Faktoren, bspw. dem Umweltbewusstsein, auf die Verkehrsmittelwahl ist umso höher, je geringer die Kosten des ökologischen Handelns sind. Änderungen im Mobilitätsverhalten hin zur Nachhaltigkeit lassen sich dementsprechend vor allem dann erreichen, wenn die Kosten für die Nutzung einer nachhaltigen Alternative gering sind. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Kosten für den privaten PKW, wenn er einmal angeschafft ist, für jede weitere Fahrt gering sind und Nutzer die Kosten für die Haltung tendenziell unterschätzen. Die Kommunikationsmaßnahmen sollten daher neben anderen Schwerpunkten auch gezielt auf Lebenssituationen ausgerichtet sein, in denen sich Veränderungen im Mobilitätsverhalten ergeben, bspw. Umzüge oder Familiengründung, aber auch auf die Phase der Anschaffung eines neuen PKW. Dabei sollte im Anschaffungsprozess auch die Informationsphase berücksichtigt und in die Kommunikationsstrategie einbezogen werden.

Es bedarf eines übergeordneten Ziels und eines Gesamtbildes, das die Stadt bzw. ggf. der Erzgebirgskreis bzgl. der Elektromobilität als einen Punkt zukünftiger Mobilität und Nachhaltigkeit sukzessive erreichen will und kann. Die formulierte Zielstellung sollte plakativ sein und eine möglichst hohe Bürgereinbindung ermöglichen. Dies wird bspw. durch eine gemeinsame Aktion der Stadt Stollberg und seiner Bürger für das Sammeln von eingesparten Litern fossiler Kraftstoffe oder die Menge eingesparter CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen ermöglicht. Das Ziel muss politisch kommuniziert werden, um eine Perspektive und Planungsgrundlage zu geben. Bei einem mit Unsicherheit behafteten Thema bietet dies eine Möglichkeit, Verbindlichkeit und Sicherheit zu vermitteln. Ein gemeinsames Ziel, das ohne Widerspruch sinnvoll ist, kann so in den Mittelpunkt gestellt werden.

Kommunikationsmaßnahmen müssen von den Bürgern angenommen werden und sie zu eigenen Aktionen motivieren. Eine umfassende Bürgerbeteiligung durch die Maßnahmen ist dafür zwingend erforderlich. Dies stellt die Basis dar, um die Verbreitung der Elektromobilität in der Bevölkerung zu initiieren.

Eine Möglichkeit, um den Bürgern einen verständlichen und anschaulichen Zugang zum Thema Elektromobilität zu ermöglichen und die Ziele der Stadt Stollberg plakativ darzustellen, ist die Gestaltung eines „Musterhauses nachhaltiges Leben“. In diesem kann die Elektromobilität in den Gesamtkontext einer ressourcenschonenden und umweltfreundlichen sowie digitalisierten und vernetzten Lebensweise eingeordnet und als ein Baustein der Verkehrs- und Energiewende dargestellt werden. Dadurch kann das Verständnis für die Relevanz und Zukunftsfähigkeit des Themas bei den Bürgern gestärkt werden. Das Ökosystem Elektromobilität sollte dabei unter Nutzung einer PV-Anlage und Energiespeichermöglichkeit sowie unter Einbeziehung eines Lastmanagements dargestellt werden. Darüber hinaus ist die Integration in ein Smart Home Konzept von hoher Relevanz, um das technische Verständnis zu stärken und die Notwendigkeit der Verknüpfung von nachhaltiger Mobilität mit einem hohen Maß an Digitalisierung herzustellen. Weitere Aspekte eines nachhaltigen Lebens, bspw. die Verwendung recycelter Materialien oder der Verzicht auf Plastiktüten und -verpackungen im Haushalt, sollten ebenfalls einbezogen werden. Schulen in der Region sollten Besichtigungen oder Unterrichtseinheiten im Haus durchführen, um schon früh das Verständnis und die Begeisterung für einen nachhaltigen, modernen Lebensstil zu wecken.

Der Erfolg von Kommunikationsmaßnahmen misst sich in einer Region an der Zunahme der Anzahl der Anbieter und Nutzer von Elektromobilität und damit verbundener Produkte und Dienstleistungen. Gesetzte Rahmenbedingungen wie Kaufpreise, geringes Interesse der Händler am Verkauf von Elektro-PKW aufgrund geringerer Margen als bei konventionellen Fahrzeugen, ein eingeschränktes Modellangebot sowie steuerliche Rahmenprogramme sind kaum durch eine einzelne Stadt oder einen Landkreis beeinflussbar. Häufig mangelt es an konkreten Angeboten bzw. an der Bekanntheit und Zugänglichkeit zu vorhandenen Angeboten. Daher muss es darum gehen, lokal zu aktivieren. Beispiele erfolgreicher Nutzung bzw. Umsetzung und konkreter Angebote können Interesse und einen gewissen Druck zur Aufklärung schaffen. Fragen zu beantworten, Berührungsängste zu nehmen und Neugier zu wecken, kommt dabei hohe Relevanz zu.

Im Rahmen der Konzepterstellung wurden bereits erste Aktionen unternommen, um eine stärkere Vernetzung und Sensibilisierung der regionalen Akteure mit dem Ziel gemeinsamer und einfacher Kommunikation zu erreichen (vgl. Kapitel 1). Vorteile müssen im Verbund herausgestellt werden, um aktuelle Defizite aufzuwiegen. Allein das Elektrofahrzeug ohne Ladeinfrastruktur, Dienstleistungen und umweltfreundlicher Energiebereitstellung taugt dazu nicht.

Alle durchgeführten Aktionen und Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität bedingen Begleitung durch die lokale Presse und müssen über die Amtsblätter und Webseiten der Stadt Stollberg verbreitet und kommuniziert werden.

7 Elektrifizierungspotentiale im Regionalverkehr und der Stadtbuslinie

Der ÖPNV umfasst in seiner Funktion den Transport vieler Menschen mit vergleichsweise wenigen Fahrzeugen. Durch die Größe der Fahrzeuge, den damit verbundenen Kraftstoffverbrauch, den hohen Anteil von Haltestopps und die hohe tägliche Kilometerleistung, entspricht ein Bus hinsichtlich der anfallenden Emissionen zwischen 70 und 250 PKW.

Zudem kommen bei einer Elektrifizierung des ÖPNVs viele Menschen mit geringem Aufwand in Kontakt mit Elektromobilität. Da es das Ziel ist, den Modal Split verstärkt zum ÖPNV zu verschieben, erscheint es ökologisch sinnvoll, technologische Potentiale zur Emissionsreduktion zu prüfen. Zudem ist der Fahrkomfort in einem Elektrobuss aufgrund der nicht vorhandenen Motorvibration und der geringeren Lärmbelastung für die Fahrgäste höher.

Im Folgenden wird daher die Elektrifizierung von Buslinien in Stollberg und deren finanziellen Auswirkungen geprüft.

7.1 Grundlagen der Elektrifizierung

Die Elektrifizierung des ÖPNV hat im Bereich der Elektromobilität mehrere Vorteile. Aus rein pragmatischer Sicht besteht der offensichtlichste Vorteil in der Emissionsreduktion sowohl bei Treibhausgasen, als auch bei der Lautstärke. Obwohl auf absehbare Zeit keine „Diesel-Verbote“ in Stollberg drohen, stellt der Einsatz emissionsarmer bzw. lokal emissionsloser Fahrzeuge dennoch bereits einen die Lebensqualität verbessernden Effekt für die Anwohner dar.

Weiterhin geht von einem elektrifizierten ÖPNV eine Signalwirkung aus, welche einerseits indirekt für die Leistungsfähigkeit der Elektrofahrzeuge wirbt und andererseits für ein positives Image sowohl für den Mobilitätsversorger als auch die Stadt sorgen kann. Darüber hinaus profitieren von einem elektrifizierten ÖPNV weit mehr Menschen als von der privaten Anschaffung von Elektrofahrzeugen allein, sodass mit einer verhältnismäßig geringen Anzahl an elektrifizierten Fahrzeugen in diesem Bereich ein viel größerer Wirkungskreis erreicht werden kann.

Bei der technischen Umsetzung gibt es sowohl verschiedene technische Elektrifizierungsgrade, als auch darauf aufbauend verschiedene Technologien. Als Elektrifizierungsgrad wird hierbei bezeichnet, wie stark der Antrieb eines Fahrzeugs tatsächlich elektrisch betrieben wird. Dies reicht vom konventionellen, verbrennungsgetriebenen Fahrzeug ohne Elektrifizierung bis hin zum voll-elektrisch batteriebetriebenen Fahrzeug (vgl. Abbildung 17). Die konventionellen Bussysteme werden mit Dieselmotoren angetrieben. Ein anfänglicher Elektrifizierungsgrad wird beim Einsatz von Vollhybridfahrzeugen erreicht. Bei diesen beinhaltet der Antriebsstrang des Fahrzeugs sowohl einen Verbrennungsmotor, als auch einen Elektromotor. Letzterer wird entweder über den Verbrennungsmotor selbst oder mittels der Energierückgewinnung durch Rekuperation (Energiegewinnung durch Bremsvorgänge) betrieben, eine Energiezufuhr der Batterien von außen existiert nicht. Somit sind diese Fahrzeuge hauptsächlich von fossilen Treibstoffen abhängig und nutzen die elektrische Komponente lediglich sekundär zur Reichweitenerhöhung und Kraftstoffeinsparung, da der Elektromotor weitestgehend das Anfahren sowie Beschleunigen unterstützt. Davon unterscheiden sich die Plug-In-Hybridfahrzeuge, welche von außen via Stecker aufladbare Batterien besitzen. Diese sind derart mit Kapazität ausgestattet, dass sie für kurze und mittlere Entfernungen in der Lage sind, das Fahrzeug ohne Zuhilfenahme des Verbrennungsmotors anzutreiben. Dieser dient somit hauptsächlich als Reserve sowie für Langstreckenfahrten. Den höchsten Elektrifizierungsgrad weisen rein batterieelektrische Fahrzeuge auf. Diese besitzen keinen Verbrennungsmotor. Der Ladevorgang muss ausschließlich über Ladeinfrastruktur erfolgen.

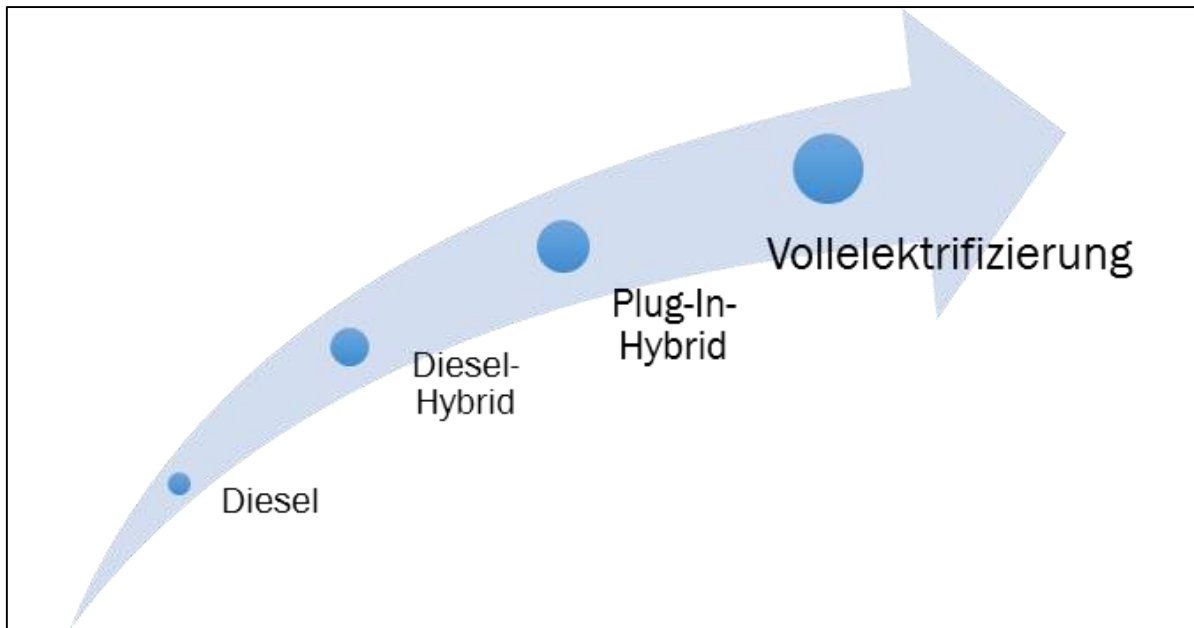


Abbildung 17: Elektrifizierungsstufen von Bussen

Die Unterschiede in den Einsatzmöglichkeiten und den umsetzbaren Elektrifizierungsgrade liegen in der Umweltwirkung, der Fahrzeugreichweite, der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur sowie der Dauer des Tankens/Ladens. Determiniert wird dies natürlich von den Kosten die sich aus der Investition, den Umstellungskosten (u.a. Schulung) und den Betriebskosten ergeben. Dabei kommt der technischen Verfügbarkeitsquote eine große Rolle zu da diese die Einsatzzeiten und damit die erforderliche Busanzahl bestimmt.

Obwohl aktuelle Modelle von elektrischen Fahrzeugen im PKW- und im Nutzfahrzeugsbereich zunehmend größere Reichweiten aufweisen, werden diese auch langfristig nicht so hoch wie die vergleichbarer Verbrennungsfahrzeuge sein. Zudem dauert das Laden der Elektrofahrzeuge, abhängig von Batteriegröße, Ladestand, verwendeter Ladetechnik und verfügbarer Stromstärke, zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden. Dies bedeutet meist Einschränkungen für die Planung und den Einsatz der Fahrzeuge. Insbesondere die kurzfristigen und flexiblen Einsätze von Fahrzeugen auf langen Strecken sind davon betroffen. Demgegenüber steht die lokale Emissionsfreiheit der Fahrzeuge sowie auch die vernachlässigbaren Emissionen im Betrieb – unter der Prämisse der Verwendung von emissionsneutral erzeugtem Strom.

Es existieren vier Möglichkeiten zur Ladung von Elektrobussen. Diese können in die Technologien des kabelgebundenen, induktiven und Pantographen gebundenen Ladens unterschieden werden. Diese finden, je nach Einsatzszenarien und Akkukapazitäten der Fahrzeuge, unterschiedlich Verwendung. Entscheidend für die Auswahl der Ladetechnologie ist das Ladekonzept, worauf nachfolgend eingegangen wird.

Der Einsatz eines Top-Down Pantographen beschreibt einen Ladevorgang über einen ausfahrbaren 4-poligen Stromabnehmer. Zur Nutzung dieser Technologie ist ein Netzanschluss mit Stromrichter, ein Transformator und WLAN Voraussetzung. In Form eines Lademastes, an dem der Kontaktarm angebracht ist, kann der heranfahrende Bus je nach Ladeleistungen von 150, 300 oder 450 kW innerhalb von ca. 6 Minuten geladen werden. Hierfür ist ein Netzanschluss von 400 V bis 20 kV notwendig. Diese Ladetechnik eignet sich für schnelle Zwischenladungen an Haltestellen, die auf der Busstrecke liegen sowie für Ladevorgänge auf dem Betriebshof, für die mehr Zeit zur Verfügung steht. Ein Vorteil liegt in der hohen Kompatibilität mit verschiedenen Bustypen, was den Einsatz in Kommunen mit bereits bestehenden Elektrobussen vereinfacht. Die gesamte Ladeinfrastruktur befindet sich in der Ladestation (off-board) und ermöglicht den Betrieb von leichten und geräumigen

Bussen. Die Busse müssen zur Kommunikation und Ladung mit einer Datenverbindung und parallel auf dem Dach befestigten Kontaktschienen ausgestattet sein. Das Erscheinungsbild der Lademasten ist auffällig und fügt sich in den meisten Fällen schlecht in das Stadtbild, insofern Haltestellen damit ausgestattet werden sollen.⁸⁹

Bei der Ladung über Bottom-Up Pantographen kommen Oberleitungen zum Einsatz. Diese ziehen sich über den kompletten Linienverlauf hinweg und versorgen den Bus jederzeit mit Strom. Die Strecke, die der Bus zurücklegt ist somit starr an die Oberleitung gebunden. Da der Strom jederzeit über die Oberleitung bezogen werden kann, gibt es keinen Grund, große und schwere Batterien in den Bussen zu verbauen. Zudem gibt es Batterie-Oberleitungsbusse (BOB), die nicht die komplette Strecke über an die Oberleitung gebunden sind und auch gewisse Entfernungen im Batteriebetrieb zurücklegen können, wofür jedoch nur kleine Batterien notwendig sind. In Kommunen, in denen bereits Oberleitungen bestehen, bietet sich deren Nutzung an, da die Errichtungskosten für die Ladeinfrastruktur entfallen. Die komplette Ladeausstattung befindet sich in den Bussen (on-board). Eine Verbindung zwischen Bus und Oberleitung erfolgt über den auf dem Dach des Busses installierten 2-poligen Stromabnehmer. Es bedarf Ladeleistungen von 60 bis 120 kW über Gleichstromnetze und einen Netzanschluss von 400 V und 63 A. Auch diese Ladetechnik verfügt über eine hohe Kompatibilität bezüglich unterschiedlichen Bustypen und gewährleistet eine schnelle Ladung.⁹⁰ Die Nutzung von O-Bussen ist insbesondere in Städten und auf stark frequentierten Strecken sinnvoll.

Eine weitere Form der Ladung ist das Plug-In-Laden über Gleichstromsysteme, das auch bei kleineren Elektro-Fahrzeugen verwendet wird. An Normal- oder Schnellladestationen wird der Strom über eine manuelle Verkabelung des Busses mit der Ladeeinrichtung bezogen. Eine hohe Zuverlässigkeit, einfache Bedienung und ein robustes System sind für diese Form des Ladens kennzeichnend. Zudem ermöglicht die Kompatibilität zum Open Charge Point Protocol⁹¹ (OCPP) gute Kommunikationslösungen mit den Ladesystemen. Die abrufbaren Ladeleistungen belaufen sich auf 30 bis 150 kW und sind für alle mit CCS- oder GB/T-kompatiblen⁹² Fahrzeuge nutzbar.⁹⁰

Eine weitere Form der Ladung ist das induktive Laden. Die in den Boden eingelassenen und damit für den Nutzer unsichtbaren Induktionsplatten an einer Ladestation ermöglichen ein kontaktloses Laden mit speziellen E-Bussen. Gelegenheitsladungen oder die Ladung an Endhaltestellen können so unauffällig, bequem und sicher durchgeführt werden. Voraussetzung ist, dass die Busse über die technischen Möglichkeiten des induktiven Ladens verfügen.

Die Verbreitung der meist exklusiven Ladeinfrastruktur stellt eine große Herausforderung dar. Je geringer die Akkukapazitäten der Fahrzeuge ausfallen, umso umfänglicher muss die Ladeinfrastruktur verbreitet werden. Insbesondere im ländlichen Umfeld mit geringer Fahrzeuganzahl stellt dies hinsichtlich der umgelegten Kosten je Fahrzeug eine Herausforderung dar.

Neben den Ladetechnologien gibt es verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten hinsichtlich des Zeitpunktes der Ladung im Betriebsablauf. Welche Lösung zum Einsatz kommt, hängt u.a. von den zum Einsatz kommenden Elektrofahrzeugen, den Präferenzen und dem Budget ab. Regionale Gegebenheiten, die Streckenführung und die Platzsituation beeinflussen die Lösungsfindung geeigneter Ladeinfrastruktur ebenfalls.

Opportunity Charging, das gelegentliche Laden mit kurzen Ladezyklen, eignet sich auf festen Streckenführungen mit häufigen Lademöglichkeiten. Durch die größere Anzahl von Lademöglichkeiten sind kleinere Batteriekapazitäten in den Bussen ausreichend.

⁸⁹ Vgl. Rüth 2015

⁹⁰ Vgl. Siemens AG 2018

⁹¹ OCPP – Offenes Anwendungsprotokoll zur Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation sowie Back-End-Systemen (Verrechnungs- und Managementsystemen)

⁹² Chinesisches Standard-Ladesystem

Das Overnight Charging bezeichnet das Laden über Nacht, was in den meisten Fällen im Betriebs- hof stattfindet. Hierfür bedarf es Bussen mit einer größeren Batteriekapazität, die für die Tages- reichweite ausreichend Energie speichern können. Mittlerweile wird von den meisten Busunterneh- men dieses Ladekonzept bevorzugt, da sie keine Änderungen in der Disposition der Fahrzeuge be- deuten.

Steht der dauerhafte Fahrzeugeinsatz auf hochfrequentierten Linien im Fokus und ist die Errich- tung entsprechender Infrastruktur möglich und finanzierbar, so bietet sich das Opportunity Charging an. Sind andererseits weitläufige, weniger stark frequentierte Linien im Fokus oder ist das Einrichten einer streckenabhängigen Ladeinfrastruktur nicht möglich, empfiehlt sich das Overnight Charging. Im ländlichen Raum ist dies meist auch das präferierte Konzept.

Die Ladetechnik bedingt eine ausreichende Stromversorgung, um die notwendige Stromzufuhr si- cherzustellen. Es ergeben sich, insbesondere bei mehreren Fahrzeugen, sehr hohe Leistungen und Ladezeiten. Beim zeitgleichen Laden von mehreren Elektrobussen erfordert dies meist eine zusätz- liche Stromversorgung und ein Lastenmanagement. Für das Overnight Charging lässt sich die be- nötigte Anschlussleistung einfach berechnen. Diese bestimmt sich aus der Summe der gleichzeitig benutzten Ladepunkte multipliziert mit der jeweiligen Ladeleistung.

Die Wartung von Elektrobussen ist, verglichen mit Dieseln, aufgrund der vergleichsweise we- nigen mechanischen Teile des Antriebsstranges bzw. des Motors sowie des einfacheren Aufbaus, grundsätzlich einfacher und auch günstiger. Aktuell existieren, insbesondere im Batteriemana- gement und aufgrund noch geringer Erfahrungen, jedoch teilweise erhebliche zusätzliche Aufwendun- gen. Die aktuellen Verfügbarkeitsquoten liegen bei konventionellen Bussen bei etwa 97 %. Der Ver- gleichswert von Elektrobussen liegt aktuell unter 90 %. Dies hat zur Folge, dass Busse als Reserve vorgehalten werden müssen. Insbesondere das Risiko, dass am Anfang der Einführung ein gene- relles Problem mehrere Busse parallel außer Betrieb nimmt, ist gegeben.

Die Umrüstung der Wartungsräumlichkeiten, die Einrichtung von Dacharbeitsplätzen, um den Bat- teriezugang zu ermöglichen, die Anschaffung neuer Geräte, die Schulung des bestehenden Perso- nals sowie gegebenenfalls die Einstellung von zusätzlich benötigtem Fachpersonal, bspw. von Hochvolttechnikern, bringen zusätzliche Kosten mit sich, wobei einige nur einmalig anfallen. Zwar können diese Kosten teilweise langfristig umgelegt werden, jedoch führt dies für die aktuelle Ge- neration an Fahrzeugen nicht zu einer Amortisierung.

Ohne die Inanspruchnahme von Förderprogrammen von Bund und Freistaat ist eine Beschaffung kaum möglich. Bestehende Konzessionsvergabeprozesse erschweren zudem oft die angesetzten Elektromobilitätsumstellungen.

7.2 Markt- und Modellsituation von Elektrobussen

Die größten für den deutschen Markt relevanten Bushersteller sind in Tabelle 18 ersichtlich.

Tabelle 18: Ausgewählte Hersteller von Elektrobussen

Hersteller	Anmerkungen
Solaris (Polen)	2500 verkaufte Elektro-, Hybrid- und O-Busse (Stand: Feb. 2018)
Volvo Bus Corporation (Schweden)	3000 verkaufte Elektro- und Hybridbusse (Stand: Feb. 2017) ⁹³
MAN (Deutschland)	Die Stadtbusse von MAN werden neben Dieselantrieben auch mit Erdgas- und Flüssiggas-Motoren angeboten. Getestete Hybridbusse befindet sich seit 2011 in der Serienproduktion.
EvoBus MB (Deutschland)	100 % Mercedes Benz Tochtergesellschaft, vollelektrischer Stadtbus Electric Citaro seit Ende 2018 in Serienproduktion, bereits heute werden Prototypen getestet (Stadtbus Citaro NGT mit Erdgas-Antrieb wird aktuell in mehreren europäischen Städten eingesetzt) ⁹⁴
HESS (Schweiz)	Gemeinsam mit dem Elektronik-Hersteller Vossloh Kiepe bietet zwei serielle Hybridbusse unterschiedlicher Größen an.

Die Hersteller haben aktuell mengenmäßig begrenzte Kapazitäten an Batterien zur Verfügung und konzentrieren sich auf größere Ausschreibungen. Dort werden die erforderlichen Erfahrungen im Praxisbetrieb gesammelt und die Wartung ist auf wenige Standorte verteilt möglich. Ggf. anfallende Probleme können schneller behoben werden.

Ausschreibungen der verschiedenen Verkehrsunternehmen haben in Deutschland sehr explizite Vorgaben für die Ausstattung und die Servicequalität. Daher werden viele Hersteller erst in den Markt eintreten, wenn größere Mengen abgesetzt werden und die Technik robuster geworden ist. Trotz der erhöhten Nachfrage ist der Markt im Vergleich zum gesamten Busmarkt eher klein.

International sind einige Unternehmen deutlich eher in das Elektrobusiness eingestiegen. Solche Hersteller sind beispielsweise BYD (China) mit 7 elektrischen Modellen, Ursus Bus S.A. (Polen) mit 5 elektrischen Modellen, VDL (Niederlande) mit 4 elektrischen Modellen und die Sileo GmbH (Deutschland - Türkei) mit 4 elektrischen Modellen.⁹⁵

7.2.1 Erfahrungen und Best Practice Beispiele

In Deutschland wurden 29 Bus-Projekte⁹⁶ mit mehr als 200 Dieselhybrid-, Elektro-, und Brennstoffzellenbussen auf ihren Einsatz in der Praxis hin untersucht, um anhand der gesammelten Erfahrungen und erzielten Umweltwirkungen den Betrieb und die Entwicklung umweltfreundlicher Antriebssysteme zukünftig weiter voranzutreiben. Die durchschnittliche Projektdauer beträgt 3,6 Jahre, wobei nach Ablauf viele Projekte weiterbetrieben werden. Es handelt sich oftmals um ähnliche Erfahrungen, die in den einzelnen Projekten gemacht wurden.⁹⁷

⁹³ Vgl. Smuda Consulting 2018

⁹⁴ Vgl. Daimler Buses 2017

⁹⁵ Vgl. Schuster, M. et al. 2018, Stand 05/2017

⁹⁶ Die Auswertung der Erfahrungen umfasst 13 Projekte mit Hybridfahrzeugen, 10 Projekte mit reinen Elektrofahrzeugen und 2 Projekte mit Brennstoffzellenfahrzeugen. Bei den restlichen Projekten wurden keine Erfahrungen übermittelt.

⁹⁷ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2016

Erfahrungen mit Dieselhybrid-Fahrzeugen

- Defekte von innovativen und nicht innovativen Komponenten
- Kraftstoffeinsparungen von 0 bis 28%
- Einsatz-Verfügbarkeiten mit geringen Abweichungen zu Dieseln
- Vermehrte Ausfallzeiten/Wartungsintensität
- Hohe Akzeptanz von Fahrern und Fahrgästen
- Hohe Anschaffungskosten
- Keine Wirtschaftlichkeit ohne Förderleistungen deutlich über 50 % der Anschaffungskosten
- Hohe Verbräuche für Heizung und Klimaanlage

Weitere Eindrücke: guter Herstellerservice, problemlose Werkstattarbeit

Erfahrungen mit Elektro-Fahrzeugen

- Defekte von innovativen und nicht innovativen Komponenten
- Lange Lieferzeiten für Ersatzteile/Reparaturzeiträume
- Zufriedenstellende Einsatz-Verfügbarkeiten mit geringen Abweichungen zu Dieseln
- Hohe Akzeptanz von Fahrern und Fahrgästen
- Hohe Anschaffungskosten vs. geringe laufende Betriebskosten
- Keine Wirtschaftlichkeit ohne Förderleistungen/ohne höhere Laufleistungen/bei Dieselpreisen über 3€/l

Weitere Eindrücke: positive Bewertung des Fahrgefühls, geräuscharm, sparsame und zuverlässige Motoren, geringer Bremsverschleiß

Erfahrungen mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen

- Defekte von Systemkomponenten
- Lange Lieferzeiten für Ersatzteile/Reparaturzeiträume
- Geringe Einsatz-Verfügbarkeiten im Vergleich zu Dieseln
- Hohe Akzeptanz von Fahrern und Fahrgästen
- Verbesserungswürdiger Herstellerservice

Die Forschung, Entwicklung und Erprobung zur Elektrifizierung von Bussen im ÖPNV schreitet voran. Hybrid- und reine Elektrofahrzeuge sind aktuell bereits in der Lage, eine annähernd hohe Einsatz-Verfügbarkeit wie konventionelle Dieseln zu erzielen. Dennoch wird es noch Zeit benötigen, bis fahrzeugtechnische Ausfälle, die in Zusammenhang mit den neuen Antriebssystemen oder aus dem Zusammenwirken dieser mit weiteren Systemkomponenten heraus entstanden sind, weiter reduziert und routiniert behoben werden können. Die Akzeptanz gegenüber den neuen Antriebsformen ist seitens der Gesellschaft gegeben. Die hohen Anschaffungskosten erschweren jedoch vielen Kommunen den Start in die Elektromobilität und trotz Fördermöglichkeiten ist ein wirtschaftlicher Betrieb auf kurze Sicht nur sehr selten umsetzbar.

In Deutschland treibt Hamburg die Elektromobilitätsaktivitäten im ÖPNV-Bereich stark voran. Die Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH (VHH) haben das Vorhaben ab 2020 nur noch Elektrobusse zu beschaffen. Bis 2030 soll die Umstellung auf eine vollständige E-Busflotte abgeschlossen sein. Um einen leistungsstarken Betrieb zu gewährleisten, ist es notwendig ausreichend Ladeinfrastruktur zu errichten und Werkstätten auf die sich ändernden technischen Anforderungen sowohl materiell als auch personell umzurüsten und zu schulen. Leitsysteme und Lademanagement werden vernetzt. Die VHH geht dabei mit der Hamburger Hochbahn eine Kooperation zur gemeinsamen Erprobung von E-Antrieben ein. Das Vorhaben wird aus Mitteln der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie des Bundes finanziert.⁹⁸

⁹⁸ Vgl. VHH 2018

Diese bereits gemachten Erfahrungen in deutschen Bus-Projekten sollten von Kommunen, die zukünftig die Elektrifizierung ihres ÖPNV anstreben, berücksichtigt werden. Neben den deutschlandweiten Umsetzungen gibt es auch in Europa und weltweit große Bestrebungen und Vorzeigebispiele. Tabelle 19 gibt hierbei nur einen kurzen Überblick über ausgewählte Projekte und deren Erfahrungen.

Tabelle 19: Elektrifizierung im ÖPNV: Ausgewählte Projekte und Erfahrungen⁹⁹

Projekt	Erfahrung
Hamburg Top-down-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Plug-In-Hybridbusse (3 x Volvo 7900 Electric Hybrid 12 m) Ladeleistung abhängig von Energieanforderung durch Bus Verfügbarkeit aktuell geringer als Dieselbusse Projektdauer: 2014-2017, <u>jedoch weiterhin Einsatz und Steigerung des E-Anteils</u>
Regensburg Bottom-up-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Elektrobusse (Rampini Alé Midibus) Klimakonzept ohne fossile Heizung benötigt weitere Tests Hersteller produzieren aktuell in kleinen Stückzahlen → teilweise keine Serienreife Löschkonzept bei Bränden/Unfällen mit Feuerwehr abzustimmen Markierung für Anfahrt an LIS sowie deren schwingungsfreie Aufhängung wichtig
Stuttgart Plug-In-Gleichstrom- ladesystem	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Plug-In-Hybridbusse (5 x EvoBus Citaro 18 m) Anpassung Werkstatt nötig (Lehrgänge/Fortbildungen für Wartungspersonal)
Genf Bottom-up-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Elektrobusse Ladekonzept äußerst erfolgreich (Mischung aus Flash-/Schnell- und Normladen bei 38 kWh-Batterie) Mehraufwand durch Umrüstung der Infrastruktur Laufende Tests, ob Batteriebensdauer tatsächlich wie angegeben (10 Jahre)
Köln Top-down-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Elektrobusse (8 x VDL Citrea SLFA Electric) Reichweite über Erwartung (bis 90 km ohne Zwischenladung, davon 45 realisiert) Lediglich Häufung der Ausfälle in Kalibrierungsphase zu Beginn des Projektes Komfortsteigerung durch Lärmreduktion für Kunden beobachtet <u>Elektrifizierung für weitere Linien bis 2021 geplant</u>
Mannheim Induktives Laden (Projekt eingestellt)	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz Elektrobusse Technisch zu aufwendig Akkuladezeiten zu gering Zu häufige Wartungsaufenthalte

In Berlin bestehen ähnliche Bestrebungen wie in Hamburg.

Die belgische Hauptstadt verfolgt ebenfalls das Ziel, bis 2030 den ÖPNV in der Stadt mit Hybridbussen zu elektrifizieren. 2019 gehen 25 Elektro-Gelenkbusse von Solaris in Betrieb und werden durch eine weitere Anschaffung von 90 Hybridbussen des Herstellers Volvo Buses ergänzt, um die städtischen Emissionen deutlich zu reduzieren.¹⁰⁰

Die chinesische Metropole Shenzhen gilt weltweit als Vorbild. Sie hat ihre komplette Busflotte elektrifiziert und betreibt seit Anfang 2018 den ÖPNV mit 16 359 reinen Elektrobusen des chinesischen Autobauers BYD. Dieser hat seinen Firmensitz in der Stadt. Die stark emissionsbelastete

⁹⁹ Zusammenstellung nach BMVI, 2016
¹⁰⁰ Vgl. Koeller 2018

Stadt spart nach Schätzungen auf diese Weise circa 345 000 Tonnen Diesel und 1,35 Millionen Tonnen CO₂ jährlich ein. Die Ladung der Busse erfolgt über 300 Schnellladevorrichtungen und wird durch weitere 8 000 zu Ladesäulen umgebaute Straßenlaternen ergänzt. Ein weiterer Schritt ist die vollständige Umrüstung der Taxiflotte. Die schnelle Elektrifizierung in diesem Umfang ist nur durch sehr hohe städtische und staatliche Subventionen überhaupt möglich. Bereits im Jahr 2010 wurde der Masterplan des Komplettumstieges auf lokal emissionsfreien Verkehr definiert.¹⁰¹

7.3 Kostenstruktur

Die generelle Kostenstruktur bei E-Bussen beläuft sich, wie bei konventionellen Modellen, auf die Anschaffungs-, Wartungs-, Betriebs- und Ersatzkosten. Die Höhe der einzelnen Kostenposten fällt jedoch differenziert aus.

Die Anschaffungskosten für rein elektrische Busse können im Vergleich zu Dieseln mit 100 % und mehr Kostenaufschlag angenommen werden. Die durchschnittlichen Kosten für einen konventionellen Bus mit EURO VI belaufen sich auf etwa 350 000 Euro, die eines Elektrobus liegen bei etwa 700 000 Euro.¹⁰²

Weitere Kostentreiber bei E-Bussen sind:

- Ersatzbatterien (nach 5-7 Jahren Akkutausch zu erwarten)
- Umrüstkosten von Lade- und Wartungsinfrastruktur, Betriebshöfen und Werkstätten
- zusätzliches speziell geschultes Personal (für Hochvoltanlagen)
- Wartungsbedingte Ausfallzeiten, in denen der E-Bus nicht zum Einsatz kommt

Prognosen zur Preisentwicklung von Batteriepreisen gehen von einer weiteren Kostenreduzierung in den kommenden Jahren aus, was die Attraktivität steigert.

Die Betriebskosten sind, die Batterien ausgenommen, im Vergleich günstiger. Die weniger beweglichen Teile im Antriebsstrang und Motor verringern die Instandhaltungs- und Reparaturkosten ebenso wie die geringe Anzahl an Verschleißteilen um 30 % bis 40 %. Die Batterie und Reifen sind die einzigen größeren Fahrzeugteile mit Verschleiß. Die Stromkosten liegen deutlich unter denen für fossile Kraftstoffe.

Kosten, die bei der Anschaffung von Ladeinfrastruktur anfallen, variieren je nach Anzahl der eingesetzten Busse, Bustypen, der vorliegenden topographischen Gegebenheiten, den zurückzulegenden Distanzen und internen Festlegungen zu Sicherheitsmargen und frequentierten Knoten.

7.4 Fördermöglichkeiten für Elektrobusse

In Sachsen existiert mit der Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr zur Förderung der Verkehrsinfrastruktur aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung ein Förderprogramm. Die Richtlinie gilt bis zum 31. Dezember 2023. Es sind bis zu 70 % Förderung der Beschaffungskosten möglich.¹⁰³

Es kann auch auf Bundesförderprogramme zugegriffen werden. Mögliche Bundes-Förderprogramme zur Beschaffung von E-Bussen sind:

¹⁰¹ Vgl. emobilitätonline.de 2017 und NATURSTROM AG 2018

¹⁰² Vgl. Verband deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) 2016

¹⁰³ Richtlinie Verkehrsinfrastruktur vom 18. Juli 2016 (SächsABl. S. 1027), enthalten in der Verwaltungsvorschrift vom 1. Dezember 2017 (SächsABl.SDr. S. S 402

Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen für die Beschaffung von Omnibussen für den öffentlichen Personennahverkehr (Frist: 31.12.2019)

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr fördert in diesem vom Bund aufgesetzten Programm die Beschaffung neuer und gebrauchter Omnibusse sowie Fahrradanhänger. Die Förderhöhe beträgt 40 % der zuwendungsfähigen Ausgaben für Neufahrzeuge und 20 % der zuwendungsfähigen Ausgaben für Gebrauchtfahrzeuge.

Für die Anschaffung eines Elektrobusses kann eine zusätzliche Förderung von 70 % gewährt werden.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Richtlinie zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr

Das BMU unterstützt Verkehrsbetriebe, sowohl Plug-In-Hybridbusse als auch rein elektrische Batteriebusse zu beschaffen, sofern diese im Linienbetrieb des ÖPNV eingesetzt werden. Eine Voraussetzung der Förderung ist die Anschaffung von mindestens 5 Neufahrzeugen sowie deren Nutzung von mindestens 5 Jahren (ab Inbetriebnahme) im Linienbetrieb ohne Stilllegung oder Veräußerung, sofern diese dann nicht weiter im ÖPNV-Linienbetrieb eingesetzt werden. Weiterhin muss die Nutzung erneuerbarer Energiequellen für die Fahrzeuge sichergestellt sein.

Die Höhe der Förderung, welche in Form eines Zuschusses erfolgt, beträgt für dieselelektrische Hybridbusse mit externer Aufladung (Plug-In-Hybridbusse) und Ladeinfrastruktur maximal 40% der förderfähigen Investitionsmehrkosten bzw. -ausgaben und für Batteriebusse maximal 80% der förderfähigen Investitionsmehrkosten bzw. -ausgaben.

Die Richtlinie selbst gilt bis zum 31. Dezember 2021, für das zweistufige Antragsverfahren sind jeweils bis spätestens zum 30. April des jeweiligen Jahres entsprechende Projektskizzen einzureichen.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr

Das BMU unterstützt Unternehmen sowohl der gewerblichen Wirtschaft als auch der öffentlichen Hand, deren Aufgabe in der Erbringung der Dienstleistung ÖPNV liegt.¹⁰⁴

Unter dieser Förderrichtlinie wird die Beschaffung d.h. sowohl der Kauf als auch das Leasing von Linienbussen mit dieselelektrischen oder batterieelektrischen Antrieben gefördert, sofern diese von den Verkehrsbetrieben im ÖPNV eingesetzt werden. In Zusammenhang mit diesen Linienbussen ist die Anschaffung der benötigten Ladeinfrastruktur ebenfalls förderfähig. Die Anschaffung der Fahrzeuge ist insoweit förderfähig, dass es sich dabei um mindestens fünf Neufahrzeuge handelt, welche im ÖPNV unter Sicherstellung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen eingesetzt werden.

Die Höhe des Anteils der Förderung entspricht jeweils 80 % der beihilfefähigen Kosten für batterieelektrische Busse sowie 40 % der beihilfefähigen Kosten der Ladeinfrastruktur.

Der späteste Zeitpunkt zur Antragsstellung auf Basis der Geltungsdauer der Richtlinie (31.12.2021) ist somit der 30. April 2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Förderrichtlinie Elektromobilität

Das BMVI unterstützt mit der Förderrichtlinie Elektromobilität Städte, Gemeinden kommunale und Landesunternehmen sowie sonstige Betriebe und Einrichtungen, welche in kommunaler Trägerschaft stehen oder gemeinnützigen Zwecken dienen.¹⁰⁵

¹⁰⁴ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2018

¹⁰⁵ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2018

Gefördert wird unter dieser Förderrichtlinie die Anschaffung sowohl von reinen batterieelektrischen Fahrzeugen als auch – mit Einschränkungen – hybridelektrischen Fahrzeugen. Explizit gefördert werden unter dieser Richtlinie auch mittelschwere sowie schwere Nutzfahrzeuge und marktreife, batterieelektrische Busse. Eingeschränkt ist zudem die Förderung von Ladeinfrastruktur möglich, sofern diese im Zusammenhang mit dem über die Richtlinie zu fördernden Fahrzeuge steht. Die genaue Höhe der jeweiligen Förderung wird in den jeweiligen Aufrufen bekannt gegeben.

7.5 Anforderungsanalyse zur Umstellung einer E-Buslinie

Seitens der RVE wurden keine Tourenumläufe der Buslinien in und um Stollberg zur Verfügung gestellt. Eine detaillierte Ermittlung der wirklichen Elektrifizierungspotentiale im ÖPNV konnte daher nicht vorgenommen werden. Es kann nur eine Abschätzung auf Basis der einzelnen Linien erfolgen. Die Tourenumläufe umfassen die wirklichen Fahrten und Standzeiten eines Busses, der deutlich länger ist. Daraus können dann auch Batteriekapazitäten und theoretische Ladezeiten an den Zwischenstandorten berechnet werden.

Grundsätzlich ist eine linienspezifische Elektrifizierung mit Depotladen (Overnight charging) möglich. Zwar unterliegt die Stadt Stollberg durch die Lage im Erzgebirge gewissen topografischen Herausforderungen. In Verbindung mit den Linienverläufen lassen sich jedoch keine Ausschlusskriterien durch lange Strecken erkennen. Da die Umläufe, Standzeiten und Kombinationen der Linien sowie die Einsatzzeiten der einzelnen Busse nicht bekannt sind, ist keine konkrete Aussage möglich. Die Stadt Stollberg sollte eine bessere Datenverfügbarkeit durch die RVE anstreben, um ein genaues Potential ermitteln zu können. Ein Pilotprojekt mit Elektrobussen wäre dann prinzipiell möglich.

Auch außerhalb der Elektromobilität sollte eine bessere Datenlage existieren. Dies gilt auch für die Zu- und Ausstiege, die der RVE durch automatisierte Infrarotschranken grob erheben sollte. Dies wäre die Basis für eine bedarfsgerechtere Ausrichtung des Angebots, unabhängig von der Elektromobilität.

Bei Verfügbarkeit der Tourenumläufe und Standzeiten der Busse kann eine Prüfung der möglichen Umstellung auf Elektrobusse vorgenommen werden. Dafür ist eine Anforderungsanalyse notwendig. Diese folgt im Wesentlichen folgenden Ablaufschritten.

1. Linienauswahl
2. Linienanalyse
 - a) Länge, Anzahl Verkehrskreuzungen, Anzahl Haltestellen, ggfs. Höhenprofil
 - b) Erfragung Fahrdaten (tatsächliche Dauer der Fahrt, Verspätungsanfälligkeit etc.)
3. Fahrplananalyse
 - a) Fahrplankonzeption, Umlaufzeiten
 - b) Erfragung Wende- und Pufferzeiten, ggfs. Umstiegssicherungspunkte
4. Analyse sonstige Vorgaben
 - a) Erfragung Reservevorstellung Energie (Richtwert 30 % - 50 %), Geschwindigkeitsrestriktionen, spezielle Anforderungen etc.
5. Ableitung Grundanforderungen
 - a) Reichweite, Geschwindigkeit, Analyse Austauschzeitpunkte zum Zwischenladen, Personalablässe oder ggfs. Schichtplaninformationen (falls vorgegeben)
6. Ermittlung Fahrplan
 - a) Prüfung, ob Änderungen am aktuellen Fahrplan nötig sind, ggfs. Identifikation dieser
7. Ermittlung benötigter Busse
 - a) Anzahl Busse minimal/mit Reserve, sukzessive Preisberechnung Anschaffung, LIS
8. Plausibilitätsprüfung, Szenarienbetrachtung und Ergebniszusammenstellung

7.5.1 Linienauswahl

Zwei relevante Kriterien sind die Länge sowie das Höhenprofil der infrage kommenden Linien. Letztere ist in der Stadt Stollberg aufgrund der Lage im Erzgebirge zwar relevant, jedoch nicht derart, dass es ein Ausschlusskriterium für den Einsatz von Elektrobussen darstellen würde. Für das erstere Kriterium hingegen ist die Auswahl der Linien derart wichtig, als dass die unterschiedliche Länge der Linien verschiedene Ansprüche an die Fahrzeuge stellen und diese fordern, aber nicht überfordern soll. Dies gilt im Hinblick darauf, dass auch im Winter und am Ende der Batterienutzungsdauer die Strecken noch absolviert werden müssen. Insbesondere für Überlandlinien stellt die Länge auch aus planerischer Sicht einen wichtigen Aspekt dar, da diese direkt auch die Anzahl an möglichen Umläufen eines Fahrzeugs beeinflusst, bevor dieses geladen werden muss. Eine Linienlänge, welche entsprechend mehr als einen Umlauf mit einem Elektrobuss ermöglicht, ist demnach zu präferieren.

Ein weiteres Kriterium, welches insbesondere die Planung betrifft, ist die Auswahl einer Linie, welche möglichst linienrein betrieben werden kann d.h. in welcher die Busse im Einsatz nach Möglichkeit ausschließlich diese Linie bedienen und diese nicht an bestimmten Endpunkten wechseln, um eine andere Relation zu bedienen. Die Relevanz dieses Kriteriums ist dann gegeben, wenn die Elektrobusse lediglich auf definierten Linien verkehren.

Ein die Planung der Umläufe erleichterndes Kriterium ist weiterhin die Auswahl von Linien, welche über den Tag verteilt möglichst häufig bis immer dieselben Haltestellen in derselben Reihenfolge abfährt. Dadurch kann eine einfache Vergleichbarkeit der Elektrobusse mit den Dieselnissen ermöglicht werden.

Weiterhin stellt neben dem reinen Betrieb der Linien auch die Sichtbarkeit der Elektrofahrzeuge ein Kriterium dar. Insbesondere bei der Auswahl einer hoch frequentierten Stadtlinie, welche das Zentrum bedient ist diese Sichtbarkeit für die Bevölkerung gegeben. Dadurch kann der Umstieg auf Elektromobilität bevölkerungsnah beworben werden. In Kombination mit einer Regionallinie wird in diesem Gesichtspunkt zudem die Effizienz, Reichweite und Einsatzfähigkeit von Elektrobussen allgemein demonstriert.

Da die Reichweite und Einsatzfähigkeit der Elektrobusse nicht nur demonstriert, sondern auch evaluiert werden sollte, empfiehlt sich der Einsatz sowohl auf einer Regional- als auch einer Stadtlinie auch aus dem Gesichtspunkt der Potentialermittlung. Bei einem solchen Einsatz lassen sich die Elektrobusse in den verschiedenen Szenarien der Nahverkehrsbusnutzung bewerten. Somit kann

infolge des Pilotprojekts evaluiert werden, inwieweit sich die Fahrzeuge für den Einsatz sowohl im häufigen Stop-and-Go des Stadtverkehrs als auch in Überlandfahrten mit langen, schnellen Streckenabschnitten eignen und was es auf diesen grundsätzlichen Streckenprofilen gegebenenfalls für Vorteile und Herausforderungen gibt. Diese Erkenntnisse können dann als Basis verwendet werden, auf welcher eine weitere schrittweise Elektrifizierung des ÖPNVs zukünftig erfolgen kann.

7.5.2 Linienanalyse

Im Vorfeld der Beschaffung von Fahrzeugen ist eine Betrachtung der Linien auf analytischer Ebene notwendig, um mittels erster gerundeter Eckdaten zu erfahren, welche Anforderungen an die nötigen Fahrzeuge gestellt werden müssen und welcher Bedarf an Fahrzeugen auf Basis dieser Annahmen besteht. Folgende Parameter können, auf Basis existierender Elektrobusse und wissenschaftlichen Erkenntnissen, angenommen werden (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20: Parameter für die Linienanalyse

Datenart	Spezifischer Parameter	Nominalwert
Fahrzeugdaten	Batteriegröße in kWh:	230
	Energieverbrauch in kWh/km:	0,80
	Verbrauchsrealismusfaktor:	2
	Rekuperationsrate in %:	75
	Beschleunigungsrate in m/2 ² :	1,5
	Batteriereservemarge in %:	40
	Steigungsmarge in %:	20
Streckendaten	Beschleunigungsmarge in %:	10
	Distanz zwischen Haltestellen:	variabel
	Max. Höhendifferenz Linie:	Linienabhängig
	Anzahl Haltestellen:	Linienabhängig
	Anzahl Kreuzungen:	Linienabhängig
Sonstige Annahmen	Kreuzungshaltefaktor in %:	50
	Haltestellenhaltefaktor in %:	100
	Ladedauer Akkustand 40 % - 100% h:	4
	Haltezeit pro Haltestelle s:	16
	Verspätung pro km in s:	10

Um der auch in der Elektroautomobilbranche existierenden „Schönung“ der Verbrauchswerte der Fahrzeuge entgegenzuwirken, sollte über einen Verbrauchsrealismusfaktor ein Wert implementiert werden, der dem entgegenwirkt, indem er den angegebenen Verbrauchswert um den jeweiligen Faktor erhöht. Dessen Nominalwert 2 stellt somit eine Verdopplung des Listenverbrauchs dar und ist somit relativ hoch.

Unter Miteinbeziehung der genannten Parameter sowie linienabhängigen Variablen wie dem Höhenprofil, können die Strecken nun in Abschnitte zwischen den jeweiligen Haltestellen eingeteilt und für diese auf Basis des Fahrplans errechnet werden, mit welcher Soll-Geschwindigkeit die Elektrofahrzeuge welche Distanz und welchen Höhenunterschied zurücklegen müssen. Daraus ergeben sich abschnittsgenaue Geschwindigkeits- und Aufwandswerte, welche umgeschlagen auf den Energieverbrauch die benötigte Batterieleistung ergeben. Auf Basis dessen lassen sich dann die maximal möglichen Umläufe bestimmen.

Unter der Annahme, dass die Linien unter den existierenden Fahrplänen bereits linienrein verkehren würden, können anschließend auf der Basis der Fahrpläne zunächst erste Wagenlaufpläne entworfen werden. Diese sollten dann möglichst sinnvoll in mit Elektrobusen umsetzbare Umlaufblöcke geteilt werden. Unter Berücksichtigung einer angenommenen Zwischenladezeit von vier Stunden plus einem angemessenem Zeitfenster für die Fahrt zum Depot und zurück kann darauf

aufbauend ermittelt werden, wie viele Elektrobusse notwendig wären, um die Linien zum jetzigen Zeitpunkt unter den gegebenen Annahmen vollständig zu elektrifizieren.

Aus der Aufstellung des ÖPNV Angebotes in Kapitel 3.2.1 wurde eine Linienanalyse durchgeführt. Einzelne Linien sind elektrisch zu betreiben. Insbesondere bestehen am Bahnhof in Stollberg teilweise längere Standzeiten. Eine fundierte Aussage ist aber nicht möglich. Vielmehr besteht ein Elektrifizierungspotential, das in einer Feinprüfung mit dem RVE spezifiziert werden müsste. Insbesondere durch den großen Aufwand, den die Werkstadumrüstung mit sich bringt, ist bei 4 – 6 Bussen, deren Reichweite dann 240 km beträgt, mit aktuellen Mehrkosten von 3 – 4 Millionen Euro zu rechnen.

Für die Findung eines passenden Fahrzeugs, welches die Strecken absolvieren kann, sind Lastenhefte zu erstellen. Eine Übersicht der derzeit auf dem Markt verfügbaren Fahrzeuge wurde in Kapitel 7.2 bereits vorgestellt. Aufgrund der deutlich höheren Kosten sollten für ein Pilotprojekt in der Stadt Stollberg Fördermittel genutzt werden (vgl. Kapitel 7.4).

8 Prüfung der Realisierung eines autonomen Shuttlebusses

Ein hohes Zukunftspotential wird in der aktuellen Diskussion beim automatisierten und autonomen Fahren gesehen, welches die Fahrzeugentwicklung, den Infrastrukturausbau und das Nutzerverhalten beeinflussen wird.¹⁰⁶ Im folgenden Abschnitt wird herausgestellt, welchen Herausforderungen und Chancen die Stadt Stollberg diesbezüglich zu erwarten hat. Weiterhin werden Einsatzpotentiale und Best Practice Beispiele aufgezeigt, um Verbesserungen der Versorgungssituation im ländlichen Raum durch autonomes Fahren herbeizuführen. Zudem werden Fragestellungen aufgezeigt, welche zwar aktuell noch nicht mit Sicherheit beantwortet werden können, jedoch Aufmerksamkeit und Bewusstsein schaffen können.

8.1 Stufen des autonomen Fahrens

Auf dem Weg zum fahrerlosen autonomen Fahren werden fünf Stufen unterschieden. Die erste Stufe beschreibt das assistierte Fahren, das heute schon in vielen PKW Realität ist. Tempomat, automatischer Abstandsregeltempomat bis hin zum automatischen Spurhalteassistent unterstützen bei bestimmten Fahraufgaben unter der ständigen Kontrolle und Führung des Fahrers. Durch Kombination verschiedener Assistenzfunktionen kann der PKW bei Stufe zwei Aufgaben zeitweilig selbst ausführen. Auch bei diesem teilautomatisierten Fahren beherrscht der Fahrer das Fahrzeug durchgehend. Bei der dritten Stufe des hochautomatisierten Fahrens darf der Fahrer sich kurzzeitig vom Verkehr abwenden. Bei vorgegeben Anwendungsfällen für einen begrenzten Zeitraum fährt der PKW selbstständig und ohne menschlichen Eingriff. Der PKW überholt, bremst und beschleunigt nach bestehender Verkehrssituation. Sobald jedoch ein Problem vorliegt und dem Fahrer per Signal gemeldet wird, muss dieser umgehend die Kontrolle übernehmen¹⁰⁷. Bei der vierten Stufe des vollautomatisierten Fahrens kann das Fahrzeug bestimmte Strecken, wie zum Beispiel auf der Autobahn oder im Parkhaus selbstständig bewältigen und die Fahrzeugführung kann komplett abgegeben werden. Das Fahrzeug ist jedoch nicht in der Lage, jede Situation selbst zu bestreiten. Mit der fünften Stufe bewältigt die Technik im Auto alle Verkehrssituationen selbstständig, es gibt nur noch Passagiere ohne Fahraufgabe. Komplexe Situationen, wie Kreuzungen, Kreisverkehre oder Zebrastreifen kann das autonome Fahrzeug bewältigen.^{108 109} Als Kurzübersicht über die Stufen dient Abbildung 18.

¹⁰⁶ Vgl. Esser, K./Kurte, J.

¹⁰⁷ Der Stauassistent im Audi A8 von 2018 erfüllt bereits diese Anforderung des hochautomatisierten Fahrens, ist jedoch noch nicht zugelassen.

¹⁰⁸ Vgl. ADAC 2018b

¹⁰⁹ Vgl. Eckstein, L. et al. 2018



Abbildung 18: Die fünf Stufen des autonomen Fahrens¹¹⁰

Relevant für nachhaltige Änderungen ist die Stufe 5. Aktuell müssen sich im Fahrzeug Personen befinden, die dieses bei Bedarf steuern können. Bis diese Vision des autonomen Fahrens realisiert werden kann, müssen neben der technologischen Reife auch die rechtlichen, gesellschaftlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen gegeben sein.

Die langsame Durchdringung neuer Technologien in den Bestand, mit gemischten Systemen zur Folge, stellt eine weitere Herausforderung dar. Wenn Fahrzeuge in Stufe 5 sehr defensiv fahren, dann nutzen dies ggf. Fußgänger oder von Menschen gefahrene Fahrzeuge aus. Dies würde dann zu starken Einschränkungen führen.

Fahrzeuge binden hohe Kapitalbeträge und stellen eine langfristige Investition dar. Die Erneuerungszyklen sind dementsprechend lang. Für die Gesamtheit aller Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen würde sich weitestgehend eine Erneuerung über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren erstrecken.¹¹¹

Abbildung 19 zeigt eine potenzielle zeitliche Entwicklung in 10-Jahresschritten auf. Studien gehen davon aus, dass sich autonomes Fahren erst ab 2040 durchsetzen wird und 2050 rund die Hälfte der Fahrzeuge über eine Automatisierungsfunktion verfügen.¹¹² Die Automatisierungsfunktionen sind jedoch auf bestimmte Nutzungen wie Autobahnfahrten begrenzt. Eine erhebliche Durchdringung von Fahrzeugen, die im gesamten Verkehrsnetz automatisiert fahren können, ist erst nach 2050 zu erwarten. In 2050 wird maximal jeder fünfte Fahrzeug-Kilometer automatisiert erbracht werden können. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Straßentypen. Auf Autobahnen

¹¹⁰ Grafiken: ADAC 2018b

¹¹¹ Vgl. Mauer et al. 2015

¹¹² Vgl. Prognos 2018

kann im Jahr 2050 rund 40 % der Fahrleistung automatisiert erbracht werden, auf Landstraßen dagegen weniger als 4 %.¹¹³

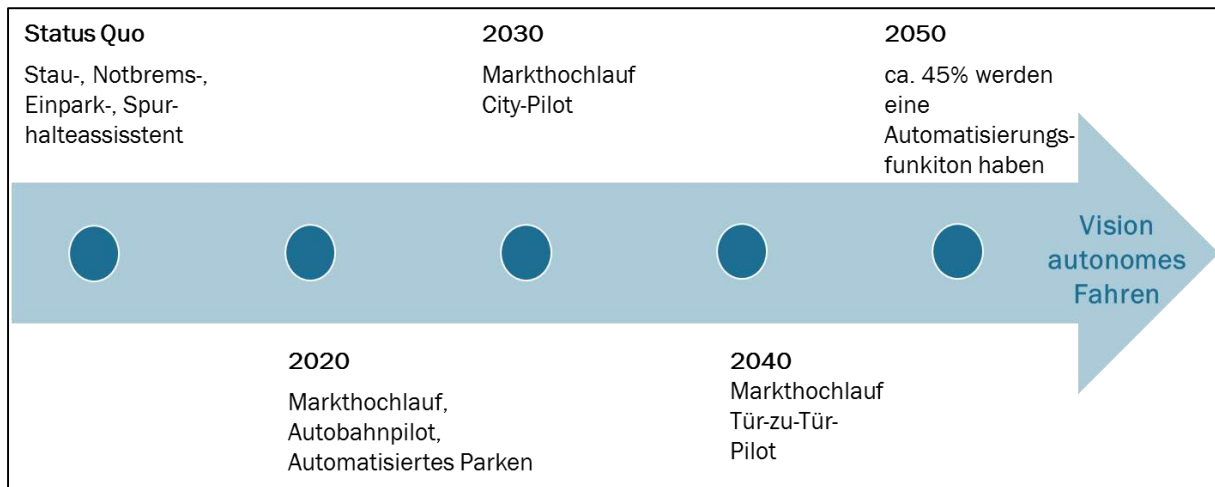


Abbildung 19: Potenzielle Entwicklungen hin zu autonomen Fahren

8.2 Potentiale und Herausforderungen

Durch automatisierte bzw. autonome Fahrzeugkonzepte ergeben sich Potentiale für Gesellschaft, Sicherheit und Ökonomie. Je höher der Grad der Automatisierung und der Marktdurchdringung ist, desto stärker werden die Auswirkungen. Mit den Potentialen ergeben sich jedoch auch Herausforderungen in verschiedenen Bereichen, die es zu bewältigen gilt. Bei Szenarien mit hochautomatisierten und autonomen Fahrzeugkonzepten werden die technologischen Rahmenbedingungen vorausgesetzt.

8.2.1 Verkehrsaufkommen und Infrastruktur

Wie sich autonomes Fahren auf das Verkehrsaufkommen auswirkt, ist derzeit schwer abzuschätzen. Prognosen zu Fahrzeugbeständen weisen deutliche Unterschiede bezüglich ihrer Rahmenbedingungen, wie Bevölkerungsentwicklung, regulatorische Eingriffe, Preisentwicklungen oder der Annahme eines individuellen Mobilitätswandels, auf. Eine fortschreitende Digitalisierung im Verkehr, bedingt durch die schrittweise Automatisierung, zielt auf eine verknüpfte, multimodale Nutzung der Mobilitätsangebote (Carsharing, ÖPNV, Fuß- und Radverkehr) ab, die ein Fahrzeugbesitz tendenziell weniger attraktiv erscheinen lässt. Dem gegenüber steht das Argument, dass durch die Automatisierungsfunktionen Autofahren auch in Zukunft einen hohen Stellenwert einnimmt. Daher kann mit einem leicht wachsenden Bestand an PKW bis zum Jahr 2050 gerechnet werden¹¹⁴.

Aus der lang andauernden Durchdringung von automatisierten und autonomen Fahrzeugen resultieren viele Jahre Mischverkehr mit nicht oder nur teilautomatisierten Fahrzeugen. Dies muss bei den Entwicklungen und Verkehrskonzepten des autonomen Fahrens berücksichtigt werden.

Städtebaulich kommt der Automatisierung im Verkehr für die Stadt Stollberg eine entscheidende Rolle zu. Wenn Konzepte wie das sogenannte *Valet-Parken*, bei dem der Passagier am Ziel aussteigt und das Fahrzeug eigenständig in der Nähe einen Parkplatz sucht, alltagstauglich sind, wird nicht nur der Parksuchverkehr reduziert, sondern Parkplätze können aus den Kernstädten ausgelagert werden. Der Stellplatzflächenbedarf im städtischen Bereich wird dadurch reduziert, da autonome Fahrzeuge auf Parkzonen außerhalb der Stadtzonen verlagert werden können. Diese Verlagerung von Flächen sollte in langfristigen städtebaulichen Planungen bereits heute berücksichtigt werden. Daraus resultieren städtebauliche Vorteile, welche zur Verbesserung der Flächennutzung, Luftreinhaltung und Lebensqualität in Kernstädten führen können.

¹¹³ Vgl. ebd.

¹¹⁴ Vgl. Prognos 2018

Langfristig werden die Kosten für Verkehr und Transport mit autonomen Fahrzeugen durch den Wegfall von Personal sinken und im Vergleich zu den aktuellen Kosten günstig werden. Die Reduktion wird mindestens um den Faktor 5 ausfallen, da auch niedrige Energiekosten durch erneuerbare Energien zu erwarten sind. Dies begünstigt wiederum die Zunahme von Wegen und Transport. Dem Ziel der gesteigerten Effizienz des Verkehrs wird damit entgegenwirkt.

8.2.2 Gesellschaftliche Auswirkungen

Im gesellschaftlichen Wirkungsbereich bildet sich der Wert, welcher durch die Automatisierung der Mobilität erzeugt werden kann, am besten ab. Der Wert für die Stadt Stollberg und ihre Region und dessen Bewohner unterscheidet sich je nach Automatisierungsstufe. Ein sehr hoher Mehrwert wird mit Etablierung der fünften Entwicklungsstufe, dem autonomen Fahren, erreicht. Dennoch werden auch in den Stufen davor bereits Mehrwerte geschaffen, welche vor allem eine Entlastung des Fahrers bewirken. Die kognitiven Beanspruchungen des Fahrers werden in den vorgelagerten Entwicklungsstufen bereits gesenkt. Dies wirkt sich positiv auf die Sicherheit und Effizienz des Fahrens aus. 90 % aller Unfälle werden derzeit durch menschliches Versagen verursacht. Automatisiertes bzw. autonomes Fahren verspricht daher einen deutlichen Sicherheitsgewinn für den Straßenverkehr.¹¹⁵ Mit einem erhöhten Automatisierungsgrad wird mit einer Reduzierung der Unfallzahlen gerechnet.

Die Erweiterung der individuellen Mobilität kann vor allem im ländlichen Raum einen relevanten Nutzenzuwachs bringen. Automatisierte Fahrzeuge sind mittelfristig günstiger als das Taxi und statischer ÖPNV, wodurch das Wohnen auf dem Land wieder an Attraktivität gewinnen kann. Es kann eine hohe Mobilitätsversorgung erreicht werden. Die Einsparungspotentiale sind enorm und können die Erschließung des ländlichen Raums vorantreiben und einen Gegentrend zur Urbanisierung bilden.

Je weiter die Automatisierung voranschreitet, spielen auch Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz zunehmend eine wichtige Rolle. Um eine Durchdringung des autonomen Fahrens zu ermöglichen und die Potentiale auszuschöpfen, muss eine Akzeptanz in der Gesellschaft geschaffen werden. Eine Akzeptanzsteigerung kann durch den transparenten Umgang der Grenzen der Technologien erreicht werden, um Skepsis und Ängste zu nehmen. Akzeptanz des autonomen Fahrens beim Kunden setzt Sicherheit und Datenschutz voraus.¹¹⁶ Neben den technischen Rahmenbedingungen müssen Mindestanforderungen an Sicherheit gegeben sein, wie etablierte Überprüfungsverfahren, sichergestellt werden.

Auf regionaler Ebene kann durch frühzeitige Pilotversuche eine gesellschaftliche Wahrnehmung erzeugt und Ängste sowie Nutzungshürden gesenkt werden.

8.2.3 Rechtliche Herausforderungen

Grundlage für die Durchdringung auf dem Markt ist die Anpassung der rechtlichen Lage in Deutschland. Bislang ist noch kein rechtlicher Rahmen für autonomes Fahren vorhanden. Seit 2017 wurde ein rechtlicher Rahmen für Fahrzeuge der Stufe drei eingeführt. Im hochautomatisierten Modus darf der Fahrer seine Aufmerksamkeit vom Straßenverkehr abwenden.¹¹⁷

Es bedarf an rechtlichen Rahmenbedingungen, die nicht nur das Fahrzeug als solches betreffen, sondern auch das Fahrerverhaltensrecht, die Verkehrsinfrastruktur sowie auch Regelungen zur Datennutzung und Datensicherung. Dabei ist zwischen den einzelnen Automatisierungsstufen klar zu differenzieren.

Die rechtliche Grundlage ist sehr komplex, Bereiche wie Tempolimit-Missachtung oder Schuldzuweisung bei Unfall müssen je Automatisierungsstufe klar definiert werden.¹¹⁷

Datensicherung gewinnt besonders in Hinblick auf die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur an Bedeutung. Die Vernetzung der Fahrzeuge ist für smarte Lösungsansätze essentiell, um eine Effizienzsteigerung zu erreichen.

¹¹⁵ Vgl. Eckstein, L. et al. 2018

¹¹⁶ Vgl. Esser, K./Kurte, J. 2018

¹¹⁷ ADAC 2018c

Neben der rechtlichen Grundlage in Deutschland müssen international harmonisierende Rahmenbedingungen herrschen. Hier ist der Handlungsrahmen auf Ebene der Stadt bzw. der Gemeinde Stollberg sehr beschränkt und kann kaum beeinflusst werden.

8.3 Etablierung eines autonomen Shuttlebusses

Dünn besiedelte ländliche Regionen werden i.d.R. durch den klassischen ÖPNV nur begrenzt angebunden, da Linienführungen durch diese Gebiete nicht wirtschaftlich tragbar sind. Autonomes Fahren kann langfristig die Zugänglichkeit, Erreichbarkeit und Attraktivität dieser Regionen verbessern. Liniengebundene Angebote, wie der heutige Regionalbusverkehr, werden aus Nutzersicht langfristig unattraktiver. Nachfrageorientierte Lösungen, Bedarfsverkehre (vgl. Kapitel 5.2), die zeitlich und streckenmäßig flexibler sind, können dem entgegenwirken. Ein nachfrageorientiertes Angebot, insbesondere in Gebieten mit geringer Nachfrage, könnte in Phase (4 und) 5 realisiert werden. Mobilitätseingeschränkte oder ältere Menschen in ländlichen Regionen werden dabei eingebunden, die Daseinsvorsorge könnte somit wesentlich erleichtert werden.

Im ÖPNV können automatisierte Shuttles bereits auf gekennzeichneten Fahrbahnen im Mischverkehr eingesetzt werden. Das bedeutet, dass ein Fahrer weiterhin als Aufsichtsperson/ Sicherheitsperson im Fahrzeug sitzen muss. Eine Herausforderung ist es, die Automatisierungsfunktionen auf die Landstraßen zu übertragen. Aus häufig schlecht gekennzeichneten Überlandstraßen und höheren Geschwindigkeiten folgen weitere Herausforderungen für das automatisierte Fahren. Derzeitige entwickelte Ansätze des automatisierten und autonomen Fahrens konzentrieren sich auf urbane Räume und Autobahnen. Da im urbanen Raum die Fahrsituationen häufig sehr viel komplexer sind, ist von einer Übertragung auf den ländlichen Raum auszugehen.

8.3.1 Best Practice Beispiele

Aufgrund aktueller rechtlicher Hürden und ethischen Herausforderungen sind Testszenarien bisher häufig nur auf gesonderten Teststrecken, mit Sondergenehmigungen oder mit nur geringen Geschwindigkeiten komplett autonom erlaubt. Die nachfolgende Tabelle 21 enthält bereits exemplarisch durchgeführte bzw. laufende Projekte.

Tabelle 21: Beispiele für bestehende und aktuell laufende Projekte zu autonomen Fahren

Projekttitlel	Akteure	Ziele/Zentrales Ergebnis
„ShuttleMe – Lernen der Betrieb für automatisierten und vernetzten ÖV im Blue Village Franklin“	Stadt Mannheim, Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN), Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (RNV)	Das Projekt beschäftigt sich damit, ob autonome Fahrzeuge für den barrierefreien Bedarfsverkehr und die Erweiterung des Mobilitätsangebotes auf der letzten Meile in Groß- und Kleinstädten sowie strukturschwachen Regionen geeignet sind.
„salzburg.mobil 2025“	Stadt Salzburg, Salzburg Research	Die Untersuchung der Kundenakzeptanz wird mit dem Ziel durchgeführt, die Attraktivität des ÖPNV zu stärken.
„Autonomer Bus auf dem Flughafen Frankfurt“	R+V-Innovation Lab „Connected Car“, Fraport AG	Reale Verkehrsbedingungen simuliert durch 2600 täglich passierende unterschiedliche Fahrzeuge am Fraport sollen die flexible und bessere Planbarkeit von Abläufen erreichen werden. Die R+V sammelt dabei Daten für neue KFZ-Versicherungskonzepte.

<p>„Autonomer Bus Bad Birnbach“</p>	<p>Landkreis Rottal-Inn, Gemeinde Bad Birnbach, Deutsche Bahn, Regionalbus Ostbayern, TÜV Süd,</p>	<p>Das Ziel besteht darin, die Angebotslücke, die im ländlich geprägten Personenverkehr in Bad Birnbach besteht, durch ein flexibleres und autonom fahrendes Verkehrsmittel zu schließen. Sowohl für Touristen als auch für Einwohner, schafft das Angebot mehr Mobilität z.B. bei der Anreise und fügt sich gut in das städtische Kurortkonzept „Das ökologische Bad“ ein.</p>
<p>Projekt „Stimulate“ in Berlin</p>	<p>BVG, Charité Berlin, Land Berlin</p>	<p>Das Testgelände der Charité bildet den Verkehrsalltag Berlins exemplarisch ab und es sollen Möglichkeiten ermittelt werden, die E-Shuttles dem zukünftigen Nahverkehr in Metropolen bieten können und Fragen zur Kundenakzeptanz beantworten. Bis 2050 will Berlin zu einer klimaneutralen Stadt werden.</p>

Mit Start des Forschungsprojektes „ShuttleMe – Lernender Betrieb für automatisierten und vernetzten ÖV im Blue Village Franklin“ soll die barrierefreie Feinerschließung eines Bedarfsverkehrs in Groß- und Kleinstädten sowie strukturschwacher Regionen erfolgen. Hierfür wurde Anfang 2017 der autonome Shuttlebus (EZ10 vom französischen Hersteller Easy Mile) in Mannheim der Öffentlichkeit vorgestellt. Es waren Testfahrten mit dem Bus möglich. Dieser wird elektrisch betrieben und besitzt eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h. Durch diese Aktion sollte ein öffentlicher Diskurs gefördert sowie das Vertrauen in die Technik aufgebaut werden. Der autonome Bus soll ab Anfang 2019 im Wohngebiet Benjamin Franklin Village eingesetzt werden und dadurch das Quartierskonzept erweitern. Für die erste und letzte Meile sollen die Shuttles neben ÖPNV, Car- und Bikesharing für ein umfangreiches Mobilitätsangebot sorgen¹¹⁸.

In Salzburg fährt seit Oktober 2016 ein autonomer Minibus (französischer Anbieter Navya, Typ Arma) im ÖPNV. Die „letzte Meile“, also der Weg von der Haltestelle zum Ziel/Haustür wird hierbei mit Blick auf die Kundenakzeptanz untersucht und stellt eines der wesentlichen strategischen Ziele im Mobilitätskonzept „salzburg.mobil 2025“ dar. Als Zubringer kann ein solcher Minibus die Attraktivität des ÖPNV deutlich steigern. Salzburg Research (österreich. Forschungsinstitut) erhielt eine Testgenehmigung für diesen Minibus für den öffentlichen Straßenbetrieb und führt gemeinsam mit der Stadt Salzburg das Projekt durch¹¹⁹.

R+V (R+V-InnovationLab „Connected Car“ als Initiator des Forschungsprojektes) und Fraport testen einen selbstfahrenden Shuttlebus (Navya-Busse, Typ Arma) am Flughafen Frankfurt am Main, um Mischverkehr auf einer belebten Straße zu simulieren und so eigene Daten zu sammeln und daraus Erkenntnisse über Chancen und Risiken autonomer Fahrzeuge gewinnen zu können. R+V sammelt so Daten für neue KFZ-Versicherungskonzepte. Die Teststrecke (Tor 3) wird täglich von 2600 Fahrzeugen passiert, u.a. PKW, Flugzeugschleppern, Rettungsdiensten, Fracht- und Gepäcktransportern. Auf diese Weise kann ein realistisches und belebtes Straßenszenario getestet werden, in dem auch Fußgänger involviert sind. Die Busse werden elektrisch betrieben und können mit einer Akkuladung rund 9 Stunden fahren (aktuell mit 20 km/h) und kehren eigenständig an ihre Ladestation zurück¹²⁰.

Die Deutsche Bahn setzt seit Oktober 2017 im Kurort Bad Birnbach (Niederbayern) einen autonom fahrenden Elektro-Bus (EZ10 von Easy Mile) ein, um den Bahnhof mit dem Kurort zu verbinden.

118 Vgl. Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) 2017

119 Vgl. Salzburg Research 2016

120 Vgl. R+V 2017

Der Bus mit Platz für 12 Passagiere (6 Sitz- und 6 Stehplätze) pendelt mit maximal 20 km/h zwischen Bahnhof, Ortzentrum und Therme. Der Einsatz der autonomen Busse soll zukünftig vor allem in ländlichen Gebieten erfolgen und individuelle Beförderung bis vor die Haustür ermöglichen¹²¹.

Seit 2018 testet die BVG (Berliner Verkehrsbetriebe; zuständig für die autonomen Kleinbusse) zusammen mit der Charité (zuständig für Straßen- und Ladeinfrastruktur) und dem Land Berlin den Einsatz von vier autonomen Shuttlebussen (der französischen Anbieter Navya und Easy Mile) auf dem Campus Charité Mitte und Campus Virchow-Klinikum für vier Routen. Die Busse sollen, anfangs mit Begleitperson, maximal 20 km/h fahren und feste Haltestellen bedienen. Der Testlauf soll wichtige Ergebnisse zu Potentialen liefern, inwieweit diese Technik als Ergänzung zum Hochleistungs-ÖPNV oder auf schwach ausgelasteten Strecken eingesetzt werden kann¹²².

8.4 Handlungsempfehlungen autonomer Shuttlebus für Stollberg

Die Realisierung eines autonomen Shuttlebusses ist für die Stadt Stollberg denkbar und bietet große Potentiale zur Forschung und Entwicklung der Erweiterung des Mobilitätsangebotes im ländlichen Raum durch autonome Busse. Der Bus muss jedoch aktuell noch mit einer Begleitperson/Sicherheitsperson besetzt sein und darf nur eine begrenzte Betriebsgeschwindigkeit, max. 20 km/h, aufweisen. Dies ist auf die rechtlichen und technischen Voraussetzungen zurückzuführen. Für den Start eines solchen Projektes muss zuvor eine geeignete Teststrecke gewählt werden. Aktuell existieren wenige Gebiete (Betriebsgelände o.ä.) und begrenzte Anwendungsbereiche, in denen ein autonomer Bus einen wirklichen Mehrwert für die Stadt Stollberg bringen könnte. Daher sollte der Einsatz im öffentlichen Straßenraum erprobt werden. Aktuell bestehen hier jedoch hohe Zulassungshürden. Der Shuttle-Bus der Stadt Bad Birnbach wurde über eine Ausnahmegenehmigung gemäß §70 Abs. 1 StVZO zugelassen. Aktuell können auch andere Behörden über diesen Paragraphen unter Auflagen autonome Busse zulassen. Die zuständige Zulassungsbehörde für die Stadt Stollberg ist das sächsische Landesamt für Straßenbau und Verkehr (LASuV)¹²³.

Mit dem Standort der IAV in Stollberg besteht ein geeigneter Kooperationspartner in unmittelbarer Nähe. Die Einführung eines autonomen Elektrobusses könnte durch die Einbindung der IAV als Forschungsprojekt initiiert werden. Langfristig kann somit erprobt werden, wie ein autonom fahrender Bus das Mobilitätsangebot im ländlichen Raum erweitern kann und welche Herausforderungen bestehen. Dies bedarf jedoch eines schlagkräftigen Konsortiums und Fördermittel. Daraus ergeben sich hohe Erkenntnisse und Potentiale für die Region und generell ländliche Regionen.

Vorbereitende Aufgaben und Maßnahmen

Die Vorbereitungen für das autonome Fahren beginnen bereits heute. Während einige Mobilitätsdienstleister und Fahrzeughersteller bereits Verantwortliche in den internen Strukturen etabliert haben, um Pilotprojekte u. ä. zu planen, sind Städte und ÖPNV-Unternehmen diesbezüglich aktuell oft im Hintertreffen.¹²⁴ Um autonome Fahrzeugtechnologie voranzutreiben und sich als Stadt oder Region entsprechend vorzubereiten ist das Zusammenspiel mit den einzelnen Akteuren, wie Fahrzeughersteller, Mobilitätsdienstleister, ÖPNV, von großer Bedeutung.

Im Folgenden soll ein grober Überblick gegeben werden, welchen Handlungsbereichen sich die Stadt Stollberg kurz- bis langfristig widmen sollte, um entsprechende Vorbereitungen für die autonome Mobilität der Zukunft zu treffen. Aufgrund der Komplexität und aktuellen Ungewissheit der Entwicklungen ist es über alle Aufgabenbereiche (vgl. Tabelle 22) hinweg äußerst sinnvoll, eine zentrale Instanz mit Verantwortlichkeit für die Thematik zu installieren.

121 Vgl. Zeit.de 2017

122 Vgl. Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) 2018

123 Vgl. Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität 2017

124 Vgl. Dornier Consulting International 2017

Tabelle 22: Maßnahmenempfehlungen nach Aufgabenbereichen

Aufgabenbereich	Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
Übergeordnet / Zentral	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der potenziellen Einflüsse des autonomen Fahrens auf die jeweiligen Verkehrssysteme • Gespräche mit Fahrzeugherstellern zur notwendigen physische Infrastruktur • Frühzeitige Entwicklung konsequenter IT-Kompetenz 		
Bauamt	<ul style="list-style-type: none"> • Intelligente Verkehrssteuerung mit Förderung des ÖPNV • Parkraummanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionen in Infrastruktur und Anwendungen auf Basis von Zwischentechnologien sind genau zu prüfen • Für die Sicherheit und Attraktivität des nicht-motorisierten Verkehrs ist der Ausbau der Fahrradinfrastruktur und Fußwege notwendig. • Festlegung von Ein- und Ausstiegazonen <p>Um die positiven Effekte der Automatisierung zu unterstützen, sollten Parkflächen mittel- bis langfristig zumindest teilweise umgewidmet werden. Innerstädtische Flächen werden frei und können als Wohnräume verfügbar gemacht werden.</p>	Instandhaltung von heutiger physischer Infrastruktur und Ausrüstung durch intelligente Bausteine wie Beacons, Spurleitsysteme, u.ä.
ÖPNV/Nahverkehrsplan	<ul style="list-style-type: none"> • Pilotprojekte frühzeitig initialisieren, um gesellschaftliche Wahrnehmung zu erzeugen, Ängste sowie Nutzungshürden zu senken und Erfahrungen im Umgang mit den Systemen zu sammeln. 	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung kollektiver Verkehre • Konzessionen/Rahmenbedingungen für die Genehmigung für autonome Mobilitätsangebote und städtischer Einfluss auf Tarife 	
Informations- und Kommunikationstechnik/ Geoinformation	<ul style="list-style-type: none"> • Vorantreiben der Entwicklung eines schnellen Mobilfunknetzes (4G LTE/5G) mit hoher Verfügbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Baustelleninformationen • Bereitstellung hochauflösender Kartendaten und Verkehrsinformationen in Echtzeit • Diskussion mit Fahrzeugherstellern, welche Daten mit den autonomen Fahrzeugen ausgetauscht werden und welche öffentlich verfügbar sein müssen 	Konnektivität und das Internet könnten dazu dienen, neue entfernungs- oder nutzungs-basierte Infrastrukturabgaben zu erheben. ¹²⁵
Umweltamt			Einschränken von Leerfahrten autonomer Fahrzeuge

125 Vgl. Köllner, C. 2018

9 Ganzheitliches Ladekonzept

Eine Ladung von Elektrofahrzeugen ist prinzipiell an jeder abgesicherten Steckdose möglich. Damit besteht für den Bedarfsfall eine Abdeckung. Die Ladezeiten an normalen Steckdosen sind jedoch vergleichsweise lang, die Stromabrechnung bei fremdem Strom ist ungeklärt, die Zugänglichkeit an Stellplätzen eingeschränkt und die Bedienbarkeit, bspw. durch die Nutzung eigener Kabel, nicht komfortabel. Daher stellt ein Laden an der normalen Steckdose keine adäquate Möglichkeit sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich dar. Wallboxen oder Ladesäulen, die (oft) mit angeschlagenen Kabel ausgerüstet sind, stellen die praxistaugliche Ladeinfrastruktur dar.

Im Gegensatz zu konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, können Elektrofahrzeuge während der Standzeiten, die sich aus dem Mobilitätsverhalten ergeben, geladen werden. Da PKW im Schnitt ca. 23 von 24 Stunden täglich stehen, ergibt sich ein hohes Ladepotential. Damit unterscheidet sich das Ladeverhalten vom Tankverhalten deutlich, da jede Standzeit genutzt werden kann, um Strom zu laden. Dies gilt auch, wenn eine Ladung, aufgrund eines für die nächsten Fahrten noch ausreichenden Ladestands der Batterie, noch nicht notwendig ist. Ein anfahren einer separaten Örtlichkeit (Tankstelle) ist nicht erforderlich, wenn im normalen Tagesablauf Ladeinfrastruktur an den Stellplätzen vorhanden ist. Ist dies bei einem potentiellen Interessenten nicht der Fall, so führt ein Elektrofahrzeug zu einem höheren koordinativen Aufwand, um die Ladevorgänge zu planen. Eine Lademöglichkeit am Wohnungsstellplatz oder beim Arbeitgeber stellt für die meisten Elektrofahrer die Basisversorgung und meist die Voraussetzung für die Entscheidung für ein Elektroauto dar.

Öffentliche Ladeinfrastruktur dient insbesondere Einwohnern ohne Lademöglichkeit zu Hause und beim Arbeitgeber sowie zum Gelegenheitsladen und zur Reichweitenertüchtigung auf Reisen sowie hohen Distanzen. Dabei ist zu beachten, dass die Ladezeiten deutlich über den Tankzeiten liegen und damit öffentliche Ladeinfrastruktur möglichst an Verkehrswegen oder hochfrequentierten Zielen mit passenden Standzeiten liegt. Eine komplette Abdeckung aller möglichen Fahrtziele mit längeren Standzeiten wird nicht möglich und sinnvoll sein.

9.1 Begriffsklärung und Differenzierung von Ladeinfrastruktur

9.1.1 Ladestationen und Ladepunkte

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur muss zwischen mehreren Betrachtungsebenen differenziert werden.

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

Um eine Abgrenzung der Begrifflichkeiten zu ermöglichen, werden diese nachfolgend definiert.

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

An einer Ladestation können sich mehrere Ladesäulen befinden. Ladesäulen sind elektrische Anlagen, an denen die Fahrzeuge angeschlossen und geladen werden können. Eine Ladesäule kann einen oder mehrere Ladepunkte umfassen.

Als Ladepunkt wird die Steckdose (Ladestecker) an der Ladesäule bezeichnet. Bei Ladepunkten muss zwischen den verfügbaren Ladestandards¹²⁶ und den (technisch) gleichzeitig nutzbaren Ladepunkten unterschieden werden¹²⁷. Im Bereich des Schnellladens entspricht die Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Ladepunkte zumeist der Anzahl der Ladesäulen an einem Standort. Aus der Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Ladepunkte an einer Ladestation lassen sich Aussagen zu ihrer Kapazität ableiten. Je höher die Anzahl der gleichzeitig nutzbaren Ladepunkte an einer Ladestation, desto mehr Fahrzeuge können gleichzeitig an einem Ort laden und entsprechend höher ist die Kapazität der Ladestation.

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

Zusammenfassend werden die Begriffe kurz dargestellt:

- **Ladestationen** sind Örtlichkeiten im Betrachtungsgebiet, an denen eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge vorhanden ist. Eine Ladestation kann eine oder mehrere Ladesäulen umfassen.
- **Ladesäulen** sind elektrische Anlagen, an denen die Fahrzeuge über Ladepunkte durch Einstecken angeschlossen und geladen werden. Sie können einen oder mehrere Ladepunkte umfassen.
- **Ladepunkte** sind Steckdosen oder bei angeschlagenen Kabeln Ladestecker, unabhängig vom Standard und der Möglichkeit einer gleichzeitigen Nutzung¹²⁸.
- **Gleichzeitig nutzbare Ladepunkte** stellen die maximale Kapazität einer Ladestation dar.

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

Bei der Ergebnisinterpretation muss demnach zwischen der räumlichen Abdeckung und der Kapazität der Ladestation differenziert werden. Den Kapazitäten wird jedoch erst in den weiteren Stufen des Markthochlaufs ab ca. 2022/23 eine hohe Relevanz zukommen, wobei dann auch Reservierung und Vorbuchung an Bedeutung gewinnen, um Peaks zu verlagern und mit weniger Infrastruktur zu bedienen. Im Markthochlauf ist zunächst die räumliche Erschließung relevant. Daher wird nachfolgend hauptsächlich auf der Anzahl der Ladestationen referenziert.

¹²⁶ In den meisten Fällen bietet ein Duallader einen CCS-Ladepunkt und einen CHAdeMO-Ladepunkt an. Hinsichtlich der Ladestandards bedeutet das für den Nutzer einen verfügbarer Ladepunkt, da sein Fahrzeug entweder CCS oder CHAdeMO unterstützt.

¹²⁷ Ein Duallader bietet zwei Ladepunkte, von denen (aus technischen Gründen) zeitgleich nur ein Ladepunkt nutzbar ist (zwei sequenziell nutzbare Ladepunkte, ein gleichzeitig nutzbarer Ladepunkt).

¹²⁸ s. o.

9.1.2 Ladeleistung

Die am Ladepunkt verfügbare Ladeleistung bedingt die Dauer eines Ladevorganges. Je höher die Ladeleistung, desto schneller ist die Ladung der Batterie bis zu einem bestimmten Füllstand erreicht. Folgende Differenzierung wird vorgenommen:

- Normalladen mit Wechselstrom (AC) mit einer Ladeleistung von 3,7 bis 43 kW,
- Schnellladen mit Gleichstrom (DC), meist mit einer Ladeleistung von aktuell 50 kW bis zukünftig 150–350 kW¹²⁹.

Neben der verfügbaren Ladeleistung am Ladepunkt ist ebenfalls relevant, welche Leistung auf Seiten des Fahrzeuges unterstützt wird. Fahrzeuge, die nur einphasig bis 4,6 kW laden können, können auch an einem Ladepunkt mit 22 kW verfügbarer Ladeleistung nicht mit mehr als 4,6 kW laden.

9.1.3 Eigentumsverhältnis

Die Zugänglichkeit von LIS für die Nutzer ist u. a. von den Eigentumsverhältnissen an der Fläche abhängig, auf der die Ladestation errichtet wurde (vgl. Abbildung 20). Differenziert werden können die folgenden Eigentumsverhältnisse:

- **Privater Grund:** meist Wallboxen am Stellplatz/Carport auf dem privaten Grundstück oder beim Arbeitgeber
- **Öffentlicher Grund:** LIS im öffentlichen Straßenraum, für jeden ohne zeitliche und physische Einschränkung zugänglich
- **Halböffentlicher Grund:** private Flächen, die für jeden zugänglich sind, teilweise mit zeitlichen Einschränkungen

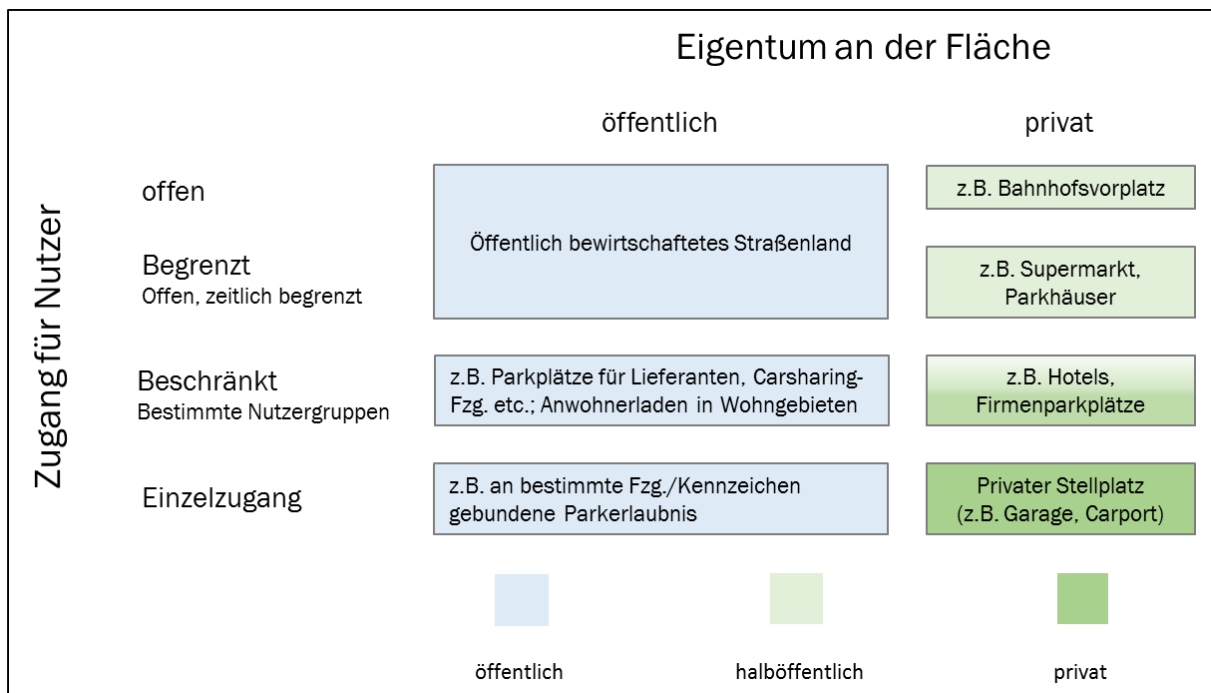


Abbildung 20: Kategorisierung LIS¹³⁰

¹²⁹ Da LIS immer zu den technischen Standards der Fahrzeuge passen muss und in diesem Bereich aktuell noch viel Forschungsarbeit geleistet wird, sind zukünftige Entwicklungen, vor allem im Schnellladebereich, noch nicht mit Gewissheit vorherzusehen.

¹³⁰ Vgl. Blümel, H. et al. 2014

9.1.4 Zweck der Ladung

Der Zweck der Nutzung ist abhängig vom SoC¹³¹ bzw. der Notwendigkeit der Ladung zur Streckenabsolvierung und von der Aktivität am Ladeort (Zwischenstopp oder Zielort).

Zusammengefasst können folgende Arten des Ladens mit dem jeweiligen Zweck der Ladung eruiert werden:

- **Schnellladen** – Streckenabsolvierung; Ladevorgang zwingend erforderlich, um die Fahrt fortsetzen zu können,
- **Gelegenheitsladen** – Laden, wenn sich die Gelegenheit aus dem Mobilitätsverhalten ergibt; keine Notwendigkeit vorhanden,
- **Laden am Zielort** – Notwendigkeit des Ladevorganges abhängig von der zurückgelegten Strecke; an Herbergen und Unterkünften meist notwendig,
- **Privates Laden** – zur Deckung des primären Ladebedarfes; zu Hause oder beim Arbeitgeber.

9.1.5 Nutzergruppen

Um LIS bedarfsgerecht zur Verfügung stellen zu können, müssen die Zielgruppen analysiert werden. Die Nutzergruppen unterscheiden sich nach ihren Anforderungen an die LIS, ihrem Mobilitäts- und Ladeverhalten sowie ihrer Zahlungsbereitschaft (vgl. Tabelle 23). Folgende Nutzergruppen können differenziert werden.

131 Ladestand der Batterie

Tabelle 23: Nutzergruppen

	Bürger	Pendler	Gäste & Touristen	Geschäftsreisende
Charakteristik	i. d. R. private LIS vorhanden	i. d. R. private LIS zu Hause oder beim AG vorhanden	bewegen sich außerhalb der Heimat, Verfügbarkeit und Zugänglichkeit von Lademöglichkeiten in der Region essentiell	bewegen sich außerhalb der Heimat, Verfügbarkeit und Zugänglichkeit von Lademöglichkeiten in der Region essentiell
Zahlungsbereitschaft	Stromkosten dienen als Referenz für die Zahlungsbereitschaft an alternativen Lademöglichkeiten	Stromkosten dienen als Referenz für die Zahlungsbereitschaft an alternativen Lademöglichkeiten	höhere Zahlungsbereitschaft durch Urlaubsmodus	hohe Zahlungsbereitschaft, Zeit als entscheidender Faktor
Mobilitätsverhalten	kurze Arbeitswege, Besorgungs- und Freizeitwege, Holen und Bringen, Ausflüge am Wochenende	wie Bürger, jedoch mit langen Arbeitswegen, ggf. Abstellen des PKW an P+R-Parkplätzen	langer Anreiseweg, kurze Wege innerhalb der Urlaubsregion für Besorgungen, Restaurantbesuche etc., lange Wege bei Tagesausflügen	lange Anreisewege und kurze Aufenthaltsdauer (meist über Nacht) in der Region, direkte Fahrt zur Unterkunft und zum Termin
Ladeverhalten	regelmäßiges Laden zu Hause, Gelegenheitsladen auf alltäglichen Wegen, Schnellladen im Urlaub, bei langen Wochenendausflügen oder Spontanfahrungen	tägliches Laden beim AG oder zu Hause, ggf. am P+R-Parkplatz, Gelegenheitsladen auf alltäglichen Wegen, Schnellladen im Urlaub, bei langen Wochenendausflügen oder Spontanfahrungen	Laden am Zielort an der Unterkunft, Schnellladen bei langen Fahrten, Gelegenheitsladen bei Zwischenstopps, bspw. im Café	Laden am Zielort an der Unterkunft, Schnellladen bei langen Fahrten, ggf. Laden beim Unternehmen (AG)

Zur Erfüllung der Anforderungen müssen diese Aspekte bei der Wahl der Ladeorte und Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur beachtet werden. Es ergibt sich jedoch keine separate LIS für einzelne Zielgruppen. Einige Standorte werden einen großen Anteil bestimmter Zielgruppen bedienen, sollten jedoch immer auch attraktive Möglichkeiten für die anderen Zielgruppen bieten, um durch unterschiedliche zeitliche Inanspruchnahmen bessere Auslastungen im Tagesverlauf zu erreichen.

9.1.6 Ladeorte

Neben einer Basisabdeckung durch Schnellladeinfrastruktur ist die Flächenerschließung durch Normalladeinfrastruktur, insbesondere im Markthochlauf, von Bedeutung. Eine wichtige Destination für die Bereitstellung von ausreichend Lademöglichkeiten in der Fläche stellen halböffentliche Flächen dar. Insbesondere Einzelhändler, Gastronomie/Hotellerie und Freizeiteinrichtungen bieten aufgrund folgender Faktoren ideale Voraussetzungen für Ladeinfrastruktur:

- Häufiges Ziel mit passenden Standzeiten für einen Ladevorgang und Bereitschaft der Nutzer, diesen durchzuführen (> 15 Minuten),
- Ladeinfrastruktur stellt nicht das Kerngeschäftsmodell dar, welches kaum eine Refinanzierung im Bereich des Normalladens erwarten lässt,
- Teilweise hohe Kundenfrequenz bei Einzelhändlern, die sonst kaum gegeben ist und ggf. langfristig sogar ein Geschäftsmodell ermöglichen würden,

- Gegenfinanzierung durch Kundengewinnung und längere Aufenthaltsdauer im Geschäft.

Für den Markthochlauf der Elektromobilität bieten diese Standorte einen entscheidenden Vorteil. Durch die Frequentierung wird eine hohe Sichtbarkeit im Sinne der Wahrnehmung ermöglicht.

Ladeinfrastruktur im Rahmen von Sondernutzungen von öffentlichen Flächen spielt vorrangig im Bereich der Innenstadt eine Rolle. Falls ein Händler oder ein Unternehmen über keine eigenen Stellplätze verfügt, ist die Sondernutzung zu prüfen.

Lademöglichkeiten bei Arbeitgebern kommt eine ähnlich hohe Relevanz wie der Ladeinfrastruktur zu Hause zu. Da diese Lademöglichkeiten eine verbindliche Verfügbarkeit aufweisen, können sie den privaten Ladepunkt substituieren. Das Fahrzeug steht lange dort und kann bei Überkapazitäten beispielsweise aus PV oder einem BHKW geladen werden. Da die Arbeitszeiten üblicherweise in der Hauptproduktionszeit für PV-Anlagen liegen, ergibt sich daraus eine sinnhafte Anwendung. Für den Arbeitgeber ist die Abgabe an den Arbeitnehmer aktuell steuerfrei möglich.

9.2 Anforderungen an Ladeinfrastruktur

Die Anforderungen an LIS gehen, neben dem Mobilitätsverhalten der Nutzer, aus weiteren Einflussfaktoren wie bspw. der für den Betreiber notwendigen Wirtschaftlich- bzw. Vorteilhaftigkeit oder dem festgesetzten Rechtsrahmen hervor (Abbildung 21).



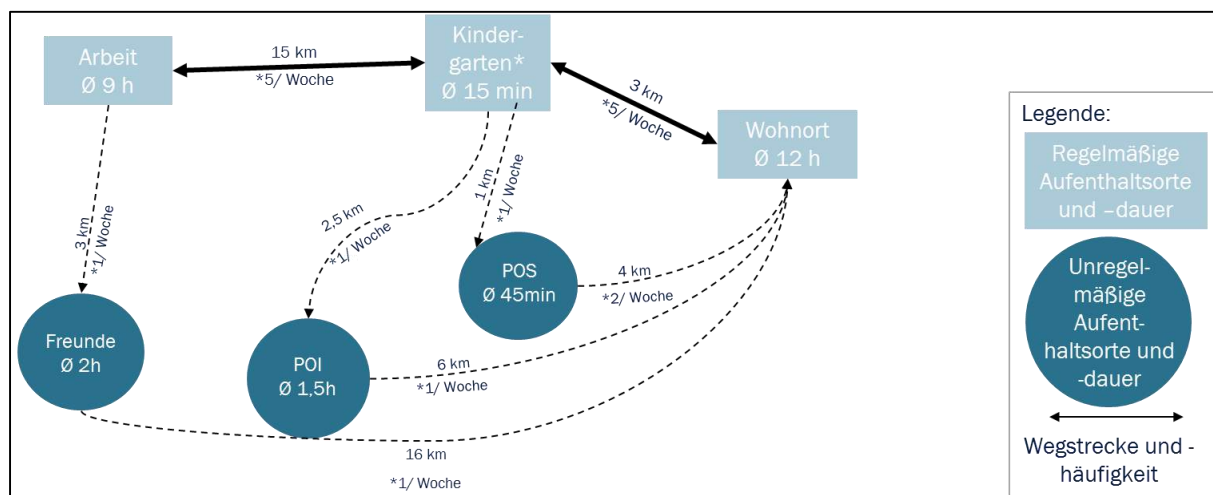
Abbildung 21: Einflussfaktoren für Anforderungen an Ladeinfrastruktur

Anhand durchschnittlicher Jahresfahrleistungen von PKW kann, zur Einordnung der Relevanz von (halb-)öffentlicher LIS zur Bedarfsdeckung, eine grobe Abschätzung der notwendigen LV vorgenommen werden. Da Elektromobilitätsnutzer aktuell tendenziell höhere Fahrleistungen aufweisen, als der bundesdeutsche Durchschnitt, erfolgt auch eine Betrachtung der notwendigen LV bei Vielfahrern. Tabelle 24 zeigt, differenziert nach den Akkukapazitäten der Fahrzeuge und den daraus resultierenden Reichweiten, die Anzahl an Ladevorgängen pro Fahrzeuge pro Woche, die zur Bedarfsabdeckung notwendig sind. Unter der Annahme, dass die Fahrzeuge durchschnittlich 20 kWh/100 km verbrauchen und der Akku vor jedem LV komplett entladen wird, ergeben sich, je nach Jahresfahrleistung und Akkukapazität, zwischen einem und vier zwingend erforderlichen Ladevorgängen pro Woche. Werden Ladeverluste berücksichtigt und die Tatsache, dass jeweils eine Restkapazität von ca. 20 % in der Batterie verbleibt, ergibt sich jeweils etwa 1 LV mehr pro Woche.

Tabelle 24: Anzahl notwendiger Ladevorgänge zur Bedarfsdeckung

Akkukapazität in kWh	Reichweite in km	Jahresfahrleistung in km	
		Durchschnittliche Fahrleistung: 13 922 ¹³²	Vielfahrer: 20 000
		Ladevorgänge pro Woche	
20	100	3	4
30	150	2	3
40	200	1	2
50	250	1	2
60	300	1	1
70	350	1	1
80	400	1	1

An welcher LIS (privat/Arbeitgeber/(halb-)öffentlich) diese Ladevorgänge durchgeführt werden, unterscheidet sich je nach Verfügbarkeit von LIS am Wohnort und beim Arbeitgeber, dem persönlichen Mobilitätsverhalten sowie der Attraktivität öffentlicher LIS im Umfeld. In der Praxis werden hinsichtlich der absoluten Anzahl jedoch deutlich mehr Ladevorgänge durchgeführt, als notwendig sind. Es finden demnach nicht immer Vollladungen des Akkus statt. Dies ergibt sich daraus, dass Ladevorgänge an (halb-)öffentlicher LIS aus dem alltäglichen Mobilitätsverhalten heraus durchgeführt werden und vorrangig als Gelegenheitsladen stattfinden. Abbildung 22 zeigt exemplarisch das Mobilitätsverhalten einer Vollzeit beschäftigten Person mit Kind und die sich daraus ergebenden Standzeiten des PKW. Lange Standzeiten und damit einhergehend Möglichkeiten zur Ladung, ergeben sich demnach vorrangig am Wohnort und bei der Arbeit. Kürzere, für Ladevorgänge dennoch relevante Standzeiten ergeben sich in der Freizeit bspw. beim Besuch von Freunden, bei Freizeitaktivitäten, bspw. Kinobesuchen oder beim Einkaufen.


Abbildung 22: Lademöglichkeiten im natürlichen Bewegungsprofil einer Person, werktags

Aus dem im Vergleich zum Tankverhalten differenzierten Ladeverhalten ergeben sich neue Anforderungen an die Infrastruktur.

132 Entspricht lt. KBA der durchschnittlichen Jahresfahrleistung von PKW in Deutschland im Jahr 2017

9.2.1 Anforderungen aus Nutzersicht

In einer Studie der Begleit- und Wirkungsforschung Elektromobilität aus dem Jahr 2016 wurden Nutzer von Elektrofahrzeugen hinsichtlich ihrer Einschätzung und Nutzung von LIS sowie ihrem Ladeverhalten befragt¹³³. Die Ergebnisse spiegeln die Anforderungen an LIS aus Nutzersicht wieder und werden nachfolgend dargestellt.

Positionierung und Nutzbarkeit

Die Positionierung von Ladestationen im (halb-)öffentlichen Raum ist vor allem an Orten des alltäglichen Bedarfs mit Beschäftigungsmöglichkeiten im Umfeld sowie an stark frequentierten Straßen sinnvoll. Die Lage der Ladestation muss für den Nutzer einfach aufzufinden sein, bspw. durch entsprechende Hinweisschilder. Darüber hinaus sollten die Ladestationen ohne zeitliche Einschränkungen zugänglich sein. Es muss vermieden werden, dass konventionelle Fahrzeuge die Ladesäule als Parkplatz nutzen und somit blockieren. Weiterhin müssen sowohl die technische Funktionsfähigkeit und Betriebsbereitschaft der Ladesäule, als auch die Zuverlässigkeit während des Ladevorgangs gegeben sein. Bei technischen Defekten oder Störungen an der Anlage muss dies online einsehbar und ein Ansprechpartner über eine Hotline mit Möglichkeit des Fernzugriffs auf die Ladestation erreichbar sein.

Diskriminierungsfreiheit

Wichtigstes Kriterium ist ein barrierefreier Zugang zur Ladesäule. Dies beinhaltet u. a. eine einfache oder keine Authentifizierung des Nutzers. Die RFID-Karte bietet grundsätzlich eine hohe Usability für die Freischaltung der Ladesäulen. Sie wird von den Nutzern jedoch nur dann als Authentifizierungsmedium akzeptiert, wenn nicht eine Vielzahl an Ladekarten notwendig ist. Eine Ad-hoc-Authentifizierung mittels gängiger Zahlungsmittel (EC-/Kreditkarte) oder Smartphone ist ebenso praktikabel, wobei letzteres nicht bei jedem Nutzer vorhanden ist und die Störanfälligkeit, bspw. durch Funktionseinschränkungen der Apps oder einen leeren Akku, hoch ist. Den größten Komfort bringen Authentifizierungsmöglichkeiten, die kein Eingreifen seitens des Nutzers bedingen. Dies ist bspw. durch Plug&Charge¹³⁴ möglich, wobei die Authentifizierung beim Einstecken des Ladekabels automatisch erfolgt und der Ladevorgang freigeschaltet wird.

Bezahlmethoden und Abrechnungsmodalitäten

Zur Bezahlung des Ladevorgangs werden Ad-hoc-Zahlungsmittel präferiert, EC- und Kreditkarten mehr als anonyme Zahlungsmittel wie Bargeld oder aufladbare Geldkarten. An Vertragsbeziehungen besteht wenig Interesse, da Vertragsbindungen, Grundgebühren und Registrierverfahren für die Nutzer nicht praktikabel sind.

Die Abrechnung des Stroms sollte aus Kundensicht vorzugsweise nach geladener Energiemenge (€/kWh) erfolgen. Durch Vorgaben des Preis- und Eichrechts ist dies zwingend. Tarife müssen nach den Energiemengen abgerechnet werden. Die Kosten müssen transparent für den Nutzer einsehbar sein. Ausnahmeregelungen existieren dafür nicht. Aktuell wird aufgrund technischer Umstellungen bei Schnellladern noch auf eine Ausübung verzichtet. Ab Herbst 2019 dürfte diese Sonderregelung auslaufen.

Die Zahlungsbereitschaft für einen Ladevorgang hängt davon ab, ob, wann oder zu welchen Konditionen andere Lademöglichkeiten vorhanden sind. Je näher und günstiger die Alternativen sind, umso geringer ist der Anreiz zur Nutzung. Als Referenz für die Kosten eines Ladevorganges an Normalladeinfrastruktur dient vorrangig der Strompreis an der heimischen Wallbox. Wenn der Preis pro kWh an der (halb-)öffentlichen Ladestation drunter liegt oder der Ladevorgang kostenlos ist, besteht ein besonders hoher Anreiz zur Nutzung dieser. Daraus können ggf. Verlagerungen, bspw. bei der Wahl eines Supermarktes, resultieren. Die Möglichkeit, während des Einkaufs kostengünstig oder kostenlos laden zu können, gibt Elektromobilisten Anlass, bspw. den Supermarkt zu wech-

¹³³ Vgl. Vogt, M., Fels, K. 2017

¹³⁴ Gemäß ISO 15118. Diese regelt den automatisierten Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur.

seln. Dem Zweck der Ladung kommt hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft ebenfalls eine hohe Relevanz zu. Wird primär geparkt, ergibt sich der mögliche Ladevorgang aus der Gelegenheit (Gelegenheitsladen). Besteht auf einer Reise ein hoher zeitlicher Druck, so werden für das Laden keine Umwege in Kauf genommen. Somit hat die verfügbare Zeit für den Ladevorgang einen hohen Einfluss. Aufgrund der Notwendigkeit der Reichweitenverlängerung besteht für die Nutzung der DC-Ladeinfrastruktur eine überproportionale Zahlungsbereitschaft. Diese übersteigt das Verhältnis der Kraftstoffpreise an Raststätten-Tankstellen zu Preisen an normalen Tankstellen deutlich. Ebenfalls muss beachtet werden, welchen Einfluss das Parken auf LIS hat. Bestehen Bevorrechtigungen für den Parkplatz, erfolgt ein Ladevorgang, obwohl dieser nicht zwingend nötig ist. Die Zahlungsbereitschaft für den Ladevorgang spiegelt dann die Zahlungsbereitschaft für den Parkplatz wieder. Dies spielt in der Stadt Stollberg aufgrund des meist geringen Parkdruckes eine untergeordnete Rolle.

Tatsächlich nutzbare Ladeleistung

Die von den Nutzern als praktikabel erachtete Ladeleistung hängt vom Standort der Ladestation ab. Befindet sich diese an einem Ort, an dem Aufenthaltsdauern von mehreren Stunden oder länger üblich sind, bspw. Restaurants, Freizeiteinrichtungen oder Übernachtungsunterkünfte, ist einphasiges Laden mit bis zu 4,6 kW aus Nutzersicht ausreichend. An Standorten mit kürzerer Standdauer von 15 Minuten bis ca. eine Stunde, bspw. Supermärkte oder andere PoS, sollte dreiphasiges Laden forciert werden und damit Ladeleistungen von mindestens 11 kW, besser 22 kW zur Verfügung stehen. Um eine einheitliche Nutzbarkeit mit verschiedenen Fahrzeugen zu gewährleisten, wird eine Ausstattung mit 22 kW auch in Hinblick auf zukünftige Fahrzeuge als sinnvoll erachtet. Standorte, an denen ausschließlich geladen wird, um Reichweite für die Weiterfahrt zu erlangen, insbesondere an Autobahnen, Bundes- und Landstraßen, bedingen Schnellladeinfrastruktur. Ladeleistungen von 50 kW DC werden dabei zwar als ausreichend erachtet, wirklich praktikabel sind aus Nutzersicht jedoch Ladeleistungen von 100 bis 150 kW, um einen relevanten Reichweitzuwachs in weniger als 30 Minuten generieren zu können. An Normalladestationen sollte der Typ-2-Standard vorhanden sein. Schnellladestationen sollten, um einen diskriminierungsfreien Zugang auch für ältere Fahrzeuggenerationen zu gewährleisten, sowohl über einen CCS- als auch Chademo-Anschluss verfügen.

An Standorten mit hoher Frequentierung sowie langer Aufenthaltsdauer, sollte eine entsprechend hohe Anzahl an Ladepunkten vorhanden sein, um ausreichend hohe Kapazitäten bereitstellen zu können. Dem kommt insbesondere in Hinblick auf steigende Fahrzeuganzahlen eine hohe Relevanz zu.

Smarte Anbindung

Statische Informationen zu den Ladestationen, bspw. Standort, Anzahl der Ladepunkte, Steckertypen und Ladeleistung sowie Öffnungszeiten, Authentifizierungsoptionen und Roaming-Netzwerke, ergänzt um Echtzeitinformationen, bspw. technische Störungen oder Belegung, sollten sowohl für Nutzer als auch für Service-Anbieter (OEM, Navi-Hersteller, App-Anbieter) gleichermaßen zur Verfügung stehen und in die Fahrzeugnavigation integriert werden.

Nachhaltigkeit

Die Stromherkunft ist für die Nutzer von Elektrofahrzeugen relevant. Der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen kommt demnach eine hohe Bedeutung zu. Etwa die Hälfte der Nutzer würde das Ladeverhalten im Rahmen des Möglichen an die Erzeugung des Stroms anpassen. Eine Aufpreisbereitschaft für die Nutzung von Ökostrom an (halb-)öffentlicher LIS besteht jedoch kaum.

9.2.2 Anforderungen aus Betreibersicht

Den größten Einfluss auf das Geschäftsmodell hat, sofern das Ziel eine separate Wirtschaftlichkeit der Ladestation ist, neben der Anzahl der Ladevorgänge und der abgegebenen Strommenge (vgl. Abbildung 23), die Differenz zwischen dem Stromeinkaufs- und Stromverkaufspreis¹³⁵. Hinzu kommen die Anschaffungs- und Betriebskosten. Dementsprechend müssen größere Mengen an Strom abgesetzt werden, die mit einer hohen Anzahl an Ladevorgängen einhergehen, da fahrzeugseitig die Speicherkapazitäten der Batterien und ggf. auch nutzerseitig die Standzeiten begrenzt sind. Die Möglichkeit, hohe Aufschläge für Ladevorgänge mit geringen Strommengen zu verlangen, um gleiche absolute Überschüsse an der Ladestation zu erzielen, würde zu extrem hohen Preisen führen.

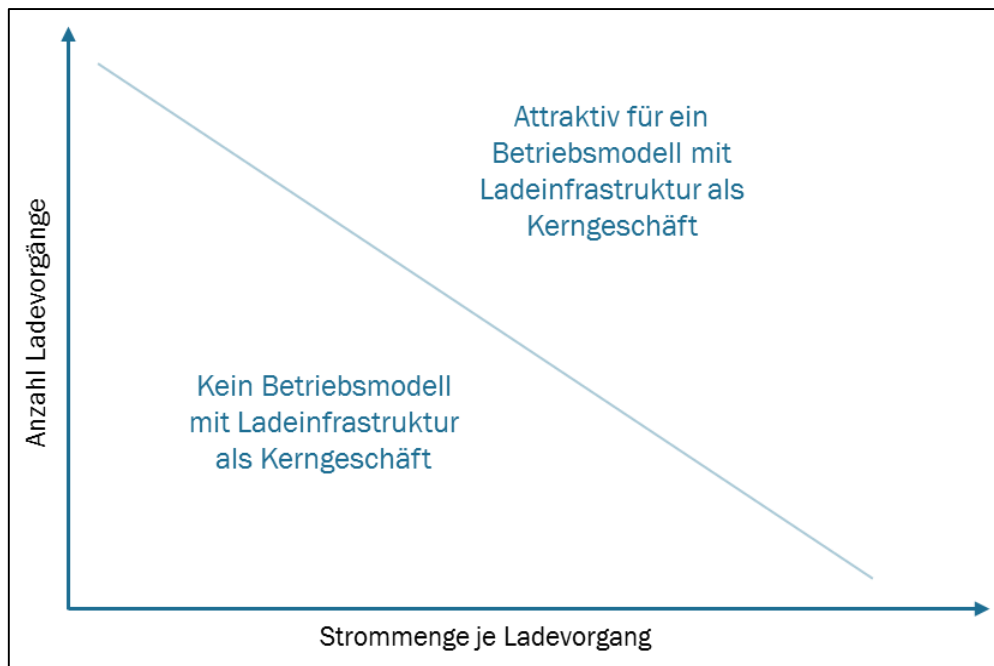


Abbildung 23: Attraktivität von Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft

Ein Ladevorgang mit geringerer Ladeleistung führt bei gleicher Stromabgabemenge zu längeren Standzeiten der Fahrzeuge, wodurch die potenziell mögliche Anzahl von Ladevorgängen in einem festen Zeitraum sinkt. Folglich kann an Stationen mit geringer Ladeleistung, bereinigt um standort-spezifische und tarifliche Aspekte, eine deutlich geringere Menge an Strom abgesetzt werden, als an Schnellladestationen. Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft bestehen daher aktuell fast nur für Schnellladeinfrastruktur an frequentierten Standorten mit Notwendigkeit zur Reichweitenverlängerung, also vorrangig an Autobahnen und Bundes- bzw. Landstraßen. Kürzere Standzeiten ermöglichen eine hohe Verfügbarkeit der Lademöglichkeit und damit mehrere Ladevorgänge pro Tag. Da die Fahrzeuge meist mit leerem Akku an die Lademöglichkeit angeschlossen werden und es sich tendenziell um Fahrzeuge mit größeren Akkukapazitäten handelt, werden vergleichsweise hohe Strommengen je Fahrzeug abgegeben. Aufgrund der höheren Zahlungsbereitschaft bei dringlichem und schwer substituierbarem Bedarf kann eine höhere Marge realisiert werden. Für Schnellladeinfrastruktur besteht an den Autobahnen ein Netzwerk, das stetig erweitert wird. Verschiedene Betreiber und Konsortien sind im Markt aktiv und suchen nach neuen Flächen. Daher ist in diesem Bereich kein Handlungsdruck für die Stadt Stollberg gegeben. Ein attraktives Umfeld für einen Schnelllader bedingt Gastronomie oder Einzelhandel im Umfeld, wenn Reisende adressiert werden sollen.

¹³⁵ Bereinigt um technische Verluste beim Ladevorgang.

Normalladeinfrastruktur konkurriert mit dem Strompreis zu Hause, da sie, abgesehen von Urlaubsfahrten, eher auf alltäglichen Wegen und damit meist um den Wohnort genutzt wird¹³⁶. Die Refinanzierbarkeit allein über die Einnahmen durch die Ladevorgänge ist daher auch in Zukunft nur für sehr spezielle Anwendungen absehbar. Die Herausforderung besteht in der Substituierbarkeit durch die heimische Ladestation im Umfeld. Daher muss sich der Preis an der Ladestation am gegebenen Strompreis im Umfeld orientieren. Die Margen sind daher gering und aufgrund der meist längeren Standzeiten sind geringe Auslastungen zu erwarten. Normalladeinfrastruktur bietet aufgrund dieser Parameter ein potenziell sehr interessantes Kundenbindungs- und Kundenakquisitionsinstrument, wobei die Variationen zwischen reduziertem und kontingentiertem kostenfreien Laden liegen.

Bisher wird dies meist durch die Stromversorger praktiziert, die ihren Kunden alles aus einer Hand anbieten möchten und so eine Differenzierung zum Wettbewerb und eine Bindung der Kunden erhoffen. Diese Geschäftsmodelle, die eine wirtschaftliche Tragfähigkeit versprechen, sind jedoch mit deutlich größerem Hebel aufgrund der größeren Umsätze je Kundenbesuch für die schon genannten Einzelhändler, Gastronomie und Übernachtungsbetriebe relevant. Auch für Freizeiteinrichtungen ergeben sich ähnliche Effekte. Vergleichbar sind diese Ansätze mit klassischen Tankstellen, die den größeren Teil der Gewinne aus dem Verkauf von Nicht-Kraftstoffen erwirtschaften. Die Verfügbarkeit von LIS an Destinationen wird von Elektro-PKW-Nutzern als zusätzlicher Service wahrgenommen und beeinflusst die Entscheidung der Nutzer bei der Wahl der Destination. Zukünftig wird die Verfügbarkeit von LIS bei den Kunden vorausgesetzt werden, wie dies mittlerweile z. B. bzgl. der WLAN-Verfügbarkeit in Hotels gegeben ist. Ist dies nicht der Fall, wird es als negativer Aspekt gewertet.

Für Betreiber ergeben sich folgende Vorteile:

- Attraktives Kundensegment (hohes Einkommen, innovativ, gebildet etc.),
- Hohe mediale Kommunikationseignung des Themas Ladeinfrastruktur (Presse, Ladeverzeichnisse, Eintrag bei Google Maps, eigene Kundenkommunikation ...),
- Engagement im Bereich Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein,
- Positive Abstrahlung auf eigene Dienstleistung hinsichtlich Technologie und Nachhaltigkeit,
- Glaubhafte Verbindung mit regionalen Produkten, Erzeugung und ökologischen Image möglich,
- Frühzeitige Marktbesetzung in der Umgebung,
- Ideale Kombination mit eigener PV- und Speicheranlage,
- Lademöglichkeiten für eigene Fahrzeuge, Mitarbeiter und Lieferanten,
- Kombination mit existierenden Kundenbindungsprogrammen,
- Günstige Kundengewinnung im Vergleich zu anderen Aktivitäten.

Über die Nutzeranforderungen hinausgehend, sollten bei der Standortsuche auch folgende Anforderungen berücksichtigt werden:

- Bei Ladestationen im öffentlichen Raum: städtebauliche und rechtliche Aspekte (bspw. Denkmalschutz),
- Im (halb-)öffentlichen Raum: Netzanschluss, Nähe zum Verteilnetzpunkt, Ladeleistung von 22 kW realisierbar.

Die einmaligen Investitionen liegen für Normalladeinfrastruktur beginnend bei etwa 1 000 € für einen einfachen Ladepunkt und sind für Schnellladeinfrastruktur, die ab 20 000 € verfügbar ist,

¹³⁶ Ladevorgänge bei Reisen müssen differenziert werden nach den Wegen, um den Urlaubsort zu erreichen und den Ladevorgängen vor Ort. Bei Ersteren wird Schnellladeinfrastruktur meist genutzt werden. Vor Ort wird dann Normalladeinfrastruktur, sofern komfortabel, d. h. ohne zusätzliche Wege oder sehr günstig nutzbar, eine hohe Relevanz besitzen.

nach oben offen. Anschlusskosten (z.B. Tiefbauarbeiten) können die Kosten extrem erhöhen. Zudem müssen jährliche Prüf- und Wartungskosten kalkuliert werden. Laufende wesentliche Kosten sind die abgegebenen Strommengen und, sofern diese erhoben werden, Entgelte für die Abrechnung und Verifizierung.

9.3 Ladesäulenverordnung

Die Ladesäulenverordnung (LSV) definiert die technischen Mindestanforderungen an öffentlich zugängliche Ladesäulen aus rechtlich-regulatorischer Sicht.

- § 3 Mindestanforderungen an die technische Sicherheit und Interoperabilität¹³⁷
 - Ausstattung jeder AC-Ladesäule mit Steckdosen Typ 2,
 - Ausstattung von DC-Stationen mit Kupplungen des Typs Combo 2,
 - Weiterhin gelten die Anforderungen, insbesondere an die technische Sicherheit der Anlagen, gemäß EnWG.
- § 4 Ermöglichung des punktuellen Aufladens
 - Forciert die Möglichkeit des Ladens ohne Authentifizierung oder mittels gängiger Zahlungssysteme bzw. Zahlungsverfahren oder gängiger webbasierter Systeme.

Damit spiegelt die LSV wesentliche Nutzeranforderungen nach einem barriere- und diskriminierungsfreien Zugang sowie der Möglichkeit einer einfachen Authentifizierung wieder.

9.4 Anforderungen Stadt Stollberg

Für die Stadt Stollberg empfiehlt sich die Orientierung an den vorangegangenen erläuterten Anforderungen an LIS. Dabei sollten bereits bestehende Lösungen und regionale Produkte eingebunden werden. Für den Ausbau der (halb-)öffentlichen LIS in der Stadt ergeben sich folgende Anforderungen, wobei in Kapitel 10.3 eine standortbezogene Konkretisierung folgt.

- Technische Verfügbarkeit von 22 kW Ladeleistung im AC-Bereich an der Ladesäule, wobei diese nicht an jedem Ladepunkt abgegeben werden muss.
- Verfügbarkeit von mindestens 50 kW Ladeleistung im DC-Bereich; bei der Wahl des Standortes sollte die Möglichkeit der Ertüchtigung einer höheren Ladeleistung, d.h. Ausbau weiterer Ladesäulen am Standort, im Markthochlauf berücksichtigt werden.
- Einheitliches Steckersystem unter Berücksichtigung der gängigen europäischen Standards, respektive Typ 2 im AC-Bereich sowie Combo 2 im DC-Bereich. Da aktuell auch Fahrzeuge mit dem Standard Chademo noch nennenswert auf dem deutschen Markt vertreten sind, sollte die Verfügbarkeit ebenfalls gegeben sein.
- Vorhalten einer entsprechend der Frequentierung und typischen Standzeiten angemessenen Menge an Ladepunkten, um eine bedarfsorientierte Kapazität der Ladestation zu gewährleisten. Im Markthochlauf sollte der sukzessive Ausbau der Kapazitäten entsprechend dem steigenden Bedarf möglich sein.
- Einheitliches Authentifizierungs-, Bezahl- und Abrechnungssystem im Stadt- bzw. Kreisgebiet unter Berücksichtigung einer einfachen Authentifizierung und Bezahlung mittels gängiger Ad-hoc Zahlungsmittel sowie einer mengenabhängigen, mess- und eichrechtskonformen Abrechnung (€/kWh),
- Einheitliche Gestaltung der Ladesäulen bzw. Verwendung eines einheitlichen Gestaltungselementes mit hohem Wiedererkennungswert auf allen Ladesäulen mindestens im Stadt- bzw. Kreisgebiet.

¹³⁷ Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobilität

- Gut sichtbare Aus- und Beschilderung der Ladestationen.
- Verwendung von Ökostrom, vorzugsweise regionale Produkte, bspw. „Unser Landstrom“,
- Anbindung der LIS an ein IT-Backend über einen aktuell offenen Standard, bspw. OCPP sowie Remotefähigkeit,
- Darüber hinaus wird folgendes empfohlen:
 - Etablierung eines Lademanagements bzgl. der Wunschabfahrtszeiten und des gewünschten Ladestandes, um netzdienliches Laden und ein Lastmanagement am einzelnen Standort (mit mehreren Ladesäulen) bei geringerer Gesamtanschlussleistung zu ermöglichen.
 - Vorbereitung für die spätere Unterstützung der Umsetzung von ISO 15118,
 - Angeschlagene Kabel für jeden Ladepunkt auch im AC-Bereich in einer gut sichtbaren Farbe,
 - Der Zugang zur Ladestation sollte 24/7 für alle möglich sein.

9.5 Förderung von Ladeinfrastruktur

Fördermittel für LIS stehen aktuell sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene zur Verfügung. Der Bund fördert noch bis zum 21.02.2019 im dritten Aufruf zur Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge die Errichtung von öffentlich zugänglicher Normal- und Schnellladeinfrastruktur (vgl. Tabelle 25). Weitere Aufrufe können folgen.

Tabelle 25: Informationen zur Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge des BMVI

Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland des BMVI: 3. Aufruf	
Frist zur Antrags-einreichung	21.02.2019 (Gesamt: 31.12.2020)
Volumen	70 Mio. €
Fördergegenstand	<ul style="list-style-type: none"> • Errichtung öffentlicher Normal- und Schnellladeinfrastruktur • Netzanschluss • Aufrüstung von vor Inkrafttreten der Richtlinie betriebener Infrastruktur (bei zusätzlichem Mehrwert)
Förderhöhe	<ul style="list-style-type: none"> • Pro Antragsteller max. 5 Mio. Euro • 10 000 Normalladepunkte mit mind. 3,7 kW und max. 22 kW • 3,7–22 kW maximal 40 % bis höchstens 2 500 € • 3 000 Schnellladepunkte mit mind. 50 kW • Förderhöhe abhängig vom Bedarf in der jeweiligen Region <ul style="list-style-type: none"> ○ Gut ausgestattete Regionen <ul style="list-style-type: none"> ▪ ab 50 kW maximal 30 % bis höchstens 9 000 € ▪ ab 100 kW maximal 30 % bis höchstens 23 000 € ○ Gebiete mit besonders hohem Bedarf <ul style="list-style-type: none"> ▪ ab 50 kW max. 50 % bis höchstens 12 000 € ▪ ab 100 kW max. 50 % bis höchstens 30 000 € • Anschluss ans Niederspannungsnetz bis 5 000 € • Anschluss ans Mittelspannungsnetz bis 50 000 € • Aufrüstung oder Ersatzbeschaffung bis max. 40 %

Voraussetzungen	• Einreichen des Antrags bis 21.02.2019
	• LIS mit aktuell offenem Standard
	• LIS entspricht Vorgaben des Mess- und Eichrechts
	• LIS wird mit grünem Strom aus erneuerbarer oder eigenerzeugter Energie betrieben
	• Kein Leasing, nur Kauf ist förderfähig
	• Ad-hoc-Laden muss möglich sein (vgl. LSV)
	• Mindestbetriebsdauer 6 Jahre

Darüber hinaus wird über die Förderrichtlinie Elektromobilität des BMVI die Anschaffung von kommunalen Fuhrparkfahrzeugen inkl. der Beschaffung von LIS gefördert. Unternehmen sind ebenfalls antragsberechtigt, sofern die Kommune bestätigt, dass es sich um eine Maßnahme im Rahmen eines Elektromobilitätskonzeptes handelt. Es besteht kein aktueller Förderaufruf.

Auf Landesebene bestehen aktuell keine Förderprogramme für LIS.

9.6 Stellplatzsatzung

Anhand einer Stellplatzsatzung regelt eine Gemeinde, wie viele Stellplätze für PKW und Fahrräder bei Neu- oder Umbau im privaten Bereich erbaut werden. Aufgrund der meisten Landesbauordnungen können Gemeinden den Stellplatzbau durch Satzungen regeln. Die sächsische Landesbauordnung (SächsBO) sieht dies ebenfalls vor.

Hintergrund einer Stellplatzsatzung ist es, öffentliche Flächen für den fließenden Verkehr vorzuhalten und genügend private (somit auch halböffentliche) Flächen für den ruhenden Verkehr zu schaffen. Die Stellplatzsatzung funktioniert nach dem Verursachungsprinzip. Bauvorhaben, bei denen ein Zu- und Abfahrtsverkehr zu erwarten ist, wodurch ein Parkraumbedarf ausgelöst wird, müssen Stellplätze auf dem Grundstück vorsehen. Jedoch verursacht dies einen Komfortvorteil zu anderen Verkehrsmitteln, da hierdurch die Sicherheit entsteht, direkt am Zielort parken zu können. Daher fördert ein mengenmäßig starkes Parkraumbangebot den MIV. Der steigende Kfz-Verkehr führt zunehmend zu mehr Stau und negativen Umweltwirkungen wie Lärm, Luftverschmutzung und Flächenverbrauch¹³⁸. Aus diesem Grund kann der Stellplatzbedarf durch verschiedene Maßnahmen reguliert werden.

9.6.1 Integration der Elektromobilität in die Stellplatzsatzung

Ein Großteil der Ladevorgänge erfolgt im privaten Raum, auf Heimstellplätzen oder beim Arbeitgeber. Für einen besseren Nutzen im Alltag, wird eine größere Anzahl an LIS im privaten Raum benötigt, damit der Zugang zur Elektromobilität erleichtert wird. Neben Bebauungsplänen und Verträgen, kann eine Kommune durch Stellplatzsatzungen den Bau von LIS verbindlich integrieren und somit langfristig fördern¹³⁹. Kommunen in Sachsen können nach § 49 Absatz 1 SächsBO Zahl, Größe und Beschaffenheit der notwendigen Stellplätze und Garagen bestimmen. Werden Ablösebeträge erhoben, müssen diese gemäß § 49 Absatz 2 SächsBO für „die Herstellung zusätzlicher oder die Instandhaltung oder Modernisierung bestehender Parkeinrichtungen oder“ zur Umsetzung „sonstige[r] Maßnahmen zur Entlastung der Straßen vom ruhenden Verkehr einschließlich investiver Maßnahmen des öffentlichen Personennahverkehrs und der Förderung von öffentlichen Fahrradabstellplätzen“ verwendet werden. Dies stellt einen relevanten Hebel für die Stadt Stollberg dar, Elektromobilität und alternative Mobilitätsansätze, wie bspw. elektrisches Carsharing in Wohngebieten zu fördern.

Investoren bzw. Bauherren könnten aus Kostengründen den Aufbau von LIS als problematisch ansehen. Die Kosten und Wirkungen sind jedoch langfristig zu betrachten. Erfolgt eine Sanierung und die Nachrüstung mit einer Ladesäule, müssen die Kosten für die LIS getragen werden, zuzüglich

¹³⁸ Vgl. Zukunftsnetz Mobilität NRW 2017

¹³⁹ Vgl. Zengerling, C. 2017

weiterer Kosten, die durch Durchbrüche, Kabelverlegung, Anschlüsse, etc. entstehen. Im Allgemeinen wird empfohlen bei Neubauten bereits eine Nachrüstung mit einzuplanen, da diese durch den späteren Einbau von Kabeln wesentlich teurer sind. Ebenso können bei einer späteren Nachrüstung rechtliche Hürden (bspw. Besitzverhältnisse) bestehen, die einen Aufbau eher schwierig gestalten.

Die EU-Kommission hat darüber hinaus in der Erneuerung der Vorschriften zur Energieeffizienz von Gebäuden (Richtlinie 2018/844) beschlossen, dass neue Gebäude oder grundlegend sanierte Gebäude mit Anschlüssen für LIS ausgestattet werden sollen (Stand 17.04.2018)¹⁴⁰. Hierbei sollen Wohngebäude mit mehr als 10 Stellplätzen für jeden Stellplatz eine Leitungsinfrastruktur mit den notwendigen Leerrohren vorsehen. Bei Nichtwohngebäuden mit mehr als 10 Stellplätzen soll mindestens ein Stellplatz mit einem Ladepunkt ausgestattet werden und mindestens 20 % mit Leerrohren für einen späteren Aufbau. Bis zum 10.03.2020 soll diese Richtlinie in nationales Recht umgesetzt werden.

Die bindende Festlegung einer Stellplatzsatzung, LIS bei Bauvorhaben zu errichten, kann die Eigentumsfreiheit nach Art. 14 GG beeinträchtigen. Die Satzung muss daher verhältnismäßig sein und einen legitimen Zweck erfüllen. Dieser legitime Zweck ist mit dem Schutz von Klima und Gesundheit gegeben. Eine Verhältnismäßigkeit der Satzung ist gegeben, wenn die Kosten der LIS mit dem gesamten Investitionsvolumen in einem angemessenen Umfang stehen. Handelt es sich bei der Festlegung nicht um die gesamte Ladestation, sondern um die Bereitstellung der entsprechenden Leitungen und Anschlüsse, sollten die Kosten eher gering ausfallen.¹⁴¹

Um den Aufbau von LIS stärker zu unterstützen, kann eine Beschränkung der nachzuweisenden Stellplätze erfolgen, wenn Ladesäulen errichtet werden. Hiernach ist ein Effekt denkbar, der sich in einer Abkehr der Bürger vom konventionellen PKW hin zur Elektromobilität ausdrückt¹⁴². Ebenfalls kann durch bestimmte Festlegungen in der Stellplatzsatzung (e)-Carsharing gefördert werden. In einigen wenigen Satzungen ist dies bisher möglich, nämlich über das Aussetzen der Herstellungspflicht durch besondere Maßnahmen. Zwar wird nicht explizit e-Carsharing gefordert, jedoch allgemein der Ausbau von Carsharing.

Um den Aufbau der LIS voranzutreiben, ist die Stellplatzsatzung ein geeignetes Instrument, da sie alle Neu- und Umbauten im privaten Bereich trifft. Das schließt auch halböffentliche Flächen mit ein und somit den Ausbau von Ladesäulen an PoS und Pol.¹⁴³

140 Vgl. europa.eu 2018

141 Vgl. Zengerling, C. 2017

142 Vgl. Aichinger et al. 2015

143 Vgl. Zengerling, C. 2017

9.6.2 Beispiele

Tabelle 26: Beispiele für umgesetzte Stellplatzregelungen in Deutschland

Stadt	Regelung
Offenbach am Main (Hessen)	„Bei Vorhaben ab einem regulären Stellplatzbedarf von 20 Einstellplätzen sollen mindestens 25 % der Einstellplätze mit einer Stromzuleitung für die Ladung von Elektro-Fahrzeugen versehen werden.“ → § 6 Abs. 5 Satz 1 Stellplatzsatzung der Stadt Offenbach am Main
Marburg (Hessen)	„Wenn bei einem Stellplatzmehrbedarf nach Anlage 1 dieser Satzung von mehr als 10 Stellplätzen jeder 10te Stellplatz mit einer Ladestation für Elektroautos ausgerüstet wird, können 5 % der erforderlichen Stellplätze (aufgerundet auf ganze Zahlen) entfallen. Die Reduzierung wird auf maximal 5 Stellplätze begrenzt.“ → § 3 Abs. 6 Stellplatzsatzung der Universitätsstadt Marburg
Dresden (Sachsen)	„Für 25 v. H. der PKW-Stellplätze ist ein ausreichender Elektroanschluss baulich vorzubereiten, damit bei Bedarf eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge installiert werden kann.“ → § 7 Abs. 6 Stellplatz-, Gargen- und Fahrradabstellsatzung Dresden „Bei der Realisierung von Car-Sharing-Stellplätzen im Rahmen des Vorhabens verringert sich die Stellplatzverpflichtung. 1 Car-Sharing-Stellplatz ersetzt dabei 5 PKW- Stellplätze.“ → § 4 Abs. 5 über Reduzierung der Anzahl der notwendigen Stellplätze (Stellplatz-, Gargen- und Fahrradabstellsatzung Dresden)
Hattersheim am Main (Hessen)	„Für größere Stellplatzanlagen mit mehr als 20 Stellplätzen wird empfohlen, mindestens 25 % der Stellplätze mit einer Stromzuleitung für die Ladung von Elektrofahrzeugen zu versehen.“ → jedoch als Handlungsempfehlung nicht rechtsverbindlich

10 Prognose der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur

Die Verfügbarkeit öffentlich zugänglicher LIS stellt eine wesentliche und eine durch Kommunen beeinflussbare Voraussetzung für den Markthochlauf der automobilen Elektromobilität dar. In der aktuellen Phase des Markthochlaufes kommt der Sichtbarkeit und Überzeugung der neuen Antriebstechnologie bei den Bürgern eine ebenfalls hohe Rolle zu.

Hinsichtlich der Fahrzeugentwicklung von E-PKW und leichten Nutzfahrzeugen ist in den letzten Jahren ein positiver Verlauf zu konstatieren, wobei sich der Fahrzeugbestand und die Zulassungszahlen noch immer auf sehr geringem Niveau im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen bewegen (vgl. Kapitel 4).

Für (potenzielle) wirtschaftlich agierende Ladeinfrastrukturbetreiber stellt der langsame Markthochlauf ein Risiko dar. Auf der anderen Seite soll der Mangel an Ladeinfrastruktur behoben und relevante Standorte besetzt werden. Geringe aktuelle Auslastungen sorgen nicht für die notwendigen Rückflüsse. Eine detaillierte Standortanalyse und Bedarfsprognose von Ladeinfrastruktur wirkt beiden Aspekten entgegen - einerseits unterstützt sie den Betreiber, eine höhere Auslastung durch das Ausweisen geeigneter Standorte und einer besseren Planbarkeit der Dimensionierung des Netzanschlusses zu erreichen. Andererseits erhöht ein geeigneter Standort die Erreichbarkeit und Wahrnehmung durch den Nutzer.

Um eine räumlich differenzierte Abschätzung zum Markthochlauf und des damit verbundenen Ladebedarfes durchführen zu können, wurde das Standortmodell für Ladeinfrastruktur *GISeLIS* entwickelt. Das Modellkonzept besteht aus drei Stufen, welche im Folgenden näher erläutert werden (vgl. Abbildung 24):



Abbildung 24: Funktionsweise des Standortmodelles für Ladeinfrastruktur *GISeLIS*

10.1 Modell

Prognose zur Anzahl und räumlicher Verteilung der E-PKW

Die Entwicklung des Markthochlaufes von E-PKW wird durch eine Vielzahl an Einflussfaktoren bestimmt, wodurch sich die Unsicherheiten bei Prognosen vervielfachen. Dies zeigt die derzeitige Bandbreite an Studienergebnissen zum Markthochlauf (vgl. Abbildung 25).

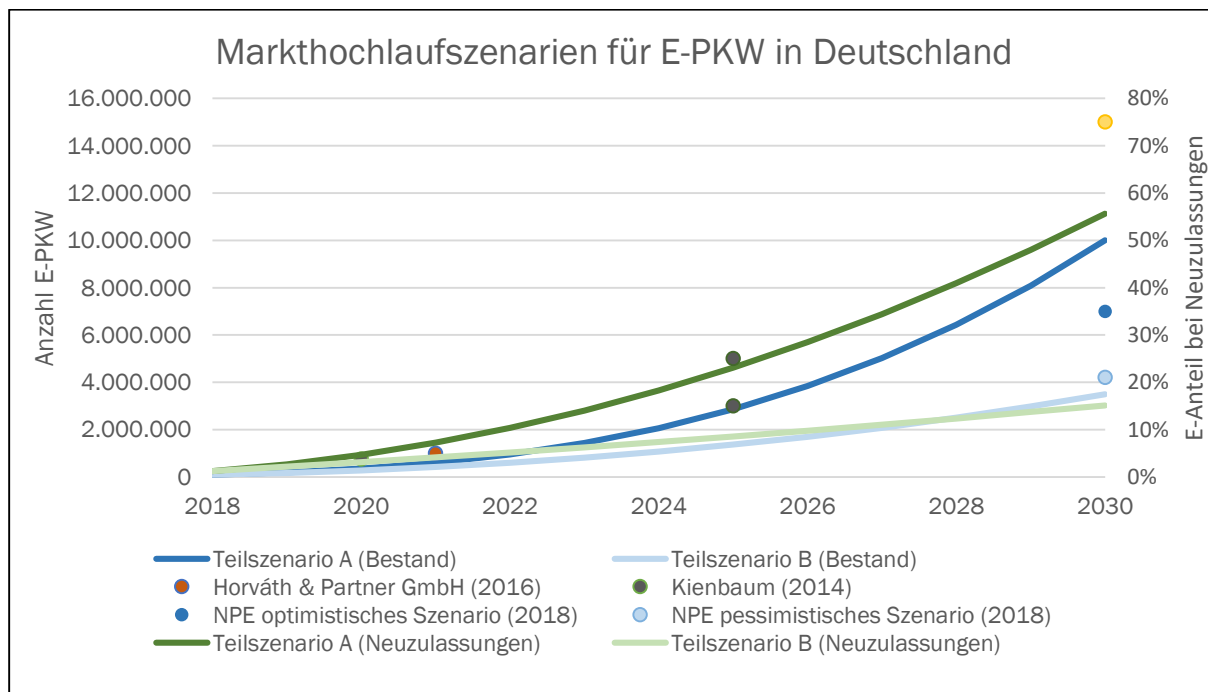


Abbildung 25: Markthochlauf von E-PKW in Deutschland im Teilszenario A und -B

Um den teils deutlichen Differenzen zwischen den Studien gerecht zu werden, wurden mögliche Szenarien abgeleitet. Neben den absoluten Zahlen an E-PKW, ist für eine Modellierung des Ladebedarfes der Anteil der unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte (BEV und PHEV) relevant, weshalb dieser Aspekt ebenfalls in den Szenarien berücksichtigt wurde. Daraus ergeben sich die vier folgenden Teilszenarien (vgl. Abbildung 26):

- Teilszenario A geht von schnell fallenden Batteriekosten und damit sinkenden Fahrzeugkosten bzw. steigenden Reichweiten sowie verschärften CO₂-Grenzwerten aus, was zu einem hohen elektrischen Neuzulassungsanteil in Deutschland von 56 % bis 2030 führt.
- Teilszenario B geht von einer nur geringen Kostenreduktion bei der Batterieherstellung, konstanten fossilen Kraftstoffpreisen und verbesserten konventionellen Antrieben aus, wodurch CO₂-Grenzwerte eingehalten werden können. Dies führt insgesamt zu einem langsamen Markthochlauf bei einem elektrischen Neuzulassungsanteil von 15 % bis 2030.
- Teilszenario 1 geht von einem BEV-Markt in diversen Reichweitenkategorien aus, was zusammen mit einem zügigen flächendeckenden Aufbau eines europaweiten Schnellladenetzes PHEV langfristig aus dem Markt verdrängen wird und daher reine BEV bis 2030 mit 90 % den E-Neuwagenanteil dominieren.
- Teilszenario 2 geht von einem konstanten Marktanteil der PHEV von 50 % am E-Neuwagenanteil aus, da sich die Fahrzeuge als technologischer Kompromiss aufgrund der ungünstigen Rahmenbedingungen für Elektromobilität langfristig am Markt etablieren können.

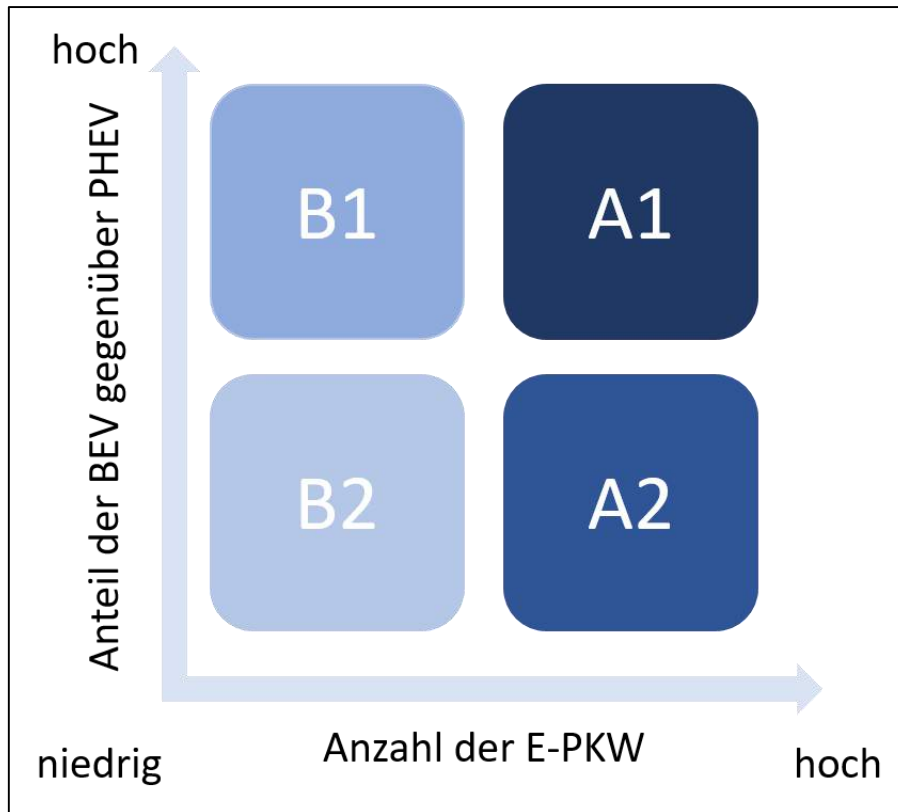


Abbildung 26: Szenariomatrix aus Markthochlauf und Anteile der beiden Fahrzeugkonzepte

Basierend auf dem derzeitigen PKW-Bestand jeder Gemeinde/Stadt und einem Bewertungsverfahren, wird die Anzahl der E-PKW bis zum Jahr 2030 auf kommunaler Ebene bestimmt. Dies ist notwendig, da der derzeitige Anteil an E-PKW in Deutschland räumlich stark variiert (vgl. Abbildung 27).

Das Bewertungsverfahren berücksichtigt die finanzielle Möglichkeit zum Kauf eines E-PKW (abgebildet durch amtliche statistische Daten zum Bruttoverdienst, dem Haushaltseinkommen und dem Anteil an Beschäftigten), dem potentiellen Interesse an Elektromobilität (abgebildet durch die Anzahl der Beschäftigten mit akademischen Abschluss, dem derzeitigen Anteil an E-PKW und der Wahlbeteiligung) sowie der Möglichkeit zum Laden (abgebildet durch die Distanz zur nächsten Ladestation und dem Anteil von Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern).

Weiterhin wird die Bestandsentwicklung von PKW der letzten Jahre und die Bevölkerungsprognose bis 2030 jeder Gemeinde berücksichtigt.

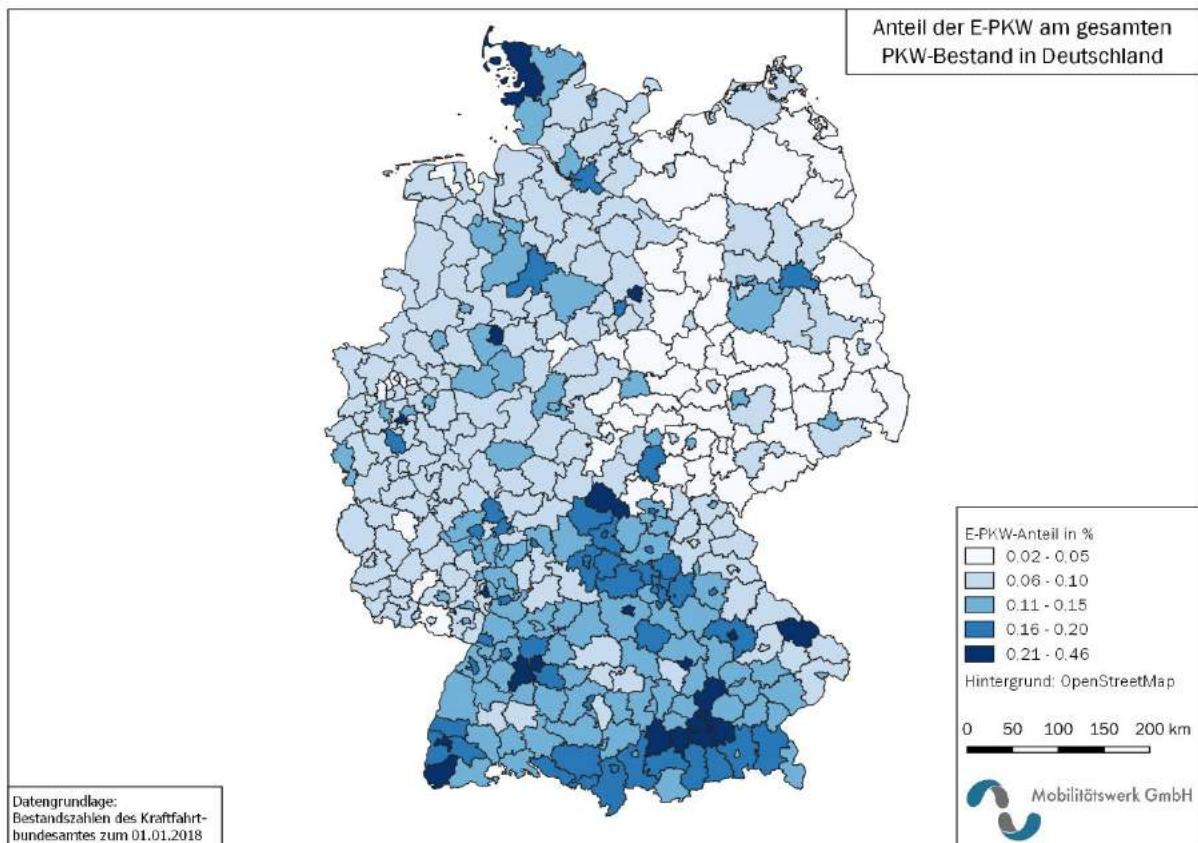


Abbildung 27: Anteil der E-PKW am PKW-Bestand in Deutschland

Auswertung des Mobilitäts- und Ladeverhaltens

Im zweiten Schritt wird für jeden E-PKW (unterschieden nach BEV und PHEV), abhängig von der Siedlungsstruktur (Kernstadt, Umland oder ländlicher Raum), die mittlere Anzahl an Wegen, differenziert nach Wegezweck und -länge, berechnet. Grundlage dafür ist die Verkehrserhebung *Mobilität in Deutschland 2008*. Aus einer Befragung von E-PKW-Fahrern konnte abgeleitet werden, wie häufig öffentliche/halböffentliche LIS pro Weg, abhängig von dessen Länge, verwendet wird.¹⁴⁴ In Kombination mit der Aufenthaltsdauer kann so für jede Wegekombination die Wahrscheinlichkeit für einen Ladevorgang abgeschätzt werden. Da gewerblich zugelassene Elektrofahrzeugen häufig als Flottenfahrzeuge betrieben werden und oft über eigene LIS verfügen, werden diese differenziert betrachtet.

Standortanalyse (räumliche Verteilung der Ladevorgänge)

Diese klassifizierten Wege bzw. Ladevorgänge werden anhand eines zweiten Bewertungsverfahrens auf die umliegenden Gemeinden und Städte verteilt. Dabei wird jede Gemeinde/Stadt hinsichtlich ihrer Attraktivität bezüglich eines Wegezweckes bewertet. Beispielsweise wird die Attraktivität für den Wegezweck *Freizeit/Tourismus* durch die Anzahl an Freizeiteinrichtungen, Cafés und Restaurants bei *OpenStreetMap*, touristischen Übernachtungen sowie Einträgen und Rezensionen bei *Tripadvisor* abgebildet. Neben dem Destination und Opportunity Charging wird auch der Bedarf von Anwohnern, Beschäftigten und Pendlern sowie das Potential für privates Laden analysiert. Daraus ergibt sich eine Differenzierung der Ladevorgänge an:

144 Vgl. Vogt, M., Fels, K. 2017

- der privaten Lademöglichkeit am Wohnort (Wallbox)
- Ladestationen für Anwohner (im öffentlichen und halböffentlichen Straßenraum)
- (halb-)öffentlichen Ladestationen mit AC-Technologie (Normalladen)
- (halb-)öffentlichen Ladestationen mit DC-Technologie (Schnellladen) sowie
- Ladestationen beim Arbeitgeber

Je nach regionalen Gegebenheiten variieren die Anteile an den Ladearten. Ländliche Gemeinden weisen bspw. aufgrund der Verfügbarkeit privater Stellplätze einen höheren Anteil an privaten Ladevorgängen auf. Gemeinden, in denen sich Autobahnraststätten oder Autohöfe befinden, haben einen höheren Anteil an Schnellladevorgängen. Gemeinden und Städte mit einer überörtlichen Versorgungsfunktion oder frequentierten Sehenswürdigkeiten/Ausflugszielen weisen typischerweise einen hohen Anteil an (halb-)öffentlichen Normalladevorgängen auf.

10.2 Prognose

10.2.1 Elektrofahrzeuge

Für die Kreisstadt Stollberg/Erzgeb. können bis 2030 zwischen ca. 310 E-PKW (Teilszenario B) und 900 E-PKW (Teilszenario A) erwartet werden. Dies entspricht einem E-PKW-Anteil zwischen 5 bis 16 %.¹⁴⁵ Abbildung 28 zeigt den Mittelwert aller Szenarien. Die Ergebnisse der Szenarien werden von den Autoren als realistische Spannweite betrachtet, je nach Entwicklung der Fahrzeugpreise, Batterietechnologie, Rohstoffpreisen, politischen Fördermaßnahmen und anderen Einflussfaktoren ist ein höherer oder niedrigerer Marktanteil möglich.

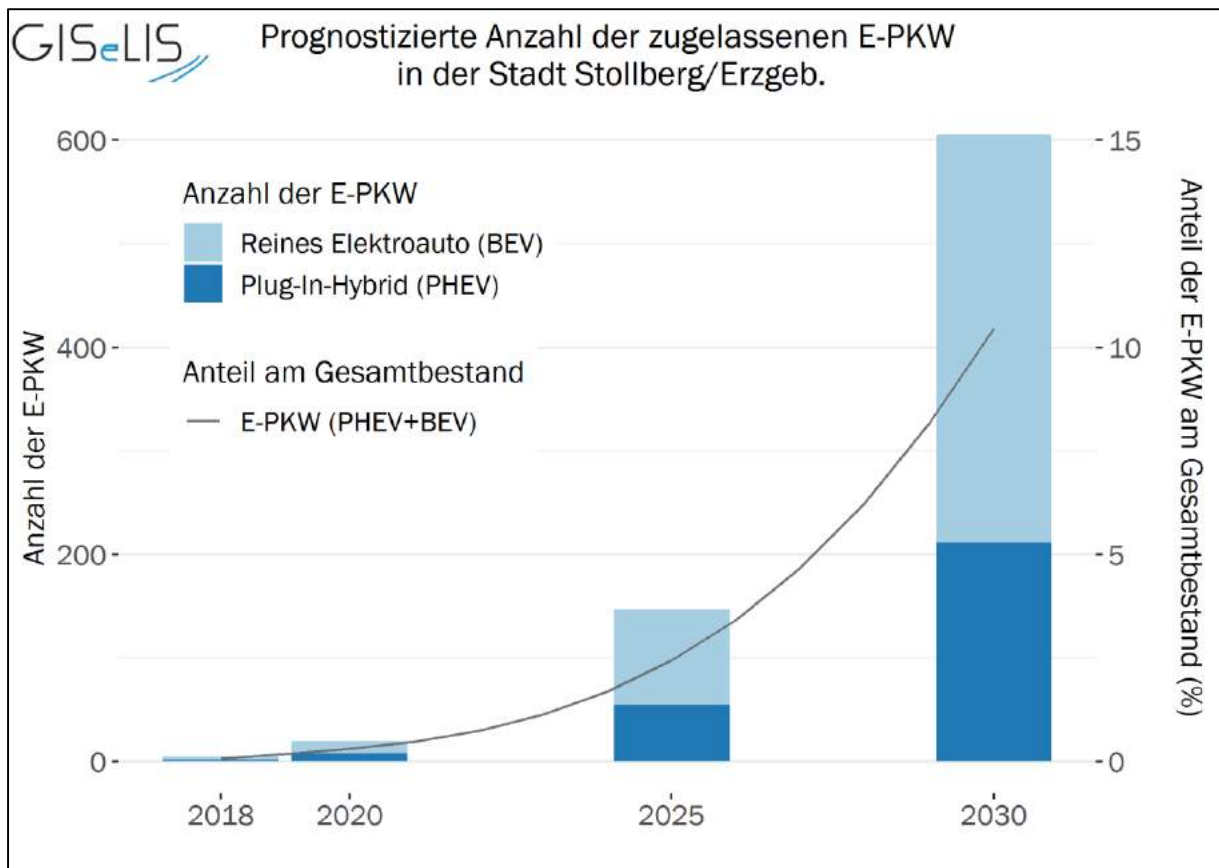


Abbildung 28: Prognostizierte Anzahl der privat und gewerblich zugelassenen E-PKW in der Stadt Stollberg (unterschieden nach Antriebsart) sowie der Anteil der E-PKW am gesamten PKW-Bestand in %

¹⁴⁵ Wobei der gesamte PKW-Bestand basierend auf der Bevölkerungsprognose für den Erzgebirgskreis und deutschlandweiten Szenarien zur PKW-Motorisierung bis 2030 hochgerechnet wird.

Damit ergeben sich erhebliche ökologische Einspareffekte, die sich in der Summe im Jahr 2030 im Szenario B2 bei jeweils 157 BEV und PHEV auf ca. 610 t CO₂ sowie ca. 2 t NO_x bzw. im Szenario A1 bei 717 BEV und 179 PHEV auf ca. 2090 t CO₂ sowie 6,5 t NO_x belaufen¹⁴⁶. Dadurch ergibt sich ein relevanter Ansatz für lokale Emissionseinsparungen und den Klimaschutz in der Stadt Stollberg und der gesamten Region.

Für die Stadt Stollberg resultiert aus der erwarteten Anzahl an E-PKW bezüglich der Versorgung mit Ladeinfrastruktur die Notwendigkeit zur Handlung. Zur Deckung des Ladebedarfes und um ein attraktives Umfeld zum Kauf von E-PKW zu schaffen, sind öffentliche Lademöglichkeiten notwendig. Die Verantwortung der Stadt wird hierbei vorrangig in der Unterstützung und Koordination des LIS-Ausbaus gesehen, nicht jedoch in der Investition in die LIS selbst.

10.2.2 Lademöglichkeit am Wohnort

Die Lademöglichkeit am Wohnort ist für die Mehrheit der Nutzer der wichtigste Ladeort, weshalb die Verfügbarkeit eines privaten Stellplatzes und damit die Möglichkeit zur Installation einer Wallbox die Anschaffung eines E-PKW begünstigt. Der geringe Anteil von Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern in der Stadt Stollberg von 33 % (kreisweiter Schnitt von 41 % und Bundesdurchschnitt von 45 %) hemmt den regionalen Markthochlauf. Ein Ausbau von Ladeinfrastruktur am Arbeitsplatz, in Wohngebieten und an (halb-)öffentlichen Parkplätzen könnte diesen Effekt kompensieren. Entsprechend gering wird die Anzahl der täglichen Ladevorgänge an privater LIS am Wohnort bis zum Jahr 2030 prognostiziert. Von den ca. 320 erwarteten Ladevorgängen pro Tag werden nur ca. 36 an der heimischen Wallbox getätigt. Da heimisches Laden sich am Strompreis für Privatkunden orientiert, können die Ladevorgänge, insbesondere im Markthochlauf, durch preiswerte oder kostenfreie halböffentliche LIS in geringem Umfang substituiert werden. Gleiches gilt für das Laden beim Arbeitgeber.

Für ca. 67 % der Bevölkerung in der Stadt Stollberg, welche über keinen privaten Stellplatz verfügen, sinkt die Wahrscheinlichkeit für die Anschaffung eines E-PKW, falls sich keine LIS in der Nähe des Wohnortes befindet. Bis zum Jahr 2030 werden ca. 280 E-PKW ohne private Lademöglichkeit erwartet, wobei sich die meisten Fahrzeuge in der Kernstadt konzentrieren (vgl. Abbildung 29). Unter Voraussetzung verfügbarer LIS am Wohnort, generieren diese E-PKW bis 2030 ca. 40 Ladevorgängen pro Tag an Anwohner-LIS (Mittelwert aller Szenarien). Dieser Wert wird tendenziell als Obergrenze gesehen und kann aufgrund unterschiedlichster Rahmenbedingungen deutlich abweichen, da der Bedarf sowohl über öffentliche als auch halböffentliche Ladestationen am Wohnort gedeckt werden kann. Durch LIS beim Arbeitgeber kann das Anwohnerladen überwiegend substituiert werden. Auch eine Verlagerung zu halböffentlicher LIS an PoS des täglichen Bedarfes ist möglich. Jedoch sollte vermieden werden, dass die Nutzung des PKW für alltägliche Fahrten, z.B. zum Einkaufen, mit dem Ziel des Ladens durchgeführt wird und somit zusätzlicher Verkehr induziert wird.

¹⁴⁶ unter Verwendung von Ökostrom

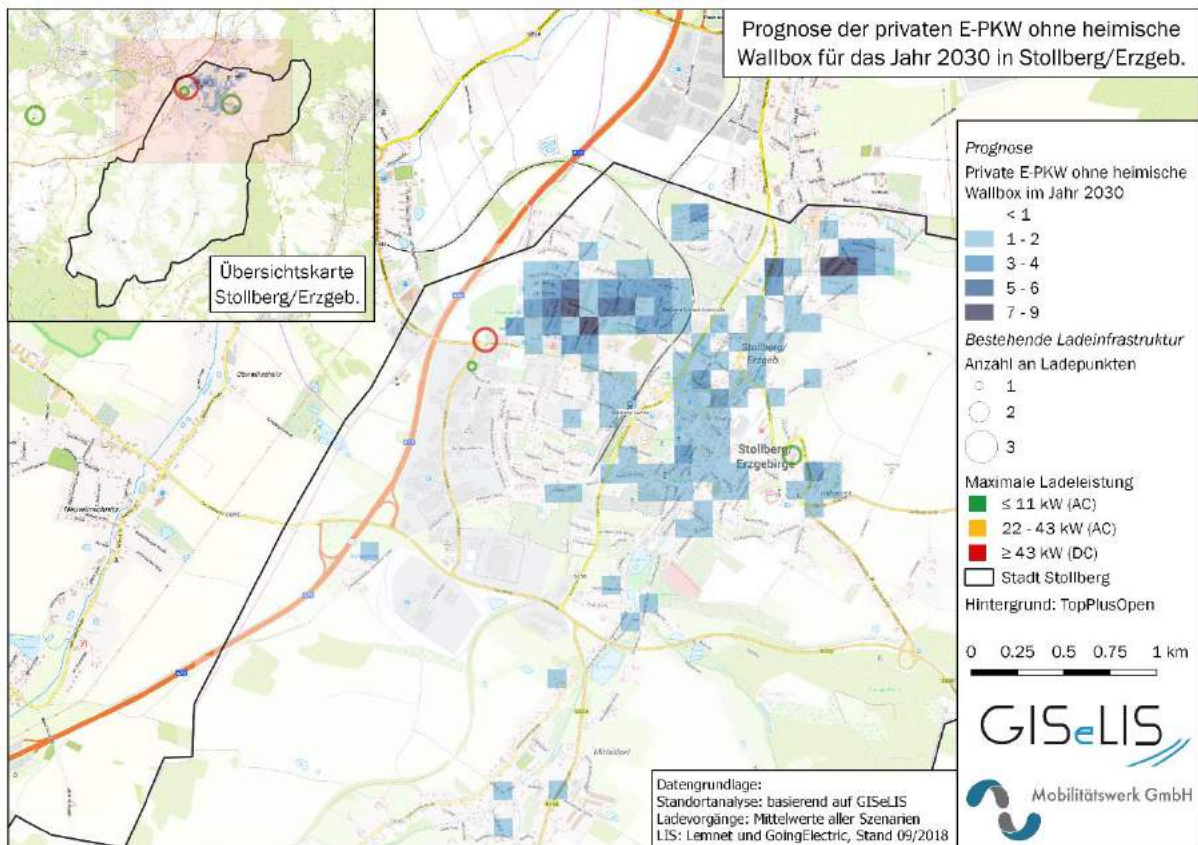


Abbildung 29: Prognostizierte Anzahl der privat zugelassenen E-PKW ohne heimische Wallbox in der Stadt Stollberg/Erzgeb. im das Jahr 2030 (Mittelwert aller Szenarien)

10.2.3 (Halb-)öffentliche Normalladevorgänge

Aus der Prognose der (halb-)öffentlichen Normalladevorgänge ergeben sich variable Werte, die sich durch attraktive Angebote, z.B. kostenfreies Laden oder ein attraktives Angebot von Freizeit- und Einkaufsmöglichkeiten um die Standorte herum, deutlich erhöhen bzw. bei schlechten Rahmenbedingungen reduzieren können. Ladebedarf ist variabel und kann auch an andere Orte oder an den Heimladepunkt verlegt werden. Zudem können Ladevorgänge aufgeteilt werden, so dass bei Gelegenheit geringe Mengen Strom nachgeladen werden, obwohl dies nicht notwendig war (Opportunity Charging). Entscheidend sind die Verfügbarkeit und ggf. die Kosten für einen Ladevorgang. Die Ladevorgänge können auch an Schnellladinfrastruktur erfolgen, wenn diese zu ähnlichen Konditionen angeboten wird.

Die Prognose der (halb-)öffentlichen AC-Ladevorgänge im Jahr 2020 ergibt für die Stadt Stollberg ca. 1 Ladevorgang pro Tag (Mittelwert aller Szenarien) (vgl. Abbildung 30). Durch die hohen E-PKW-Zahlen, die sich aus der Prognose ergeben, steigen auch die zu erwartenden AC-Ladevorgänge im Jahr 2030 auf ca. 62 pro Tag deutlich an (104 Ladevorgänge im Maximal-Szenario A1 und 35 Ladevorgänge im Minimal-Szenario B2). Die räumliche Verteilung ist dabei sehr heterogen. In der Kernstadt konzentrieren sich die meisten Ladevorgänge. Auf die sechs Ortsteile entfallen rein rechnerisch bis zum Jahr 2030 ca. 5 Ladevorgänge, wobei an keinem Standort mehr als 1 Ladevorgang pro Tag erwartet wird. Bei dem Betrieb von LIS außerhalb der Kernstadt wird daher auch langfristig mit einer geringen Auslastung gerechnet.

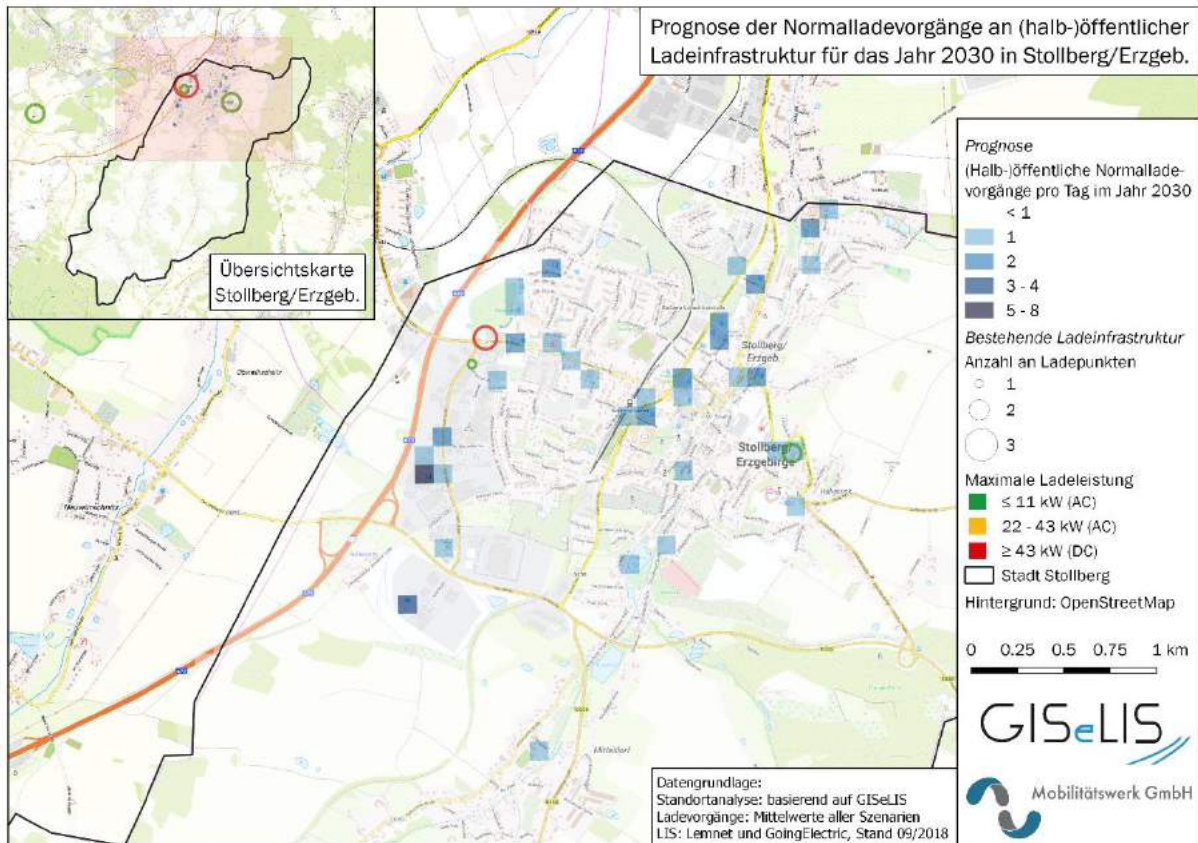


Abbildung 30: Anzahl der prognostizierten Normalladevorgänge pro Tag in der Stadt Stollberg für das Jahr 2030 (Mittelwert aller Szenarien)

Da es sich um Prognosen handelt, müssen die Ergebnisse hinsichtlich Schwankungen und Auswirkungen von Einzelfällen interpretiert werden. So würde ein einziger Pendler mit Ladewunsch die Ladevorgänge lokal signifikant verändern. Spezifische Bedarfe können daher von den Prognosen abweichen. Neben der Erfüllung des Ladebedarfes kommt LIS auch die Funktion zu, die Sichtbarkeit und Zuverlässigkeit der Elektromobilität zu steigern. Dies ist von hoher Bedeutung für die Etablierung der Elektromobilität, da nur mit stetiger Präsenz und positiver Wirkung die Anzahl der Elektrofahrzeuge in einer Region gesteigert werden kann.

Daher werden in Abbildung 31 und Tabelle 27 Tabelle 27: Raumbezug der potentiellen Standorte in den Ortsteilen von Stollberg/ Erzgeb. potentielle Aufbauorte für Normalladeinfrastruktur in den Ortsteilen Stollbergs gegeben. Obwohl weniger als ein Ladevorgang pro Tag in den Ortsteilen prognostiziert wird, ist eine Erschließung aus zuvor genannten Gründen sinnvoll. Eine Realisierung sollte für 2025 angestrebt werden, da der Markthochlauf bis dahin weiteren Bedarf generiert haben wird.

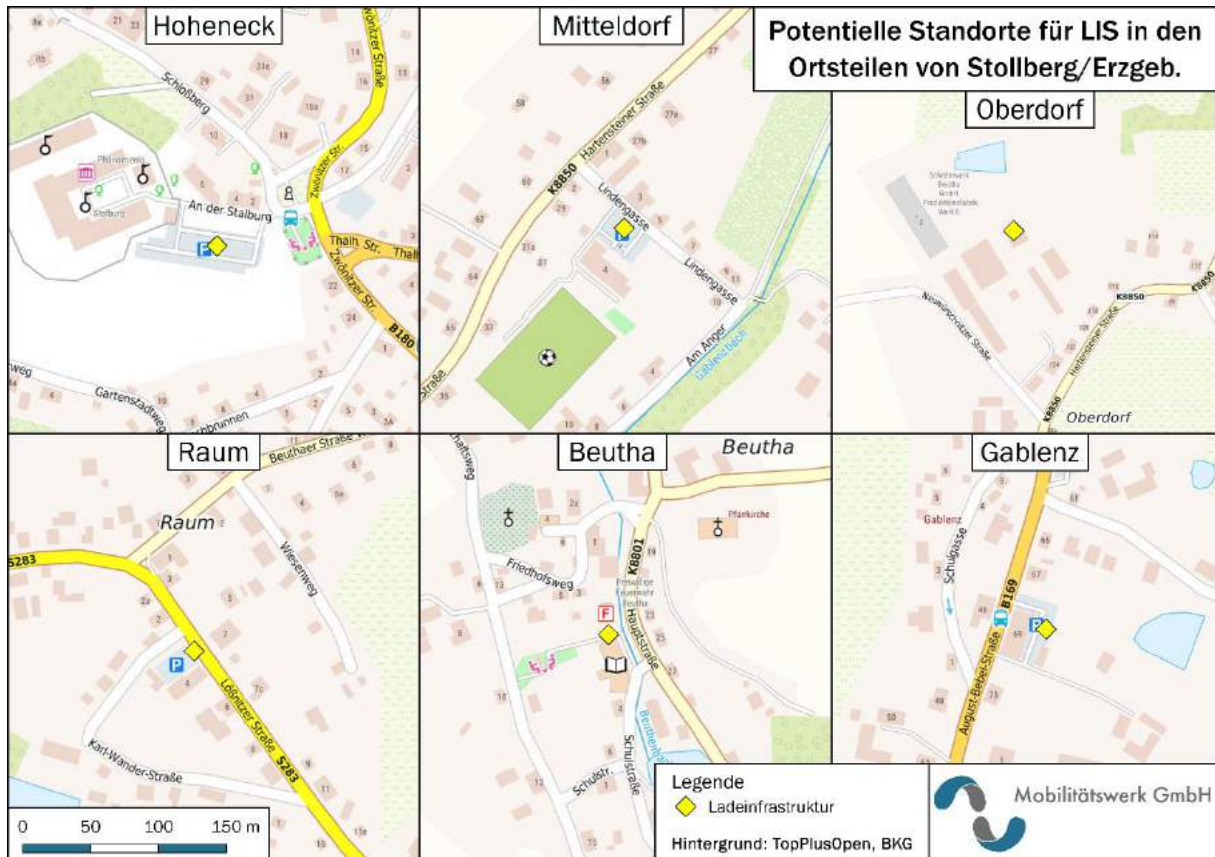


Abbildung 31: Potentielle Standorte für LIS in den Ortsteilen von Stollberg/ Erzgeb.

Tabelle 27: Raumbezug der potentiellen Standorte in den Ortsteilen von Stollberg/ Erzgeb.

Ortsteil	Standort	Adresse
Hoheneck	Am Schloss	An der Stalburg 1, 09366 Stollberg/Erzgeb.
Mitteldorf	Am Sportplatz	Lindengasse 2-10, 09366 Stollberg/Erzgeb.
Oberdorf	An der Feuerweh	Neuwürschnitzer Str. 4, 09366 Stollberg/Erzgeb.
Raum		Lößnitzer Str. 4, 09366 Stollberg/Erzgeb.
Beutha	An der Schule/An der Feuerweh	Schulstraße 2, 09366 Stollberg/Erzgeb.
Gablenz	Gasthof Gablenz	August-Bebel-Straße 69, 09366 Stollberg/Erzgeb.

10.2.4 Schnellladevorgänge mit mind. 50 kW DC

Dem Schnellladen kommt durch die hohe Ladeleistung und damit verbundenen kurzen Ladedauern bzgl. der Reichweitenertüchtigung eine wichtige Rolle zu. Durch die direkte Nähe zur A72 mit ca. 58 000 Kfz/Tag ergibt sich eine hohe Relevanz für das Schnellladen in der Stadt Stollberg.

Für die Stadt wird im Jahr 2020 täglich ca. 1 Schnellladevorgang erwartet. Bis zum Jahr 2030 wird mit einem starken Anstieg auf ca. 30 Schnellladevorgänge pro Tag gerechnet. Diese werden insbesondere im Gewerbegebiet *Stollberger Tor* erwartet sowie im Innenstadtbereich in Umkreis des Bahnhofes (vgl. Abbildung 32).

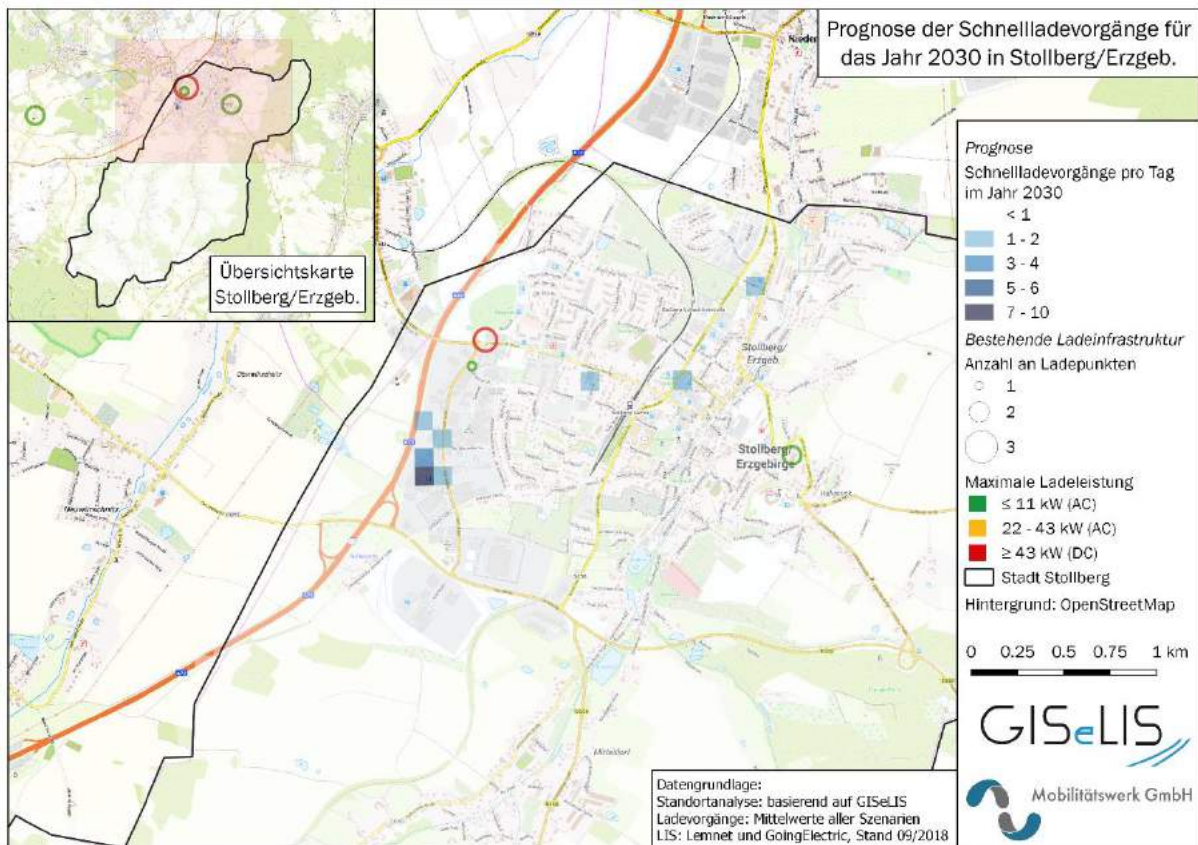


Abbildung 32: Anzahl der prognostizierten Schnellladevorgänge pro Tag in der Stadt Stollberg/Erzgeb. für das Jahr 2030 (Mittelwert aller Szenarien)

Schnellladevorgänge können mit geringen Anteilen durch attraktive Tarife von Raststätten/Autohöfen hin zu Pol/PoS in der Nähe von Autobahnabfahrten gelenkt werden (vgl. Abbildung 33). Dadurch ergeben sich dort zusätzliche Ladevorgänge. Prädestiniert dafür ist die Anschlussstelle Stollberg-West mit einem gastronomischen Angebot und Einzelhändlern in direkter Nähe. Unter der Voraussetzung attraktiver Angebote (20 bis 50 % Preisnachlass) zu den Vergleichspreisen könnten zusätzliche Schnellladevorgänge realisiert werden. Andersherum kann der Bedarf an Schnellladern in Stollberg teilweise auch durch andere Raststätten und Autohöfe in der Nähe gedeckt werden können. Daraus resultiert eine Vielzahl von Verlagerungsmöglichkeiten.

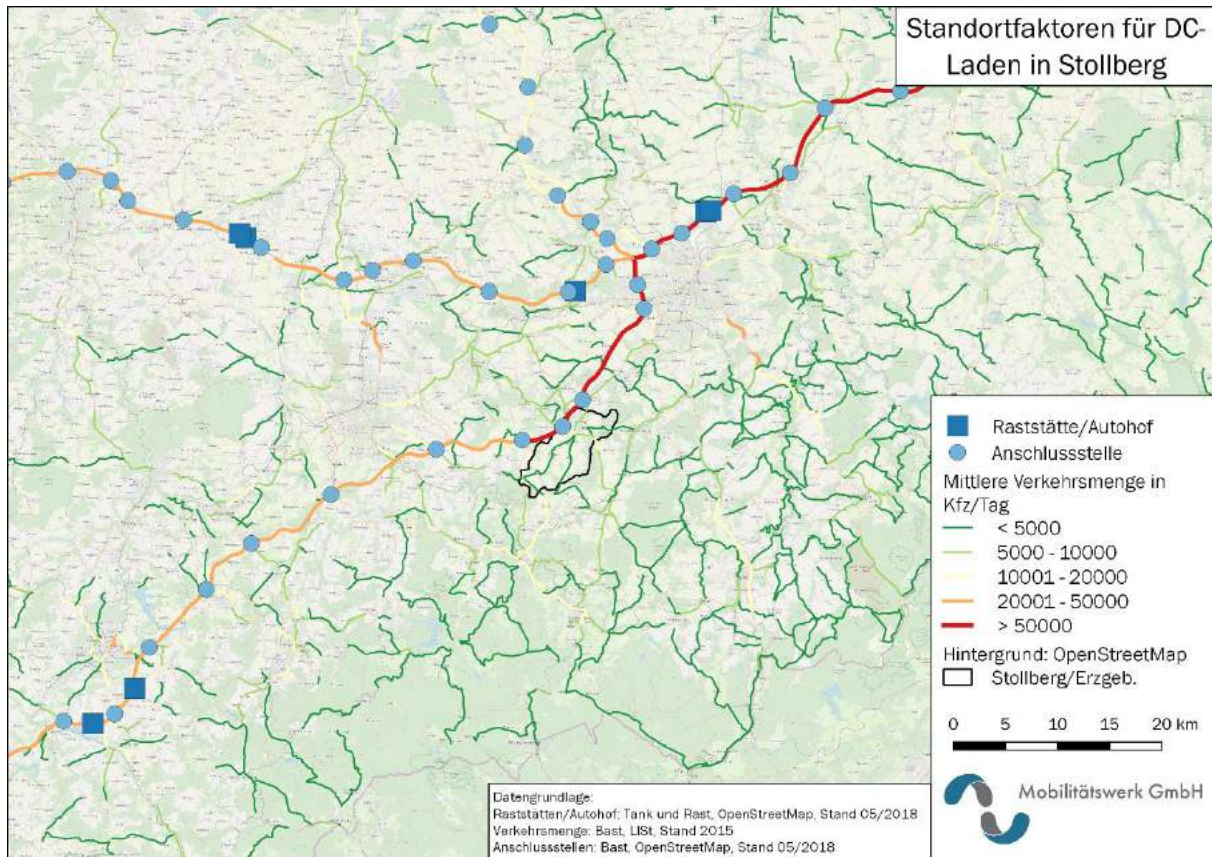


Abbildung 33: Standortfaktoren für Schnellladen in Stollberg

10.2.5 Laden am Arbeitsplatz

Das Laden beim Arbeitgeber ist nach dem privaten Laden am Wohnort der attraktivste Ladeort. Für die Stadt Stollberg als wichtiger Unternehmensstandort in der Region mit einem positiven Pendler-saldo von 2 179 Beschäftigten ist die Bedeutung des Arbeitgeberladens entsprechend hoch. Die für das Jahr 2020 erwarteten 2 Ladevorgänge pro Tag beim Arbeitgeber steigen im Jahr 2030 auf fast 100 Ladevorgänge an (138 Ladevorgänge im Maximal-Szenario A1 und 47 Ladevorgänge im Minimal-Szenario B2).

Der Ladebedarf am Arbeitsplatz in der Stadt Stollberg ergibt sich einerseits aus PHEV, deren elektrische Reichweite durch die tägliche Fahrtstrecke überschritten wird. Durch Arbeitgeber-LIS kann daher insbesondere im ländlichen Raum mit hohen Pendeldistanzen der elektrische Fahranteil von PHEV erhöht werden. Andererseits ist für E-PKW Nutzer ohne Lademöglichkeit am Wohnort der Arbeitsplatz der wichtigste Ladeort und oftmals Voraussetzung für die Anschaffung. Zusätzlich können E-PKW Nutzer mit einer heimischen Lademöglichkeit und langen Arbeitswegen einen Bedarf generieren, bzw. kann die Arbeitgeber-LIS die Anschaffung von Fahrzeugen mit geringeren Akkukapazitäten ermöglichen. Die prognostizierte Anzahl der Ladevorgänge am Arbeitsplatz ist variabel und kann insbesondere durch das heimische Laden oder falls vorhanden, Anwohner-LIS substituiert werden. Da der konkrete Ladebedarf für ein Unternehmen im Austausch mit den Mitarbeitern ermittelt werden kann, dienen die Modellergebnisse primär dem Verdeutlichen der Relevanz dieses Ladeortes und der Verantwortung der Unternehmen.

10.3 Standortpotential für Ladeinfrastruktur

Aufbauend auf der LIS-Prognose auf kommunaler Ebene wurde in einem zweiten Schritt eine Detailanalyse auf einem 100 m-Raster durchgeführt. Anhand der räumlichen Verteilung der erwarteten Ladevorgänge können geeignete Gebiete ermittelt werden (vgl. Abbildung 34). Basierend auf der Summe der täglichen Ladevorgänge an (halb-)öffentlicher Normal-, Schnell- und Anwohnerladeinfrastruktur im Jahr 2030 wurden Planungsräume ausgewiesen, welche sich aufgrund des überdurchschnittlichen Ladebedarfes für die Errichtung von LIS eignen. Die Planungsräume wurden in drei Kategorien unterteilt:

- Sehr hohe Eignung: in einem Gebiet von 300 x 300 m werden täglich mind. 20 Ladevorgänge erwartet
- Hohe Eignung: in einem Gebiet von 300 x 300 m werden täglich mind. 10 Ladevorgänge erwartet
- Mittlere Eignung: in einem Gebiet von 300 x 300 m werden täglich mind. 5 Ladevorgänge erwartet

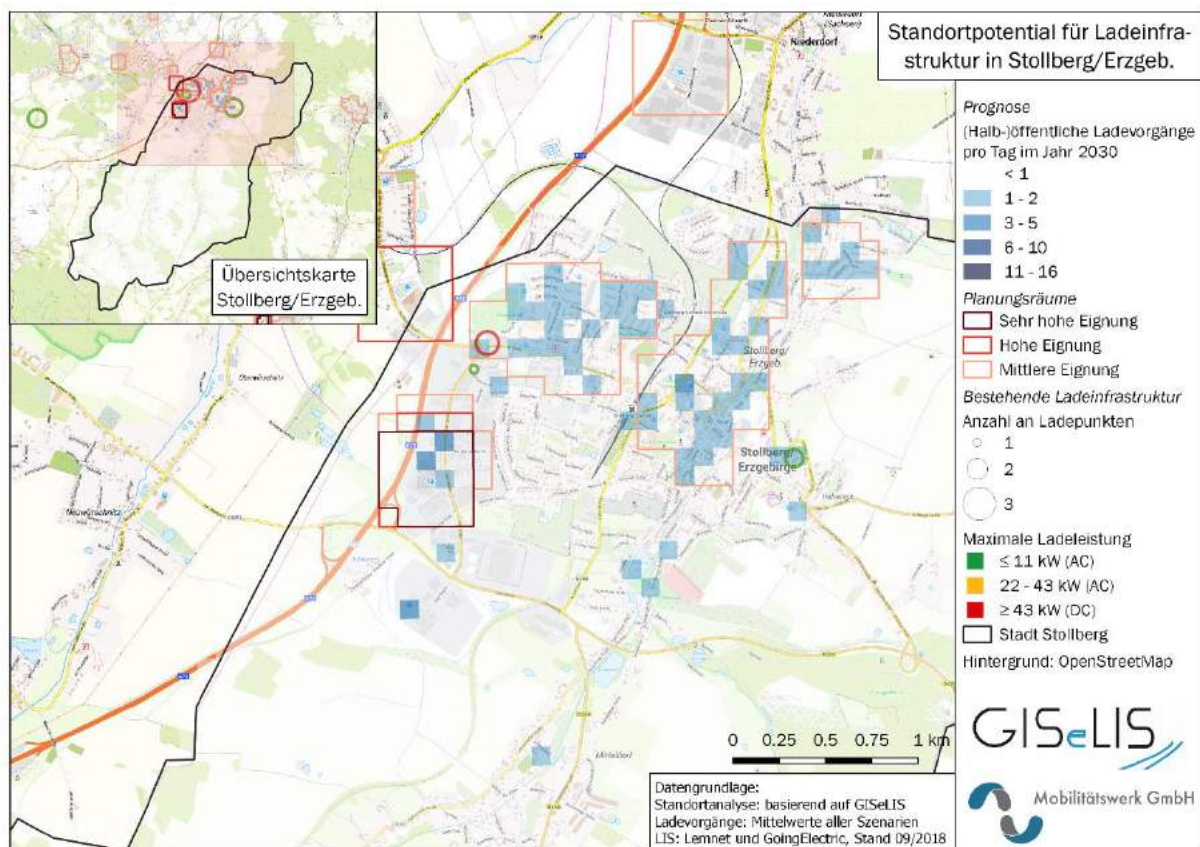


Abbildung 34: Standortpotential für Ladeinfrastruktur in Stollberg/Erzgeb.

Die Standortanalyse basiert auf zahlreichen Datensätzen, unter anderem OpenStreetMap. Diese frei nutzbaren Geodaten werden durch Nutzer erstellt und aktualisiert. Fehler- oder lückenhafte Daten sowie eine unpräzise Kartierung sind daher nicht auszuschließen (wie bei anderen Datenquellen ebenso), was wiederum im Standortmodell zu einer ungenauen Abbildung der Wirklichkeit führt. Diese hochauflösenden Ergebnisse sind daher als Orientierungshilfe gedacht, welche hinsichtlich Anzahl der prognostizierten Ladevorgänge als auch deren Lage abweichen kann.

Neben der Erfüllung des Ladebedarfes kommt LIS auch die Funktion zu, die Sichtbarkeit und Zuverlässigkeit der Elektromobilität zu steigern. Dies ist von hoher Bedeutung für die Etablierung der

Elektromobilität, da nur mit stetiger Präsenz und positiver Wirkung die Anzahl der Elektrofahrzeuge in einer Region gesteigert werden kann. Zusätzlich zur Erfüllung der funktionalen Aufgaben sollte die Errichtung von LIS auch unter diesem Blickwinkel forciert werden.

Durch die Einbindung potentieller Nutzerkreise bei der Projektierung und Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsdauer, kann die Auslastung im Tagesverlauf erhöht werden. Es kann eine geteilte Nutzung, stattfinden die zu einer Kostenreduktion führt.

Die vorhandene LIS muss deutlich sichtbar ausgeschildert werden. Das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) gibt dazu auch im öffentlichen Raum die Möglichkeit, Bevorrechtigungen festzusetzen.

10.4 Netzkapazität

Der Strombedarf, der sich aus der Anzahl der Fahrzeuge und der Ladevorgänge ergibt, die am privaten Stellplatz zu Hause, beim Arbeitgeber und an (halb-)öffentlicher Ladeinfrastruktur getätigt werden, stellt Anforderung an die Netzversorgung. Detailanalysen und Informationen zu Stromnetzen in der Stadt Stollberg liegen nicht vor, so dass nur eine Abschätzung vorgenommen werden kann.

Durch den Wechsel von fossilen Kraftstoffen auf elektrischen Strom ergibt sich mit dem zunehmenden Einsatz von E-PKW eine deutliche Erhöhung der benötigten Strommengen. Im Jahr 2020 kann mit einem zusätzlichen mittleren Strombedarf durch E-PKW von ca. 36 MWh in Stollberg gerechnet werden, welcher bis zum Jahr 2030 auf 1 405 MWh im Jahr ansteigt (vgl. Abbildung 35). Dies entspricht im Jahr 2030 dem Jahresbedarf von rund 350 4-Personen-Haushalten.¹⁴⁷ Beim Arbeitgeber werden bis 2030 ein jährlicher Strombedarf von 420 MWh erwartet, an Schnellladestationen 350 MWh und an (halb-)öffentlicher AC-LIS weitere 186 MWh (zuzüglich 234 MWh durch Anwohnerladen). Der Privatkundenbereich ist bezüglich des Strombedarfes durch Elektromobilität mit einem Anteil von 15 % (215 MWh) ein nachrangiges Geschäftsfeld.

Dies bedeutet für die Netzbetreiber langfristig einen Investitionsbedarf, insbesondere durch Schnellladestationen. Die Investitionskosten können durch die Begrenzung auf eine Ladeleistung von 22 kW deutlich reduziert werden, insbesondere in Kombination mit gesteuertem Laden. Kurz- bis mittelfristig ist zu erwarten, dass durch ein intelligentes Lademanagement die Fahrzeugakkus überschüssigen Strom aufnehmen können und so zur Netzstabilität beitragen. Langfristig bietet bidirektionales Laden die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge als virtuelle Kraftwerke einzusetzen, was gerade durch den Ausbau erneuerbarer Energien von gesteigerter Bedeutung sein wird. In beiden Fällen eignen sich speziell Ladepunkte mit langen Standzeiten wie beim Arbeitgeber oder am Wohnort, weshalb diesen eine zusätzliche Bedeutung zukommt.

¹⁴⁷ Unter der Annahme eines jährlichen Stromverbrauches von 4 000 kWh pro 4-Personen-Haushalt

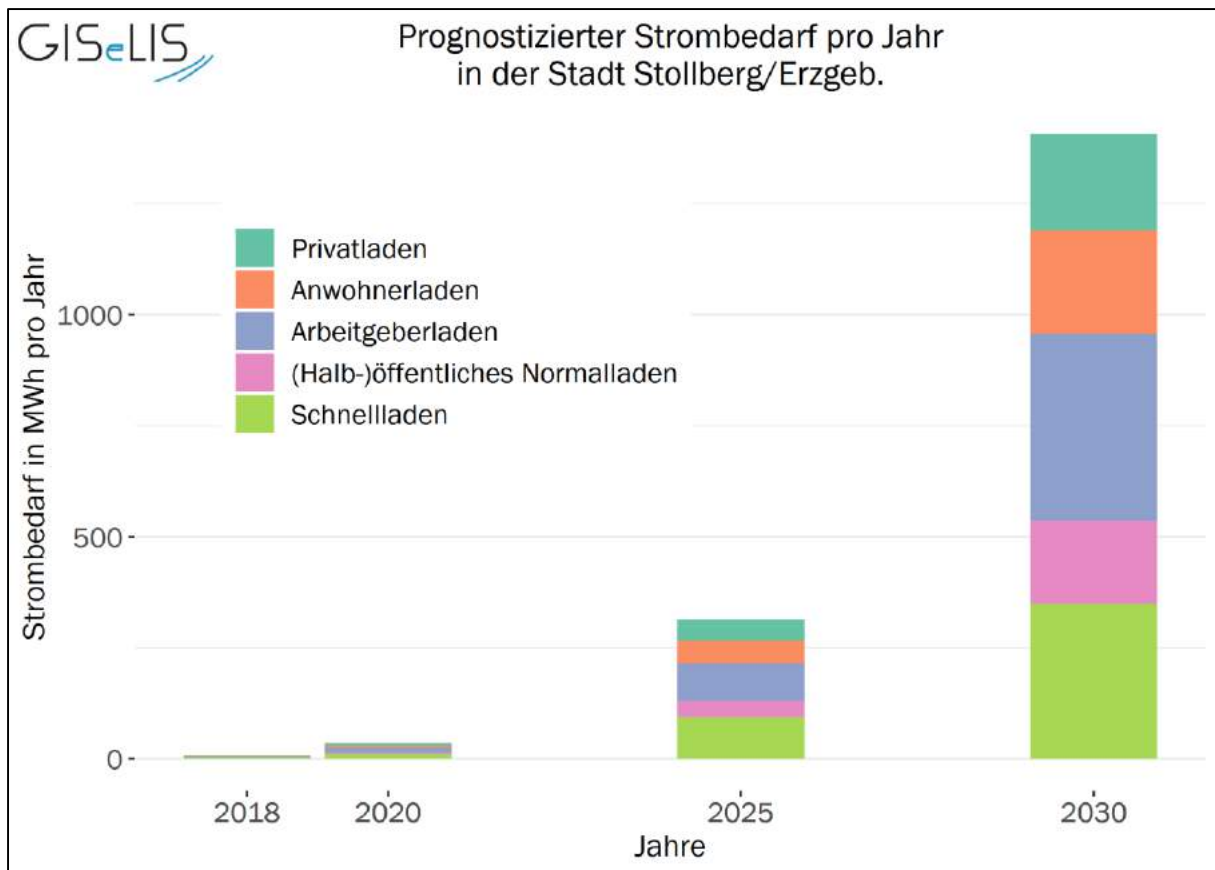


Abbildung 35: Übersicht zum prognostizierten Strombedarf pro Jahr durch E-PKW in der Stadt Stollberg (Mittelwert aller Szenarien)

10.5 Zusammenfassung

Die Funktion der Kreisstadt Stollberg/Erzgeb. als wichtiges Mittelzentrum spiegelt sich auch in den prognostizierten Ladevorgängen wider (vgl. Abbildung 36). Mit fast 5 000 Einpendlern ist Stollberg ein wichtiger Unternehmensstandort, was sich in der hohen Anzahl der Ladevorgänge beim Arbeitgeber ausdrückt. Im Mittel aller Szenarien werden 92 von insgesamt 259 Ladevorgängen (36 %) hier getätigt. Damit ist der Arbeitgeber der wichtigste Ladeort, gefolgt von dem (halb-)öffentlichen Normalladen mit 62 Ladevorgängen pro Tag. Hinzu kommen 29 Schnellladevorgänge, welche primär in Autobahnnähe erwartet werden. Das Laden am Wohnort verteilt sich auf rund 40 Ladevorgänge durch E-PKW-Besitzer ohne private Lademöglichkeit (welche bei mangelnder Verfügbarkeit von LIS in Wohngebieten geringer ausfallen würde) und 36 Ladevorgänge an der heimischen Wallbox.

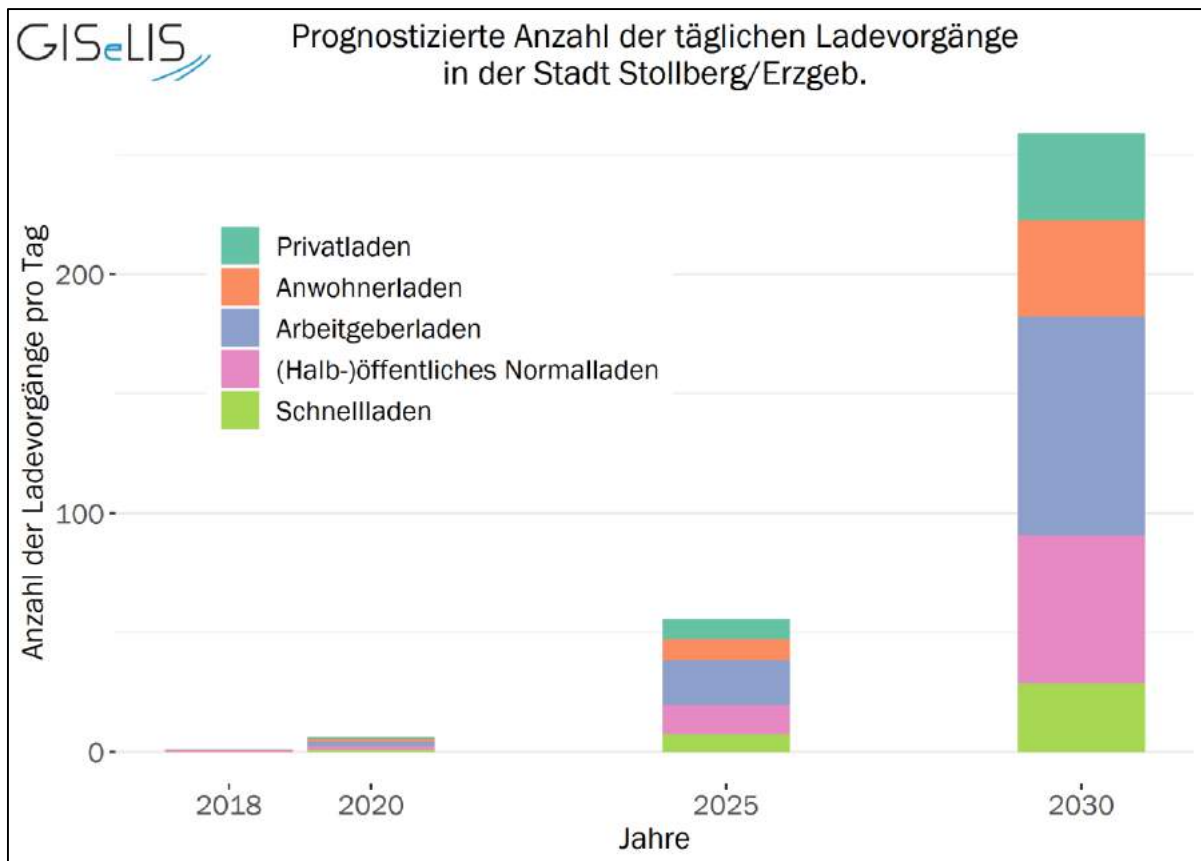


Abbildung 36: Übersicht zur Anzahl der prognostizierten Ladevorgänge pro Tag in der Stadt Stollberg/Erzgeb. (Mittelwert aller Szenarien)

Die Verfügbarkeit einer zuverlässig verfügbaren Lademöglichkeit stellt aktuell einen wesentlichen Einflussfaktor bei der Kaufentscheidung für ein Elektrofahrzeug dar. Durch den geringen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern verfügt in der Stadt Stollberg ein relevanter Anteil der PKW-Besitzer nicht über die Möglichkeit, eine Wallbox am privaten Stellplatz zu installieren. Dadurch kommt es zu Verzögerungen im regionalen Markthochlauf. Um dem entgegen zu wirken, besteht für die Stadt Stollberg eine Vielzahl an Handlungsmöglichkeiten, mit denen die geringe Verfügbarkeit privater Stellplätze ausgeglichen werden kann. Ziel sollte es sein, dem Nutzer eine Auswahl an alternativen Lademöglichkeiten zur Verfügung zu stellen. Insbesondere der Lademöglichkeit beim AG kommt eine hohe Relevanz zu, da diese durch die sichere Verfügbarkeit und lange Standzeiten die private LIS ohne Einschränkungen substituieren kann.

10.6 Handlungsempfehlungen

10.6.1 Private Ladeinfrastruktur

- Private Ladeinfrastruktur stellt einen hohen Einflussfaktor für den Kauf eines E-PKW dar. Durch Zuschüsse kann diese gefördert werden. Die Förderung von privater LIS in Höhe von 50 % der Anschaffungskosten bis max. 500 – 1 000 € ist attraktiv. Zwar ist der Anteil an PKW-Besitzern mit eigenem Stellplatz in der Stadt Stollberg vergleichsweise gering, jedoch kann insbesondere diese Zielgruppe aufgrund geringerer Zugangsbarrieren den regionalen Markthochlauf fördern.
- Ein Förderprogramm für private LIS sollte zeitnah angestoßen werden, damit die Bewohner der Stadt Stollberg bereits im Markthochlauf zwischen 2021 und 2025 davon profitieren und diesen regional vorantreiben können.

- Anwohner ohne die Möglichkeit zum privaten Laden sollten Standortpräferenzen zur Errichtung von Anwohner-LIS melden können. Bei mehrfacher Präferenz eines Standortes im (halb-)öffentlichen Raum sollte der Aufbau von Anwohner-LIS an diesem geprüft und initiiert werden. Dafür sollte ein Ansprechpartner benannt werden und telefonisch und per E-Mail zur Verfügung stehen. Darüber hinaus kann eine Online-Meldemöglichkeit auf der Webseite der Stadt Stollberg eingerichtet werden.
- Bei Neubauprojekten oder Bauvorhaben an der Bestandsbebauung in bestehenden Wohngebieten sollte die Installation von LIS bzw. die Vorbereitung in Form von Leerrohren und ggf. Verkabelung verpflichtend verankert sein.
- Die Wohnungsbaugenossenschaft Wismut Stollberg eG sowie die Wohnungsbau GmbH Stollberg engagieren sich mit dem Angebot zweier Elektrofahrzeuge im Carsharing bereits für nachhaltige Mobilität in Stollberg. Dies bietet eine gute Grundlage für die weitere Förderung der Elektromobilität in Wohngebieten. Es bieten sich bspw. Arbeitstreffen an, in denen gemeinsam mit den Stadtwerken Stollberg Lösungen für die Versorgung der Mieter in Mehrfamilienhäusern diskutiert werden. Insbesondere die Verfügbarkeit von Mieterstrom in Kombination mit LIS für die Anwohner und die Errichtung abschließbarer und barrierefreier Fahrradboxen mit Stromanschluss sollten thematisiert werden.

10.6.2 (Halb-)öffentliche Ladeinfrastruktur

- Für den Ausbau von halböffentlicher LIS sollten potentielle Akteure und Investoren adressiert werden. Dabei sind die Mengen der Bedarfsprognose nur als Indikation zu verstehen. Jeder Ort mit Kundenverkehr bietet prinzipiell das Potential, Ladeinfrastruktur zu errichten und diese als Service anzubieten. Ein Übermaß an Ladeinfrastruktur ist nur in Hinblick auf Modelle möglich, die Einnahmen aus dem Kerngeschäft Laden adressieren. Insbesondere im PoS-Bereich sollten die schon genannten Akteure mit Flächenverfügbarkeit adressiert und regelmäßig kontaktiert werden. Die Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich kann durch diese Akteure bzgl. der Kapazitäten ausreichend bereitgestellt werden.
- Es ergeben sich Co-Finanzierungen zur Ladeinfrastruktur, die sich nicht direkt aus den Ladevorgängen ergeben. Damit kann insbesondere Normalladeinfrastruktur geschaffen werden, für die kein eigenständiges Geschäftsmodell existiert. Generell kann damit auch der Zeitraum bis zur Wirtschaftlichkeit für Schnellladeinfrastruktur überbrückt werden.
- Im Markthochlauf sollte der LIS-Ausbau der Akteure durch die Stadt Stollberg koordiniert werden, da die Nachfrage nach LIS zunächst noch gering ist und überschneidende Aktivitäten zu einer weiter sinkenden Wirtschaftlichkeit führen.
- Kurzfristig sollten insbesondere Normalladestationen mit guter öffentlicher Sichtbarkeit errichtet werden.
- In der Stadt Stollberg sind Ladevorgänge an (halb-)öffentlicher LIS insbesondere in der Kernstadt und an der Anschlussstelle Stollberg West bzw. im Gewerbegebiet Stollberger Tor zu erwarten. Dies ist auf die zahlreichen Einkaufsmöglichkeiten sowie die Ansiedlung von weiteren Gewerbetreibenden zurückzuführen und zusätzlich zu kommunizieren.
- Insbesondere mit den kleinen und mittelständigen sowie regionalen Unternehmen im Gewerbegebiet und in der Innenstadt sollte die Stadt Stollberg in Kontakt treten und diese im Informations- und ggf. Errichtungsprozess unterstützen. Wenn diese Unternehmen den Grundstein im Ausbau der halböffentlichen LIS legen und somit die Rahmenbedingungen für die Elektromobilität in der Stadt Stollberg attraktiv gestalten, werden größere Handelsketten auf den Standort aufmerksam und ebenfalls aktiv im Bereich LIS werden.

- Im (halb-)öffentlichen Bereich empfiehlt sich in der Innenstadt bspw. der Parkplatz vor dem Simmel Markt Stollberg, die Gärtnerei Albert, die *Kegelbahn Stollberg 9pins*, die Filialen der Erzgebirgssparkasse sowie die Filialen der Post- und Commerzbank. Ebenso können bspw. das *Hotel Grüner Baum* und die *Pension et cetera* ihren Kunden einen zusätzlichen Mehrwert durch die Verfügbarkeit einer Lademöglichkeit für die Gäste zur Verfügung stellen. Im Gewerbegebiet Stollberger Tor befinden sich vorrangig größerer Handelsketten wie bspw. Kaufland und Deichmann sowie Dänisches Bettenlager. Der Ausbau der LIS folgt in Unternehmen dieser Größe meist zentralen Ausbauplänen und kann von der Stadt Stollberg nur indirekt beeinflusst werden (s.o.). Darüber hinaus können im Gewerbegebiet bspw. die Autohäuser Pfüller und Ebert kontaktiert werden.
- Für die Ortsteile Stollbergs wird ein Ausbau von LIS erst für 2025 relevant sein.
- Die Ansprache dieser und weiterer Akteure kann zunächst gesammelt, bspw. über den Verteiler des Gewerbevereins, erfolgen. In einem weiteren Schritt sollten die Akteure noch einmal gezielt nach Branche zu spezifischen Themenveranstaltungen eingeladen werden. Von Bedeutung ist eine kontinuierliche Präsenz des Themas.
- Um im Markthochlauf zwischen 2021 und 2025 eine bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten auf halböffentlichen Flächen zu erreichen, sollte mit der Ansprache und Sensibilisierung der Akteure kurzfristig begonnen werden. Der tatsächliche Ausbau von LIS wird um ca. 1-3 Jahre verzögert beginnen, sodass bei einer zeitnahen und kontinuierlichen Kommunikation von einer ausreichenden Verfügbarkeit in 2025 im halböffentlichen Raum ausgegangen werden kann.
- Ladestationen im öffentlichen Straßenraum sollten als Ergänzungen fungieren. Der Ausbau sollte bedarfsgerecht vorangetrieben werden und am Ausbau der LIS im halböffentlichen Raum orientiert sein.
- Dafür ist ein regelmäßiges Monitoring notwendig. Es sollten mindestens halbjährlich alle Ladestationen erfasst und ggf. vorhandene Bedarfslücken eruiert werden. Dieses Monitoring sollte durch den Klimaschutzmanager überwacht und veranlasst werden.

10.6.3 Ladeinfrastruktur beim Arbeitgeber

- LIS beim AG kommt als Substitut privater Lademöglichkeiten aufgrund der zuverlässigen Verfügbarkeit und langen Standzeiten am Arbeitsort eine hohe Relevanz zu. Dies verstärkt sich in Stollberg durch die geringen Möglichkeiten zur Installation einer privaten Wallbox.
- Neben den Bewohnern der Stadt kann durch Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz auch den Einpendlern ein Mehrwert geboten werden.
- Die Stadt Stollberg sollte daher aktiv auf die großen Arbeitgeber in der Region zugehen. Dazu zählen neben der Dürr Somac GmbH, die bereits eine Ladestation installiert hat, u.a. das Entwicklungszentrum der IAV GmbH, die Logistikpark Stollberg GmbH sowie das Kreiskrankenhaus Stollberg u.v.m.
- Darüber hinaus sollten auch kleine und mittelständige Unternehmen über ihre Möglichkeiten informiert werden. Die Ansprache über den Gewerbeverein bietet sich erneut an. In regelmäßigen Abständen sollten Informationsabende und Netzwerktreffen durchgeführt werden.
- Aufgrund der relevanten Hebelwirkung des AG-Ladens für die Attraktivität der Elektromobilität in der Stadt Stollberg, sollte die Ansprache dieser priorisiert werden und ebenfalls unmittelbar beginnen, da eine ähnliche zeitliche Verzögerung zu erwarten ist, wie beim Ausbau der halböffentlichen LIS.

10.6.4 Schnellladeinfrastruktur

- Ladevorgänge an Schnell-LIS fallen insbesondere an der Anschlussstelle Stollberg West bzw. im Gewerbegebiet Stollberger Tor an.
- Aufgrund der hohen Investitionskosten ist die Installation eines Schnellladers für Unternehmen, für die Einnahmen durch Ladevorgänge nicht zum Kerngeschäft zählen, nicht attraktiv. Es bietet sich daher an, bezüglich einer Schnellladestation mit den Stadtwerken in Kontakt zu treten. Im Jahr 2030 können ca. 2-3 Schnelllader wirtschaftlich betrieben werden (abhängig davon, wie sich die Rahmenbedingungen im Umfeld verändern). Es empfiehlt sich daher, die Installation von zunächst einem, später ein bis zwei weiteren Schnellladern. Zwar ist in den nächsten 2-3 Jahren noch nicht mit einer relevanten Auslastung zu rechnen, jedoch sollte insbesondere an der Anschlussstelle Stollberg West aus Gründen der Standortsicherung zeitnah eine Errichtung geprüft werden. Es können dafür Fördergelder (vgl. Kapitel 9.5) beantragt werden.

10.6.5 Weitere Empfehlungen für die Errichtung von LIS

- Die Verwendung von Ökostrom sollte angestrebt werden.
- Parkplatzbetreiber sollten verpflichtet werden, eine Mindestanzahl an frei verfügbaren Parkplätzen im öffentlich zugänglichen Raum (z.B. Parkhäuser, Parkplätze) zu elektrifizieren. Bei Neubauprojekten sollte ebenfalls die Ausstattung von Stellplätzen mit Stromzuleitung bzw. mindestens mit der Verlegung von Leerrohren zur Vorbereitung vorgeschrieben werden. Dies kann in einer Stellplatzsatzung für die Stadt Stollberg verankert werden. Gemäß der Sächsischen Bauordnung können die Gemeinden mittels Stellplatzsatzung eigenständig über die Anzahl und Beschaffenheit der Stellplätze entscheiden.
- Um die Belegung von LIS durch Verbrenner-Fahrzeuge zu reduzieren, sollten deutliche Bodenmarkierungen eingerichtet werden.
- Die rechtlichen Rahmenbedingungen von Parkflächen an Ladesäulen müssen ein Abschleppen erlauben. Ergänzend sollten Bußgelder auf mind. 50 € erhöht werden.
- Um dem Angebot an LIS eine Nachfrage entgegen zu setzen, bedarf es Initiativen, um den Anteil der E-PKW deutlich zu erhöhen.
- Die Ladesäulen sollten eine Sofortbezahlungsfunktion mit Kreditkarte ohne Anmeldung bieten, da dies Barrierefreiheit für alle Nutzer darstellt. Hinsichtlich der weiteren Zugangs- Bezahl- und Abrechnungsmethoden wird empfohlen, einen möglichst einheitlichen Ausbau in der Region zu forcieren. Alle Lademöglichkeiten in der Region sollten mit einer einheitlichen Ladekarte/-vertrag nutzbar sein und möglichst viele Roaminganbieter beinhalten. Dafür ist auf die jeweiligen Anbieter einzuwirken, um keine Unzufriedenheit bei den Nutzern auszulösen.
- Ein E-PKW-Besitzer im ländlichen Raum wird meistens über eine private Lademöglichkeit verfügen, weshalb der Hausstromtarif die preisliche Referenz darstellt. Ein signifikant höherer Tarif an der öffentlichen Ladesäule wird daher nur für eine kleine Nutzergruppe attraktiv sein (z.B. PHEV-Besitzer mit geringer Reichweite).
- Die Stadt Stollberg sollte sich durch Förderungen, Sensibilisierung und Beratung sowie Koordination am Aufbau beteiligen. Ein eigener Betrieb ist aufgrund der Komplexität und des notwendigen Unterhalts zu aufwendig und nicht Kernkompetenz. Es sollten jedoch Maximalpreise und Versorgungsqualitäten definiert werden. Die entstehende Verantwortlichkeit sollte durch den Klimaschutzmanager überwacht und gesteuert werden.
- Ein Informationsblatt für alle potentiellen LIS Betreiber sollte im Rahmen von Bauanträgen bereitgestellt werden. Darauf sollten die Ablaufschritte und Anlaufstellen verzeichnet sein. Es sollte ein zentraler Ansprechpartner für Unternehmen (in der Stadt Stollberg oder im Erzgebirgskreis) geschaffen werden.

Es ergibt sich aus der hohen Anzahl an Ladevorgängen bezogen auf die aktuelle Infrastruktur ein Handlungsdruck. Die erheblichen Chancen, die sich aus den Ladezeiten für die lokale Wirtschaft ergeben, sollten genutzt werden. Damit kann die Versorgungssituation in der Region bzgl. Gastronomie und Einzelhandel gestärkt werden.

11 Bewertung der Auswirkungen für die Region

Die jeweiligen Auswirkungen von Elektromobilität und nachhaltigen Mobilitätslösungen des Umweltverbundes auf die Stadt Stollberg und die Region wurden in den vorangegangenen Kapiteln bereits aufgezeigt. Nachfolgend werden diese zusammenfassend betrachtet.

Der Elektromobilitätsmarkthochlauf in Stollberg wird im Bundesvergleich geringere Auswirkungen haben. Dennoch ist ein Engagement zu empfehlen, um die vorhandenen Potentiale zu nutzen. Ein höherer Anteil an Elektrofahrzeugen erscheint möglich, wenn die Stadt die Entwicklung aktiv beeinflusst.

Durch die Beschäftigung mit dem eigenen Mobilitätsverhalten, ergibt sich durch die Elektromobilität die Möglichkeit, alternative und nachhaltige Mobilitätsangebote in ihrer Gesamtheit zu fördern und zu etablieren. Daher sollte der Blick nicht nur auf die Elektromobilität selbst, sondern breiter gefasst und somit auch auf Mobilität und Nachhaltigkeit liegen. Beide Aspekte wirken sich relevant auf die Attraktivität Stollbergs als Standort aus und bieten eine hohe lokale Wertschöpfung. Es besteht eine direkte Verbindung zur nachhaltigen Energieerzeugung und -nutzung, die damit ebenfalls gefördert werden kann.

Elektromobilität bietet ein hohes Innovationspotential und sollte daher auch aus Bildungs- und Standorterwägungen heraus strategisch verfolgt werden. Veränderungen in der Automobilindustrie haben auch Auswirkungen auf andere Branchen. Darüber hinaus werden sich ähnliche Impulse, wie sie aktuell in der Automobilbranche stattfinden, auch in anderen Branchen ergeben.

Insbesondere der Kompetenzaufbau in Unternehmen und die Einstellung auf Veränderungen bieten die Möglichkeit, an der Entwicklung zu partizipieren. Im Transportbereich stehen weitgehende Änderungen an. Für Autohäuser besteht die Herausforderung, zukünftig weniger Wartungsarbeiten ausführen zu können. Gleichzeitig streben die Hersteller an, die Fahrzeuge künftig verstärkt direkt zu vermarkten. Hier kann ein Fokus auf Elektromobilität und der zugehörigen Wertschöpfung mit Ladeinfrastruktur, Stromspeicher, Smart Home und Photovoltaikanlage eine Möglichkeit bieten. Gerade die regionale Bereitstellung des Stroms bietet eine hohe Wertschöpfungstiefe im Gegensatz zu konventionellen Kraftstoffen. Es müssen generell Netzwerke gebildet werden, die Akteure unterschiedlicher, für die Elektromobilität relevanter, Branchen, die bisher keine Berührungspunkte hatten, zusammenbringen.

Der Radverkehr bietet für Stollberg durch den Einsatz von Elektrofahrrädern hohe Potentiale in Hinblick auf eine nachhaltige und bedarfsorientierte Mobilität. Die Strecken in der Kernstadt und den Ortsteilen sind alle innerhalb von 15 Minuten zu absolvieren. Neue Zielgruppen können erschlossen werden. Daher sollten Radwege flächendeckend angegangen werden, um das Potential für eine ökologische und kostengünstige Mobilität zu steigern.

12 Maßnahmenkatalog

Auf Basis der in den vorangegangenen Kapiteln erläuterten Hintergründe und Handlungsempfehlungen, wurde der nachfolgende Maßnahmenkatalog erarbeitet. Dieser setzt sich aus 20 Maßnahmenbeschreibungen zusammen. Neben der Erläuterung der Maßnahmen, werden erste Umsetzungsschritte aufgeführt und beteiligte Akteure benannt. Es erfolgt eine Priorisierung und zeitliche Einordnung zur Umsetzung.

Ein großer Teil der Maßnahmen ist nicht allein durch die Stadt Stollberg umsetzbar. Das regionale Gewerbe und weitere Akteure müssen dafür informiert, motiviert und eingebunden werden. Die partizipative Zusammenarbeit mit Bürgern und Unternehmen ist für die zeitnahe starke Sichtbarkeit der Elektromobilität zwingend.

Bestehende Förderprogramme des Bundes können unterstützend für die Realisierung genutzt werden. In Tabelle 28: Fördermöglichkeiten Elektromobilität werden diese stark zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 28: Fördermöglichkeiten Elektromobilität

Titel	Fördergegenstand	Frist
Lastenfahrräder und Lastenanhänger mit Elektroantrieb für den fahrradgebundenen Lastenverkehr	E-Fahrräder	28.02.2021
Horizont 2020	FuE, Konzeptentwicklung, KMU	31.12.2020
Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen (Umweltbonus)	Fahrzeuganschaffung	30.06.2019
Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland ¹⁴⁸	LIS	21.02.2019

Die Maßnahmen sind in folgende Bereiche gegliedert:

- Information und Kommunikation (10)
- Infrastrukturmaßnahmen (5)
- Elektrofahrzeuge & Angebotserweiterung Umweltverbund (5)

¹⁴⁸ Diese wurde in Tabelle 25 aus Abschnitt 9.5 bereits vorgestellt.

12.1 Information und Kommunikation

Um Veränderungen im Mobilitätsverhalten zu erreichen, müssen Privatpersonen und Unternehmen sensibilisiert und ein Bewusstsein für die Elektromobilität geschaffen werden. Für den Erfolg ist es notwendig, dass die Etablierung der Elektromobilität als Gemeinschaftsaufgabe von Bürgern, Unternehmen und der Stadt Stollberg bzw. dem Landkreis gesehen wird. Dafür ist eine gemeinsame Zielstellung und Umsetzungserklärung für die Stadt Stollberg und den Erzgebirgskreis nötig. Es müssen Informationen bereitgestellt und damit eine Öffentlichkeitswirksamkeit erzielt werden. Dienstleister und Akteure müssen sensibilisiert, vernetzt und beim Ausbau des Angebotes und der Leistungserbringung rund um die Elektromobilität unterstützt werden. Von den Nutzern wahrgenommenen, hemmenden Faktoren muss damit entgegengewirkt werden. Vorurteile können durch Information und Aufklärung abgebaut und viele offene Fragen zu den Fahrzeugen, der Ladeinfrastruktur, den rechtlichen Rahmenbedingungen und den existierenden Dienstleistungen beantwortet werden. Ein Unternehmensnetzwerk rund um die Elektromobilität muss aufgebaut und dann gestärkt werden. Folgende zehn Maßnahmen im Bereich Information und Kommunikation für die Stadt Stollberg werden empfohlen.

- Interne Information und Kommunikation Elektromobilität
- Gemeinsamen Zielstellung für die Stadt/den Kreis
- Beratungsangebot für Elektromobilität und nachhaltige Mobilität
- Probefahrten-Programm zum Testen von E-PKW, E-Nutzfahrzeugen und Elektrofahrrädern für Privatpersonen und Unternehmen
- Regionale Netzwerke
- Sensibilisierung von Unternehmen bzgl. Bereitstellung von LIS
- Ladeinfrastrukturverzeichnis
- Aktion „Radbonus“
- Stellplatzsatzung
- Infomaterial für Bauherren

Die Maßnahmen werden nachfolgend genauer erläutert.

Tabelle 29: Maßnahmenbeschreibung Nr. 1

Maßnahme 1	Interne Information und Kommunikation Elektromobilität		
Priorität	hoch	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	Die Mitarbeiter der Stadt Stollberg, insbesondere alle mit Bezug zu Mobilitäts- und Verkehrsthemen, sollten für nachhaltige Mobilitätslösungen sensibilisiert und Wissen aufgebaut werden. Praktische Erfahrungen mit der Elektromobilität sollten gefördert werden, um den Mitarbeitern Berührungspunkte zu nehmen. Dies kann durch den Austausch zwischen den Mitarbeitern und interne Schulungen erfolgen (vgl. Kapitel 6). Zukünftige Elektrofahrzeuge im Fuhrpark sollten umfänglich vorgestellt und hinsichtlich der Anforderungen, die sich für Unternehmen und Privatpersonen ergeben, erläutert werden. Damit ist sichergestellt, dass das Thema in Planungen und sonstigen Aktivitäten der Stadt präsent ist.		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Festsetzen einer Verantwortlichen Person/eines internen Ansprechpartners für Elektromobilität/Mobilität der Zukunft - Regelmäßige Teilnahme an themenbezogenen Veranstaltungen - Weiterleitung von relevanten Informationen an die jeweiligen Ansprechpartner in der Verwaltung - Berücksichtigung bei allen Bauprojekten und langfristigen Aktivitäten 		

Tabelle 30: Maßnahmenbeschreibung Nr. 2

Maßnahme 2	Gemeinsame Zielstellung für die Stadt/den Kreis		
Priorität	hoch	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	Definition eines gemeinsamen Ziels für die Verwaltung sowie Bürger und Unternehmen der Region zur Förderung der Elektromobilität (vgl. Kapitel 6). Dabei sollte es zwingend eine gemeinsame Zielstellung, in Verbindung mit Mobilitätszielen und nachhaltiger Energieerzeugung, geben. Nur eine breit getragene Initiative besitzt eine hohe Realisierungswahrscheinlichkeit.		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg, Erzgebirgskreis, Bürger		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Definition einer gemeinsamen Zielstellung mit Beteiligung der Bürger, Unternehmen und Verwaltung auf Stadt- oder Kreisebene (bspw. über Aufruf zur Einreichung von Ideen und einem groß angelegten Bürgerdialog) - Entwicklung eines Konzeptes zur Begleitung der Aktion über das Jahr hinweg (Positivbeispiele in der Region/Stadt vorstellen und als Botschafter fungieren lassen) - Starke Kommunikation über verschiedene Kanäle 		

Tabelle 31: Maßnahmenbeschreibung Nr. 3

Maßnahme 3	Beratungsangebot für Elektromobilität und nachhaltige Mobilität		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019/2020
Kurzbeschreibung	<p>Die Stadt Stollberg sollte einen Ansprechpartner bzw. eine Beratungsstelle für Elektromobilität/nachhaltige/zukünftige Mobilität initiieren. Dies kann durch die Stadtverwaltung, auf ehrenamtlicher Basis, durch Zusammenarbeit im Kreis oder mit der Sächsischen Energieagentur erfolgen. Zielgruppen sind Bürger und Unternehmen, die unabhängige Informationen zur Elektromobilität benötigen. Bestandteile des Angebotes können bspw. sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regelmäßige Pressemeldungen zur Elektromobilität - Informationsangebot über die Webseite der Stadt Stollberg - Sensibilisierung der Bürger für Elektromobilität - Bereitstellung und Verbreitung von neutralen Informationen 		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg, Erzgebirgskreis		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Suche eines Ansprechpartners - Einrichtung einer Webseite - Einrichtung einer Hotline - Zusammenstellung von Informationsmaterial - Verbreitung des Angebotes und Durchführung von Aktionen 		

Tabelle 32: Maßnahmenbeschreibung Nr. 4

Maßnahme 4	Programm zum Testen von Elektrofahrzeugen für Privatpersonen und Unternehmen		
Priorität	niedrig	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<p>Durch die Möglichkeit zum Testen von E-Fahrzeugen (PKW, Nutzfahrzeugen und Fahrrädern), kann Bürgern ein erleichtertes Kennenlernen der Elektromobilität ermöglicht werden. Bürger und Unternehmen können ohne finanzielle Hürden Elektrofahrzeuge im Tagesgeschäft erproben. Basis sollte eine Probefahrt sein, die zu einem ersten Kennenlernen von Elektromobilität führt. Dies muss in Zusammenarbeit mit Autohäusern/Fahrradgeschäften angeboten werden. Das Angebot muss intensiv vermarktet werden. Mit Zuschüssen könnten auch Elektrofahrzeuge für einen längeren Zeitraum (mindestens ein bis max. drei Monate) durch einen externen Anbieter zur Verfügung gestellt werden.</p>		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg, ggf. Sächsische Energieagentur, lokale Autohäuser und Fahrradgeschäfte		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaktaufnahme zu Autohäusern/Fahrradgeschäften der Stadt - Bewerbung des Programmes über Webseite und weitere Kommunikationskanäle - Erfolgskontrolle und ggf. Weiterentwicklung des Angebots 		

Tabelle 33: Maßnahmenbeschreibung Nr. 5

Maßnahme 5	Lokale/regionale Netzwerke		
Priorität	hoch	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<p>Der Vernetzung der Anbieter kommt die höchste Relevanz zu. Durch den Austausch im Rahmen von regelmäßigen Treffen der relevanten Akteure, kann eine Zusammenarbeit initiiert werden. Damit kann regionale Wirtschaftsförderung mit der Förderung der Elektromobilität verbunden werden. Es werden attraktive Angebote initiiert und an die Bürger vermarktet. Es findet eine Stärkung der regionalen Wirtschaft statt (vgl. Kapitel 6).</p> <p>Eine Ausweitung auf den Erzgebirgskreis ist zu empfehlen.</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg, Stadtwerke, LIS-Anbieter, Flächeneigentümer, Pol- und PoS-Betreiber, Energieberatung, PV-Anlagen Anbieter, Autohäuser u. v. m. 		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisieren und Zusammenbringen der relevanten Akteure, zu Beginn durch die Initiative der Stadt Stollberg - Netzwerktreffen und Workshops als regelmäßiges vernetzendes Element zum Austausch, Wissensaufbau und Zusammenwirken der Akteure - Nutzung von Synergien 		

Tabelle 34: Maßnahmenbeschreibung Nr. 6

Maßnahme 6	Sensibilisierung von Unternehmen bzgl. Bereitstellung LIS		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<p>Unternehmen können durch die Bereitstellung von LIS auf halböffentlichen Flächen einen Großteil des Ladebedarfs an (halb-)öffentlichen Ladevorgängen decken. Als Kundenbindungsstrategie ist LIS kurz- bis mittelfristig ein Begeisterungsmerkmal und langfristig wird es zu einem Basismerkmal (Grunderwartung der Kunden) werden (vgl. Kapitel 0). Unternehmen sollten über ihre Möglichkeiten informiert und motiviert werden, ihren Kunden und wenn geeignet, auch der Öffentlichkeit, LIS anzubieten.</p>		
Beteiligte Akteure	<p>Stadt Stollberg, Stadtwerke, LIS-Anbieter, Flächeneigentümer, Pol- und PoS-Betreiber, Energieberatung, PV-Anlagen Anbieter, Autohäuser u. v. m.</p>		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Gezielte Ansprache der Unternehmen, bspw. im Rahmen von Netzwerktreffen - Durchführung von Informationsveranstaltungen für die Unternehmen - Regelmäßige Information und Ansprache der PoS- und Pol- Betreiber im Rahmen von Bauplanungen - Im Markthochlauf sollte der LIS-Ausbau zwischen den Akteuren koordiniert werden, da die Nachfrage gering ist und überschneidende Aktivitäten zu einer weiter sinkenden Wirtschaftlichkeit führen. 		

Tabelle 35: Maßnahmenbeschreibung Nr. 7

Maßnahme 7	Ladeinfrastrukturverzeichnis		
Priorität	niedrig	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	Lademöglichkeiten für Elektrofahrräder und -Fahrzeuge sollten auf der Webseite der Stadt ausgewiesen und mit einem Link zu allen größeren Verzeichnissen verbunden werden. Nach einer Laufzeit von drei Jahren ist zu überprüfen, ob dies noch notwendig ist.		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Darstellung auf der Website der Stadt Stollberg über Verlinkung zur Ladestationsanzeige des Bundes und hinzufügen kurze Erläuterung der Situation in Stollberg. - Regelmäßige Aktualisierung der Erläuterung - Verbreitung des Ladeinfrastrukturverzeichnisses, nach drei Jahren Evaluierung der Maßnahme 		

Tabelle 36: Maßnahmenbeschreibung Nr. 8

Maßnahme 8	Aktion „Radbonus“		
Priorität	niedrig	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	Ziel einer Aktion „Radbonus“ ist die Förderung der Nutzung von (Elektro-)Fahrrädern durch Aktivierung und Motivation der Bürger. Die Umsetzung kann sowohl innerhalb der Stadtverwaltung, als auch unter Einbeziehung von Bürgern und Unternehmen in der Stadt bzw. des Landkreises erfolgen. Jeder Mitarbeiter, der mit dem (Elektro-)Fahrrad zur Arbeit fährt, sammelt die entsprechenden Kilometer für sein Team (vgl. Kapitel 5).		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg - Ggf. Unternehmen (mittelständisch bis groß) 		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Bspw. über „Stadtradeln“, aber auch eigene Umsetzung möglich 		

Tabelle 37: Maßnahmenbeschreibung Nr. 9

Maßnahme 9	Stellplatzsatzung		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<p>Gemäß § 49 der SächsBO können die Kommunen selbst eine Stellplatzsatzung aufsetzen und darin sowohl Anzahl als auch Beschaffenheit der Stellplätze und Garagen bestimmen (vgl. Kapitel 0). Dies sollte die Stadt wahrnehmen und der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vorgehen. Diese sieht bei größeren Objekten vor, „für jeden Stellplatz die Leitungsinfrastruktur“ durch „Schutzrohre für Elektrokabel“ für die spätere Errichtung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge sicherzustellen. Es wird angeraten, etwa 25 % der Stellplätze zeitnah aufrüstbar zu gestalten und den Rest mit Leerrohren auszustatten. Mögliche Ablösebeträge können für die Ausstattung von Parkplätzen mit LIS oder die Förderung des ÖPNV genutzt werden. Für die Stadt Stollberg stellt dies einen relevanten Hebel für die Förderung der Elektromobilität sowie alternativer Mobilitätslösungen dar und sollte geprüft werden.</p>		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Klärung der internen Verantwortlichkeiten - Ausarbeitung einer auf die Gemeinde angepassten Stellplatzsatzung - Politische Verankerung der Regelungen - Überprüfung der Einhaltung 		

Tabelle 38: Maßnahmenbeschreibung Nr. 10

Maßnahme 10	Infomaterial für Bauherren		
Priorität	hoch	Umsetzungshorizont	Ab 2019/20
Kurzbeschreibung	<p>Bei Bauanträgen sollte automatisch die Infobroschüre Elektromobilität ausgegeben werden. Dabei sind besonders Hinweise für die vorbereitende Verkabelung und Planung von Leerrohren herauszustellen (vgl. Kapitel 0). Darüber hinaus sollten die Ablaufschritte für die Installation von LIS sowie wichtige Ansprechpartner verzeichnet sein. Informationen für die Errichtung von sicheren und überdachten Fahrradabstellanlagen sollten ebenfalls enthalten sein (vgl. Kapitel 5).</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg, Stadtwerke Stollberg, Unternehmen aus dem Bereich Elektroinstallation und Energieberatung 		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Schaffung eines zentralen kompetenten Ansprechpartners in der Stadt Stollberg oder auf der Ebene des Erzgebirgskreises - Zusammenstellung von Inhalten und Partnern - Herstellen des Informationsmaterials - Etablierung der Ansprechpartner 		

12.2 Infrastrukturelle Maßnahmen

Die Verfügbarkeit öffentlicher LIS stellt kurzfristig keine vorrangige Kaufhürde für wesentliche Teile potentieller Nutzer von Elektrofahrzeugen dar. Diese liegt beim Kauf der Fahrzeuge selbst, in den Unsicherheiten oder der Unkenntnis der Technologie sowie in nicht absehbaren Risiken der Entwicklung. Investitionen der Stadt in den Ausbau der öffentlich zugänglichen LIS mit dem Ziel, verbesserte Rahmenbedingungen für die Elektromobilität zu schaffen, können diese Hinderungsgründe nicht vollständig beseitigen. Ein eigener Ladepunkt für jeden Bürger ist nicht realisierbar. Er stellt jedoch aktuell den Hauptbezugspunkt dar und sollte am Wohnort, auf Arbeit oder an regelmäßig angefahrenen Punkten zuverlässig vorhanden sein. Öffentliche Ladeinfrastruktur taugt dafür nur bedingt. Der Betrieb von LIS, insbesondere Normalladeinfrastruktur, ist aktuell defizitär. Werden zusätzliche Ladesäulen durch die Stadt in Gebieten mit bestehenden Lademöglichkeiten errichtet, ohne dass eine entsprechende Nachfrage vorhanden ist, sinkt die Auslastung bereits vorhandener LIS weiter. Sobald eine relevante wahrnehmbare Anzahl an Elektro-PKW in Stollberg vorhanden ist, steigt der Bedarf an öffentlichen Ladevorgängen, wodurch der Ausbau von LIS auf privaten Flächen durch Dritte vorangetrieben werden wird. Die Motivation dafür wird dann eher im zusätzlichen Kundenservice liegen, als in der Erweiterung des Kerngeschäftes. Der Stadt Stollberg kommt daher vorrangig die Aufgabe zu, durch Information, Unterstützung und Aufklärung der Bürger und Unternehmen positiv auf den Markt und die Zulassungszahlen für Elektro-PKW in der Region einzuwirken.

In Wohngebieten mit dichter Mehrfamilienbebauung sollte ein regelmäßiges Monitoring zum Bedarf an LIS bei den Bürgern stattfinden. Es sollte jedoch versucht werden, die Bedarfsdeckung auf den Arbeitsplatz oder regelmäßig angefahrte Orte zu verlagern. Aufgrund der Gleichmäßigkeit der Arbeitszeiten ergeben sich ansonsten ein sehr hoher Bedarf am Wohnort und nur eine geringe Auslastung der LIS über den Tagesverlauf.

Die wesentliche Zielsetzung sollte die Reduzierung des MIV durch Stärkung und Ausbau des Umweltverbundes sein. Dabei lassen Ziele, wie die Förderung eines klimafreundlichen MIV oder innovativer Technologien, einen direkten Bezug zur Elektromobilität zu. Elektromobilität bedeutet nicht einfach den Austausch konventioneller gegen elektrische PKW. Vielmehr können Elektro-PKW Bestandteile eines nachhaltigen Mobilitätsmanagements in Unternehmen sein oder, durch die Etablierung von E-Carsharing, das ÖPNV-Angebot erweitern.

Der Verbesserung und der Ausbau der Fahrradinfrastruktur sowie der Bau entsprechender Abstellanlagen für Fahrräder kommt eine entscheidende Rolle zu. Als Alternative zum PKW und zur Reduktion von Emissionen besteht hohes Potential in Stollberg. Dafür muss den Bürgern jedoch ein attraktives Umfeld mit gut ausgebauten, sicheren und übersichtlichen Radwegen, die ebenfalls den Anforderungen von (Elektro-)Fahrrädern entsprechen, bereitgestellt werden. Ausreichende und sichere Abstellanlagen müssen ebenfalls vorhanden sein. Diese Aspekte sollten im Radverkehrskonzept verankert werden.

Die folgenden fünf infrastrukturellen Maßnahmen wurden für die Stadt Stollberg identifiziert:

- Förderung der Anschaffung privater LIS
- Beschilderung für LIS
- Elektrobusse im ÖPNV
- Verbesserung und Ausbau der Radwegeinfrastruktur
- Ausbau von Fahrradabstellanlagen

Die Maßnahmen werden nachfolgend genauer erläutert.

Tabelle 39: Maßnahmenbeschreibung Nr. 11

Maßnahme 11	Förderung der Anschaffung privater Ladeinfrastruktur		
Priorität	gering	Umsetzungshorizont	Ab 2020
Kurzbeschreibung	<p>Private Ladeinfrastruktur stellt einen der höchsten Einflussfaktoren für den Kauf eines E-PKW dar, da sie dem Nutzer Sicherheit über eine ständige Verfügbarkeit für mögliche Ladevorgänge gibt (vgl. Kapitel O). Durch Zuschüsse kann dies gefördert werden, was eine ähnliche Wirkung wie ein Zuschuss zum Kauf eines E-PKW hat.</p> <p>Da die Nutzung von Ökostrom für die Ökobilanz von E-Fahrzeugen äußerst relevant ist, empfiehlt sich eine Förderung dessen. Ein Bonus bei Nutzung von Eigenenergie wäre diesbezüglich denkbar.</p> <p>Anwohnern ohne Möglichkeit zum privaten Laden sollte die Chance gegeben werden, Standortwünsche zur Errichtung von Anwohner-LIS zu melden und mit den Wohneigentümer gemeinsam Anträge zu stellen.</p>		
Beteiligte Akteure	Stadt Stollberg		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Festlegung des konkreten Förderungsrahmens - Klärung der Finanzierung der Maßnahmenkosten - Kommunikation der Maßnahme nach außen 		

Tabelle 40: Maßnahmenbeschreibung Nr. 12

Maßnahme 12	Beschilderung für Ladeinfrastruktur		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> - Steigerung der Sichtbarkeit und Wahrnehmung der Elektromobilität durch umfängliche Beschilderung im Stadtgebiet. - Mit Schildern auf den Hauptstraßen der Stadt soll eine einfache und bessere Auffindbarkeit der Ladeinfrastruktur erfolgen. Als Nebeneffekt erfolgt eine Vertrauensbildung für die Existenz von LIS. - Es soll eine sichtbare, eingängige und einheitliche Ausschilderung der Ladestationen in der Region auf den Straßen und an der Ladestation selbst erfolgen (vgl. Kapitel O). 		
Beteiligte Akteure	Mitarbeiter der kommunalen Verwaltung, Energieversorger, Gewerbe (LIS Betreiber)		
Umsetzungshinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Ansprache von und Zusammenarbeit mit LIS Betreibern - Beschilderung von öffentlichen und halböffentliche Ladestationen - Aktualisierung der Beschilderung bei neuen Ladesäulen 		

Tabelle 41: Maßnahmenbeschreibung Nr. 13

Maßnahme 13	Elektrobusse im ÖPNV		
Priorität	niedrig	Umsetzungshorizont	Ab 2023
Kurzbeschreibung	<p>Busse weisen aufgrund des deutlich höheren Kraftstoffverbrauches als PKW, der Fahrprofile und deutlichen Komfortverbesserungen eine hohe Attraktivität und Eignung für Elektromobilität auf. Aufgrund von höheren Kosten als bei konventionellen Antrieben, ist eine flächendeckende Einführung ohne Förderprogramme nicht möglich (vgl. Kapitel 7). Es sollte dennoch im Kreis versucht werden, einen Testbetrieb und ggf. einen Bus mittelfristig einzusetzen. Damit können Infrastrukturen vorbereitet und Erfahrungen gesammelt werden. Der Kreis ist hinsichtlich dieser Aspekte zu sensibilisieren.</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Zuständige Verwaltungen, Behörden - Nahverkehrsanbieter - Öffentliche Institutionen 		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Einrichtung einer Projektgruppe - Erstellung eines Maßnahmenkatalogs mit zugehörigen Kosten unter Einbeziehung relevanter lokaler Akteure - Akquirieren von Fördergeldern - Beschaffung und Betrieb - Sammeln von Erfahrungen und Wirkungen 		

Tabelle 42: Maßnahmenbeschreibung Nr. 14

Maßnahme 14	Verbesserung und Ausbau der Radwegeinfrastruktur		
Priorität	hoch	Umsetzungshorizont	Ab 2020
Kurzbeschreibung	<p>Um die Nutzung des Fahrrades sowie Elektrorädern als tägliches Verkehrsmittel zu stärken und attraktiver zu gestalten, sind gut ausgebaute Radwege essenziell. Um die Sicherheit auf Radwegen zu erhöhen, sollten Radwegebreiten bei Neu- bzw. Ausbaumaßnahmen berücksichtigt werden. Zukünftig wird die Anzahl an Überholmanövern aufgrund höherer Geschwindigkeiten von Elektrofahrrädern steigen. Weiterhin spielt die Pflege und Wartung der Radwege, vor allem in der kalten Jahreszeit eine wichtige Rolle (vgl. Kapitel 5).</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg - Ggf. Erzgebirgskreis 		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Durchgängigkeit der Radwege in Stollberg und darüber hinaus entwickeln - Zielstellung: lückenloses Radwegenetz zwischen den Ortsteilen - Regelmäßige Inspektion und Reparaturen - Berücksichtigung neuer Anforderungen an Breite und Kurvenradien - Reinigung und Räumung der Wege im Herbst/ Winter 		

Tabelle 43: Maßnahmenbeschreibung Nr. 15

Maßnahme 15	Ausbau von Fahrradabstellanlagen		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2020/21
Kurzbeschreibung	<p>Das sichere und komfortable Abstellen von Fahrrädern in räumlicher Nähe zum Zielort ist eine Voraussetzung für die Verbesserung der Situation für den Radverkehr. Um dies in Stollberg zu steigern, sollen der Ausbau von Bike&Ride-Stellplätzen sowie der Ausbau von Sammelschließanlagen an verkehrsrelevanten Punkten fokussiert vorangetrieben werden. Gute Abstellanlagen animieren dazu, auch mit hochwertigen Rädern wie Elektrofahrrädern und (Elektro-)Lastenrädern zu möglichst vielen Zielen zu fahren.</p> <p>Dabei ist darauf zu achten, dass die Fahrräder vor Wetter, Diebstahl und Vandalismus geschützt und die Abstellanlagen gut zugänglich sind. Auch Abstellplätze mit vermehrtem Raumbedarf für Lastenräder oder Anhänger müssen zur Verfügung stehen. Weiterhin sollte auf die Verfügbarkeit von Ladestationen für Elektrofahrräder geachtet werden. Dabei ist der Diebstahlschutz für die Akkus während des Ladevorgangs äußerst wichtig (vgl. Kapitel 5).</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg - Ggf. Unternehmen (mittelständisch bis groß) 		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikation baulich geeigneter Standorte - Planung konkreter Standorte - Umsetzung/ Ausbau 		

12.3 Elektrofahrzeuge & Angebotserweiterung Umweltverbund

Die Maßnahmen haben das Ziel, neue Angebote für die Stadt Stollberg und deren Bürger zu schaffen. Es soll den Bürgern, im Sinne der Daseinsvorsorge und darüber hinaus, ein bedarfsgerechtes und attraktives Mobilitäts- und Versorgungsangebot bereitgestellt werden. Dies betrifft die Ergänzung des liniengebundenen ÖPNV durch flexiblere Bedarfsverkehre und adressiert den täglichen Bedarf für mobilitätseingeschränkte Personen sowie primär Bürger ohne eigenen PKW.

Folgende fünf Maßnahmen wurden für die Stadt Stollberg definiert:

- Beschaffung Elektro-PKW und -Fahrrädern für die Stadtverwaltung
- Lastenrad für die geteilte Nutzung für die Stadtverwaltung und Eigenbetriebe
- Bedarfsverkehr als Ergänzung des bestehenden ÖPNV-Angebotes
- Unterstützung des Einkaufsbusses Pilotprojekt autonomer Shuttlebus

Tabelle 44: Maßnahmenbeschreibung Nr. 16

Maßnahme 16	Beschaffung Elektro-PKW(s) und Elektrofahräder für die Stadtverwaltung		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<p>Die Stadt Stollberg kann in der Verwaltung selbst und in den Eigenbetrieben Elektrofahrzeuge einsetzen. Das Potential ist vorhanden (vgl. Kapitel 4). Im ersten Schritt sollte die Stadtverwaltung einen PKW durch ein Elektrofahrzeug ersetzen. Zudem sollten zwei Elektrofahräder beschafft werden.</p> <p>Nach den gesammelten Erfahrungen sollte die verstärkte Nutzung von CarSharing und ein Ausbau auf die kommunalen Gesellschaften anvisiert werden.</p> <p>Standorte wie der Kulturbahnhof sollten mittelfristig auch mit einem Elektrofahrrad ausgestattet werden, um Kurzstreckenfahrten mit dem PKW zu vermeiden.</p>		
Beteiligte Akteure	Kommunale Verwaltung		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Überprüfen von Beschaffungszyklen - Einholung von Angeboten - Umstellung der Fahrzeugverwaltung auf eine Softwarelösung - Einrichtung von Fahrradboxen und LIS - Beschaffung der Fahrzeuge/Elektrofahrräder - Einführung und Schulung der Mitarbeiter - Verbreitung/Vermarktung der Erfahrungen - Evaluierung - Übertrag der Erfahrungen 		

Tabelle 45: Maßnahmenbeschreibung Nr. 17

Maßnahme 17	Lastenrad für die geteilte Nutzung durch Bürger und Stadtverwaltung		
Priorität	niedrig	Umsetzungshorizont	Ab 2020
Kurzbeschreibung	<p>Die Stadt sollte ein Lastenrad testen. Der Test sollte die kommunalen Betriebe und Bürger der Stadt umfassen. Wege, die bisher mit Fahrzeugen absolviert wurden, sollen mit dem Lastenrad abgewickelt werden. Dies gilt insbesondere für kurze Strecken.</p> <p>Ggf. kann die Abwicklung auch durch ein Fahrradgeschäft erfolgen. Für Bürger ist ein kurzer Testzeitraum anzubieten, bei dem das grundlegende Interesse geprüft werden soll. Dazu ist der Kulturbahnhof als Standort sinnvoll.</p>		
Beteiligte Akteure	Kommunale Verwaltung		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikation von interessierten Mitarbeitern - Definition der Anforderungen - Miete für einen Zeitraum von einem Monat - Test intern (kommunale Betriebe) - Test Bürger - Evaluierung 		

Tabelle 46: Maßnahmenbeschreibung Nr. 18

Maßnahme 18	Bedarfsverkehr als Ergänzung des bestehenden ÖPNV-Angebotes		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019
Kurzbeschreibung	<p>Die Stadt Stollberg sollte in Randzeiten die Flexibilisierung der jetzigen Buslinien prüfen. Eine flexible Bedarfsmeldung und Erweiterungen der Haltestellen wären erste mögliche Maßnahmen. Zusätzlich sollte, sofern sich ein Konsortium findet, der Test eines On-Demand Angebotes erfolgen. Damit können sowohl Gebiete mit ungenügender Abdeckung durch den ÖPNV erschlossen, als auch die Mobilität der Bewohner erweitert werden (vgl. Kapitel 5).</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg - Infrastrukturanbieter - Verkehrsverbund Mittelsachsen - Erzgebirgskreis 		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisierung des Verkehrsverbundes Mittelsachsen - Gebietsauswahl, Anbietersauswahl, Einsatzzeit, usw. - Sicherung von Fördermitteln - Ausschreibung des Angebotes - Zielgruppenorientierte Marketingmaßnahmen - Umsetzung in einer Testphase - Evaluierung des Erfolgs 		

Tabelle 47: Maßnahmenbeschreibung Nr. 19

Maßnahme 19	Unterstützung des Einkaufsbusses		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2019/20
Kurzbeschreibung	<p>Aufgrund der lückenhaften Versorgungssituation in den Stollberger Ortsteilen, ist der Einkaufsbus des Unternehmens SIMMEL sinnvoll (vgl. Kapitel 5). Der Einkaufsbus sollte hinsichtlich der Genehmigung und der Bekanntheit unterstützt werden. Es sollte geprüft werden, ob sich mehrere Händler und Ärzte/Krankenkassen zusammenschließen können, um das Angebot zu verbreitern.</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg - Erzgebirgskreis - Unternehmen/ Dienstleister 		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung bei der Vermarktung - Ansprache weiterer Händler und Partner - Evaluierung des Erfolges und Austausch mit ÖPNV 		

Tabelle 48: Maßnahmenbeschreibung Nr. 20

Maßnahme 20	Pilotprojekt autonomer Shuttlebus		
Priorität	mittel	Umsetzungshorizont	Ab 2021
Kurzbeschreibung	<p>Gemeinsam mit einem geeigneten Unternehmen (z. B.: IAV) kann das Projekt für einen elektrisch betriebenen autonomen Shuttlebus initiiert werden. Durch die Erkenntnisse des Projektes können wichtige Erfahrungen gesammelt werden, zudem bietet es großes Potential für Forschung und Entwicklung im Bereich der Erweiterung des Mobilitätsangebotes im ländlichen Raum durch autonome Busse. Neben einem geeigneten Kooperationspartner, muss eine Teststrecke analysiert werden (vgl. Kapitel 5). Zudem sollte ein solches Projekt durch ständiges Monitoring und Evaluation begleitet werden.</p>		
Beteiligte Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Stadt Stollberg - Infrastrukturanbieter - Geeignetes Kooperationsunternehmen 		
Umsetzungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikation von Interessen bei potentiellen Kooperationsunternehmen - Identifikation der Rahmenbedingungen und geeigneter Teststrecken - Akquise Fördermittel und Einholen von Genehmigungen - Bereitstellung von Informationen für Bürger/Marketingmaßnahmen - Planung eines Testbetriebes und Umsetzung - Monitoring, Evaluierung des Projektes, ggf. Erweiterung 		

Literaturverzeichnis

- Absperrtechnik24.de (2018):** Fahrradüberdachungen. Unter: https://www.absperrtechnik24.de/Ueberdachungen/Fahrradueberdachungen/index.htm?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=telefon-tracking&gclid=EAlaIQobChMIjszHyamE4AIVVKWaChOWjQXvEAAYAiAAEgLYBPD_BwE (Abruf am 23.01.2019).
- ADAC (2018a):** Ökobilanz gängiger Antriebstechniken. Unter: <https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/studie-oekobilanz-PKW-antriebe-2018/> (Abruf am 29.11.2018).
- ADAC (2018b):** Autonomes Fahren: Digital entspannt in die Zukunft. Unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autonomes-fahren/autonomes-fahren-aktuelle-technik/> (Abruf am 29.11.2018).
- ADAC (2018c):** Autonomes Fahren: Die 5 Stufen zum selbstfahrenden Auto. Unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autonomes-fahren/autonomes-fahren-5-stufen/> (Abruf am 29.11.2018).
- Aichinger, W./Applehans, N./Gerlach, J./Gies, J./Hanke, S./Klein-Hitpaß, A./ Warnecke, T. (2015):** Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung – Kommunale Strategien und planerische Instrumente. Unter: http://www.starterset-elektromobilitaet.de/content/1-Bausteine/4-Kommunale_Flotte/elektromobilitaet_in_der_kommunalen_umsetzung.pdf (Abruf am 19.08.2018).
- Autobild.de:** Neue Plug-In-Hybrid- und Elektroautos bis 2025. Unter: <https://www.autobild.de/artikel/neue-plug-in-hybrid-und-elektroautos-bis-2024-5777435.html> (Abruf am 29.11.2018).
- Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) (2018):** Countdown für die autonomen Minibusse. Unter: <http://www.bvg.de/de/index.php?term=autonom§ion=search> (Abruf am 10.10.2018).
- Blümel, H./ Braun, A./Diefenbach, I./ Funk, G./ Hildebrandt, J./ Klein-Hitpass, A./ Kuhfuss, R./ Landau, M./ Lindlahr, R./ Pallasch, J./ Rausch, G./ Rid, W./ Schulte, U. (2014):** Öffentliche Ladeinfrastruktur für Städte, Kommunen und Versorger, Berlin.
- Bundesagentur für Arbeit (2017):** Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte Aus-/Einpender nach Gemeinden. Nürnberg. Stand: 30.06.2017.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (Hrsg.) (2018):** Modul 5: Lastenräder und Lastenanhänger mit Elektroantrieb für den fahrradgebundenen Lastenverkehr, Eschborn.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2014):** Vierte Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften der Fahrerlaubnis-Verordnung vom 22. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2432).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017):** iMONA, Eine Region verknüpft Personenverkehr und Nahversorgung zu zukunftsfähiger Mobilität.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2016): Klimaschutzplan 2050: Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin, Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2018): Wie umweltfreundlich sind Elektroautos? Eine ganzheitliche Bilanz. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2012): Nationaler Radverkehrsplan 2020: Den Radverkehr gemeinsam weiterentwickeln, Berlin.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) /NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH/ Dütschle, E./ Wietschel, M./ Globisch, J./ Schneider, U./ Schlosser, C./ Sevin, D./ Wilhelm, T. (2015): Elektromobilität in Haushalten und Flotten: Was beeinflusst die Kauf- und Nutzungsbereitschaft. Begleitforschung zu den Modellregionen Elektromobilität des BMVI – Ergebnisse des Themenfeldes Nutzerperspektive, Berlin.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2016): Projektübersicht 2015/16 Hybrid- und Elektrobus-Projekte in Deutschland. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2017): Bericht zum Stand der Umsetzung der Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-avf.pdf?__blob=publicationFile (Abruf am 29.11.2018).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2018). Förderrichtlinie Elektromobilität. Unter: <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=11466> (Abruf am 05.12.2018).

Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Unter: https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2016-08/nep_09_bmu_bf.pdf (Abruf am 06.08.2018).

clevershuttle.de (2018.): Pioniere gesucht: Unser Partnermodell. Unter: <http://plattform.clevershuttle.de/> (Abruf am 29.11.2018).

Daimler Buses (2017): Daimler Buses Strategie greift: Bester im Wettbewerb mit Umsatzrenditen von 6,2 Prozent. Unter: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/instance/ko.xhtml?oid=16024555&filename=Daimler-Buses-Strategie-greift-Bester-im-Wettbewerb-mit-Umsatzrendite-von-62-Prozent> (Abruf am 29.11.2018).

Deutsches Institut für Urbanistik (2014): Difu-Bericht 03/14- Barrierefreier ÖPNV bis 2022- Barrierefrei, aber pleite?. Unter: <https://difu.de/publikationen/difu-berichte-32014/barrierefreier-oepnv-bis-2022-barrierefrei-aber-pleite.html> (Abruf am 29.11.2018).

Door2door.de (2018): Multimodale Mobilitätsplattform für Städte und Gemeinden. Unter: <https://www.door2door.io/de/index.html> (Abruf am 29.11.2018).

Dornier Consulting International (2017): Autonomes Fahren. Erwartungen an die Mobilität der Zukunft. Unter: https://www.dornier-consulting.com/wp-content/uploads/2017/11/Autonomes-Fahren_Report_ger_final_web_112017.pdf (Abruf am 29.11.2018).

Eberhardt, Winfried; Kim, Pollermann; Patrick, Küpper (2018): Sicherung der Nahversorgung in ländlichen Räumen: Impulse für die Praxis. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

Eckstein, L./Form, T./Maurer, M./Schöneburg, R./Spiegelberg, G./Stiller, C. (2018): Automatisiertes Fahren. Unter: <https://www.trialog-publishers.de/media-online/automatisiertes-Fahren-VDI-Statusreport-Juli-2018.pdf> (Abruf am 20.10.2018).

emobilitaetonline.de (2017): Shenzhen setzt nur noch Elektrobusse im Linienbetrieb ein. Unter: <https://www.emobilitaetonline.de/news/wirtschaft/4281-shenzhen-setzt-nur-noch-elektrobusse-im-linienverkehr-ein> (Abruf am 29.11.2018).

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2009): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen – R2. Arbeitsgruppe Straßentwurf.

Esser, K./Kurte, J. (2018): Autonomes Fahren. Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungenanalyse. Köln, 2018.

europa.eu (2018): Kommission begrüßt endgültige Einigung auf neue Vorschriften zur Energieeffizienz von Gebäuden. Unter: https://ec.europa.eu/germany/news/20180417-kommission-begruesst-einigung-vorschriften-zur-energieeffizienz-von-gebaeuden_de (Abruf am 27.07.2018).

European Alternative Fuels Observatory (eafo) (2018): EV market share in 2018 YTD (Abruf am 01.08.2018).

European Cyclists' Federation Hrsg. (2011): Cycle more often 2 cool down the planet- quantifying CO2 savings of cycling. Unter: https://ecf.com/sites/ecf.com/files/ECF_CO2_WEB.pdf (Abruf am 29.11.2018).

Follmer, R./ Gruschwitz, D./ Jesske, B./Quandt, S./ Lenz, B./ Nobis, C./ Köhler, K./ Mehlin, M. (2008): Mobilität in Deutschland (MiD) (2008): Ergebnisbericht: Struktur-Aufkommen-Emissionen-Trends. Unter: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Abschlussbericht_I.pdf (Abruf am 29.11.2018).

Greenfinder.de (2018): E-Bikes und Pedeles. Unter: <https://www.greenfinder.de/> (Abruf am 30.11.2018).

Hunecke, M. (1996): Ökologische Verantwortung: Auslauf-Modell in einer Kosten-Nutzen-Welt. In: Zimmer, M. (Hrsg.): Von der Kunst umweltgerecht zu planen und zu handeln. Osnabrück: Internationale Erich-Fromm-Gesellschaft, 241-246.

Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung e. V. (IAW) (Hrsg.) (2011): e-mobil BW GmbH (Hrsg.): Neue Wege für Kommunen. Elektromobilität als Baustein zukunftsfähiger kommunaler Entwicklungen in Baden-Württemberg, Stuttgart, E&B Engelhardt und Bauer Druck und Verlag GmbH.

- Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (2017):** Zulassung von Fahrerlosen Fahrzeugen- Bericht zum Workshop, 06.11.2017. Unter https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2017/12/Bericht_Workshop_Zulassung_IKEM.pdf (Abruf am 29.11.2018).
- Joho, K. (2017):** „Poolfahrzeuge im Fuhrpark: Wann Carsharing eigene Dienstwagen überflüssig macht“. Unter: <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/dienstwagen/ratgeber/poolfahrzeuge-im-fuhrpark-carsharing-oeffentlich-versus-fuhrpark/19874850-2.html> (Abruf am 29.11.2018).
- Keuchel, S. (1995):** Individuelle Präferenzen und Verkehrsmittelwahlentscheidungen- eine empirische Untersuchung am Beispiel des Berufsverkehrs der Stadt Münster. In: Der Nahverkehr 1995, Vol. 13/5, 37-43.
- kfw.de (2018):** Gründen. Intelligenter Nahverkehr. Unter: <https://www.kfw.de/stories/wirtschaft/gruenden/unternehmensportraet-door2door-startup/> (Abruf am 29.11.2018).
- Koeller, S. (2018):** Brüssel kündigt Maßnahmen gegen Luftverschmutzung an. Unter: <https://www.electrive.net/2018/03/04/bruessel-kuendigt-massnahmen-gegen-luftverschmutzung-an/> (Abruf am 16.07.2018).
- Köllner, C. (2018):** Warum sich Städte auf autonome Autos vorbereiten müssen, 18.10.2018. Unter: <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/mobilitaetskonzepte/warum-sich-staedte-auf-autonome-autos-vorbereiten-muessen/16092226> (Abruf am 29.11.2018).
- Kopp, M. (2018):** Weltpremiere in Hamburg: Der erste Müllwagen ohne Abgase Unter: (Abruf am 06.08.2018).
- Kraftfahrt-Bundesamt (2018a):** Neuzulassungsbarometer im November 2018. Unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/MonatlicheNeuzulassungen/2018/201811_GV1monatlich/201811_nzbarometer/201811_n_barometer.html?nn=2117060 (Abruf am 20.12.2018).
- Kraftfahrt-Bundesamt (2018b):** Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden (FZ3), Stand: 01.01.2018.
- Kühne, O./Weber, F. (Hrsg.) (2018):** Bausteine der Energiewende, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Lienhop, M./ Thomas, D./ Brandies, A./ Kämper, C./ Jöhrens, J./ Helms, H. (2015):** Pedelec: Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr, Endbericht, Braunschweig, Heidelberg.
- Mauer, M.; Gerdes, J. C.; Lenz, B.; Winner, H. (2015):** Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin.
- moovel-on-demand.com (2018):** Mobilität in Städten flexibel & bedarfsorientiert gestalten. Unter: <https://www.moovel-on-demand.com/de> (Abruf am 29.11.2018).

NATURSTROM AG (2018): 16.000 Elektrobusse für Shenzhen. Unter: <https://www.energiezukunft.eu/mobilitaet/16000-elektrobusse-fuer-shenzhen-gn105158/> (Abruf am 29.11.2018).

Planungsgemeinschaft Verkehr Alrutz (PGV Alrutz) /Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (2015): Potentielle Einflüsse von Pedelecs auf die Verkehrssicherheit. Unter: e-doc.difu.de/edoc.php?id=91YJWGIS (Abruf am 12.12.2018).

Plecher, S. (2016): Der rollende Konsum. Sächsische.de 12.07.2016. Unter <https://www.sächsische.de/der-rollende-konsum-3440789.html> (Abruf am 29.11.2018).

Prognos (2018): Einführung von Automatisierungsfunktionen in der PKW-Flotte. Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit. Unter: https://www.adac.de/-/media/pdf/motorwelt/prognos_automatisierungsfunktionen.pdf?la=de-de&hash=D0B9F266EADAEAE34CFOC459F919F1EAD29A8B70 (Abruf am 29.11.2018).

R+V (2017): Investition in die Mobilität der Zukunft: R+V startet Forschungsprojekt zum autonomen Fahren auf dem Flughafen Frankfurt. Unter: <https://www.ruv.de/presse/pressemitteilungen/20171020-ruv-autonomes-fahren> (Abruf am 20.10.2018).

Rüth, C. (2015): Elektromobilität. Schnell-Ladetechnik für Elektrobusse. Unter: <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/mobilitaet-uns-antriebe/elektromobilitaet-schnell-ladetechnik-fuer-e-busse.html> (Abruf am 29.11.2018).

Salzburg Research (2016): Erster selbstfahrender Bus in Salzburg. Unter: <https://www.salzburg-research.at/presseaussendung/erster-selbstfahrender-bus-in-salzburg-autonomerminibus/> (Abruf am 10.10.2018).

Schaufenster Elektromobilität (2016): Elektrofahrzeuge im Alltag: Interessante Nutzungsszenarien; Pflegedienste. Unter: https://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/EP_25_Sinnvolle_Nutzerszenarien_Pflegedienst_Online.pdf (Abruf am 22.09.2018).

Schuster, M./Steinacher, I./Fasthuber, D./Juhász, A. (2018): Marktübersicht Elektrobusse. Auszug Marktübersicht Elektrobusse aus der Studie „Einsatzmöglichkeiten von E-Bussen im Linienverkehr“. Wien, Januar 2018.

Siemens AG (2018): Ladetechnik für eBusse. Unter: <https://www.siemens.com/global/de/home/produkte/mobilitaet/strassenverkehr/elektromobilitaet/ebus-ladeinfrastruktur.html> (Abruf am 29.11.2018).

SIMMEL AG Chemnitz (o. J.): „Lieferservice Sachsen/ Thüringen: Für Privatkunden, Schulen und Firmenkunden“. Unter: <https://www.simmel.de/service/lieferservice/sachsen-thueringen>. (Abruf am 29.11.2018).

Smuda Consulting (2018): Deutschland kauft Stadtbusse in Polen ein. Unter: <https://polenjournal.de/wirtschaft/unternehmen/1972-deutschland-kauft-stadtbusse-in-polen-ein> (Abruf am 16.07.2018).

Springer Professional (2018): Eine Million Elektrofahrzeuge erst 2022. Unter: <https://www.springerprofessional.de/elektrofahrzeuge/elektromobilitaet/eine-million-elektrofahrzeuge-erst-2022/15926786> (Abruf am 29.11.2018).

Starterset Elektromobilität (o. J.): Kommunale Flotte. Unter: http://www.starterset-elektromobilitaet.de/Bausteine/Kommunale_Flotte (Abruf am 29.11.2018).

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2018a): Tabellen, Arbeitsmarktreport, Nürnberg, Oktober 2018.

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2018b): „Arbeitsmarkt im Überblick - Berichtsmonat Oktober 2018 – Bund, Länder und Kreise“. Statistik der Bundesagentur für Arbeit. Unter: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Statistik-nach-Regionen/Politische-Gebietsstruktur-Nav.html>. (Abruf am 28.11.2018).

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017b): PKW Dichte Deutschland 2017. Online unter: https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Verkehr/PKW_Dichte.html [20.11.2018].

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2016): 6. Rationalisierte Bevölkerungsvorausrechnung für den Freistaat Sachsen 2015 bis 2030. Ausgewählte Ergebnisse für die Gemeinde Stollberg/Erzgeb., Stadt. Unter: https://www.statistik.sachsen.de/download/080_RegBevPrognose-PDF/PROG_Stollberg_Erzgeb_Stadt_14521590.pdf (Abruf am 28.11.2018).

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2017a): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Freistaat Sachsen nach Gemeinden. Stand 31.12.2017. Unter: https://www.statistik.sachsen.de/download/100_Berichte-A/A_VI_9_hj2_17_SN.pdf (Abruf am 28.11.2018).

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2017b): Monatserhebung im Tourismus Juni 2016. Tourismus: Einrichtungen, Betten, Auslastung, Ankünfte, Übernachtungen, Aufenthaltsdauer - Gemeinden (Gemeindestatistik, Stand 01.01.17). Unter: <https://www.statistik.sachsen.de/Gemeindetabelle/jsp/GMDAGS.jsp?Jahr=2017&Ags=14521590> (Abruf am 28.11.2018).

Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2018): Bevölkerung des Freistaates Sachsen. Unter: https://www.statistik.sachsen.de/download/010_GB-Bev/Bev_Z_Gemeinde_akt.pdf (Abruf am 28.11.2018).

Stuttgarter Straßenbahn AG (2018): SSB Flex- unser Add-On zu Bus und Bahn. Unter: <https://www.ssb-ag.de/kundeninformation/ssb-flex/> (Abruf am 29.11.2018).

Umweltbundesamt (Hrsg.) 2002: Bedeutung psychologischer und sozialer Einflussfaktoren für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung. Unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2173.pdf> (Abruf am 28.11.2018).

Umweltbundesamt (Hrsg.) / Wachotsch, U./ Kolodziej, A./ Specht, B./ Kohlmeyer, R./ Petrikowski, F. (2014): E-Rad macht mobil – Potentiale von Pedelecs und deren Umweltwirkung, Dessau-Roßlau.

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV) (2016): Elektromobilität im ÖPNV weiter fördern. Unter: <http://www.mobi-wissen.de/files/e-mobilitaet-im-oepnv-weiter-foerdern.pdf> (Abruf am 29.11.2018).

Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH (VHH) (2018): Elektromobilität. Unter: <https://vhh-bus.de/elektromobilitaet/> (Abruf am 29.11.2018).

Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) (2017): Die Zukunft der Mobilität in Mannheim. Autonomer Bus fährt im Rahmen des Neujahrempfangs der Stadt Mannheim rund um den Wasserturm. Unter: <https://www.vrn.de/verbund/presse/pressemeldungen/pm/003249/index.html> (Abruf am 20.10.2018).

Vogt, M./ Fels, K. (2017): Deutsches Dialog Institut GmbH (Hrsg.): Bedarfsorientierte Ladeinfrastruktur aus Kundensicht: Handlungsempfehlungen für den flächendeckenden Aufbau benutzerfreundlicher Ladeinfrastruktur, Frankfurt am Main.

Weiß, M. (2017): Die Volkswagen-Elektrostrategie. In Vortragsreihe: Erfahrungsaustausch sächsischer Fuhrparkmanager, Vortrag.

Willms, O. (2016): Vollelektrischer Antrieb im Gebrauchtfahrzeug. Unter: <https://www.eurotransport.de/test/orten-electric-trucks-vollelektrischer-antrieb-im-gebrauchtfahrzeug-8752693.html> (Abruf am 29.11.2018).

Zeit.de (2017): Autonomer Bus pendelt in Niederbayern. Unter: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-10/deutsche-bahn-autonomes-fahren-bus-oepnv-bad-birnbach> (20.10.2018).

Zengerling, C. (2017): *e-Quartier Hamburg Elektromobilität in urbanen Wohnquartieren*. Rechtsgutachten. Unter: https://www.hcu-hamburg.de/fileadmin/documents/Professoren_und_Mitarbeiter/Cathrin_Zengerling/Rechtsgutachten_e-Quartier_Hamburg_Langfassung.pdf (Abruf am 27.07.2018).

Zukunftsnetz Mobilität NRW (2017): *Kommunale Stellplatzsatzung - Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW*. Unter: https://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/sites/default/files/downloads/znm_nrw_stellplatzsatzung_handb_uch_rz_170809_web.pdf (Abruf am 11.07.2018).

Zweirad Industrie- Verband (2018a): Pressemitteilung: Zahlen- Daten- Fakten zum Deutschen E-Bike-Markt 2017. E-Bikes mit Rekordzuwachsen. Bad Soden, 13.03.2018. Unter: https://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PM_2018_13.03._E-Bike-Markt_2017.pdf (Abruf am 29.11.2018).

Zweirad- Industrie-Verband (2018b): Pressemitteilung: Zahlen- Daten- Fakten zum Deutschen Fahrradmarkt 2017. Umsätze der Branche im Jahr 2017 erneut gestiegen. Bad Soden, 13.03.2018. Unter: https://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PM_2018_13.03._Fahrradmarkt_und_E-Bike_Markt_2017.pdf (Abruf am 29.11.2018).

Personenbeförderungsgesetz (PBefG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 08.08.1990 (BGBl. I S. 1690), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 14 des Gesetzes vom 20.07.2018 (BGBl. I S. 2808).

Europäisches Parlament und Rat (20.12.2006): Richtlinie 2006/126/EG über den Führerschein (Neufassung), Amtsblatt der Europäischen Union, L 403/18.

Anhang

Tabelle 49: Best Practice Beispiele bestehender On-Demand-Modelle

Best-Practise-Beispiel	Bestellverfahren	Bezahlungssystem & Preismodell	Kommunikationsmöglichkeiten	Software	Einsatzzeiten	Einsatzgebiet	Fahrzeugtyp (Sitzanzahl)
MOIA Hannover*	- nur per App - das System schickt den Fahrenden zum nächsten virtuellen Haltepunkt	- In-App Bezahlung - durch den Dienstleister „Braintree“ von PayPal - während der Testphase nur 6 Cent pro km und pro Person	- Telefonnummer und E-Mail-Adresse sind im Playstore angegeben	- bereitgestellt vom Kutsuplus-Team, welches von MOIA übernommen wurde	Mo – Do = 5 – 24 Uhr Fr = 5 – 3 Uhr Sa = 10 – 3 Uhr	90 km ² großes Testgebiet	Erweiterung auf 35 Fahrzeuge, VW Multivan T6 (6) elektrisch
CleverShuttle Berlin (weitere Städte: Hamburg, München, Leipzig, Stuttgart)	- nur per App - Start und Zieleingabe per App mit direkter Abholung	- in-App per Kreditkarte, Paypal o. Lastschrift, bar beim Fahrer oder mit CleverShuttle-Guthaben - Festpreis, der mind. 40 % günstiger als Taxi ist (egal ob Mitfahrer oder nicht)	- Anruffunktion an den jeweiligen Fahrer in-App - E-Mail-Kontakt für Feedback	- eigene Software - CleverShuttle vermarktet die eigene Software auch an Interessierte	Mo - Do = 10 – 4 Uhr Fr & Sa = 10 - 6 Uhr So = 10 - 24 Uhr	Innenstadtnahe Bezirke	E-Auto, Wasserstofffahrzeug, Plug-In Hybride
Lümo Lübeck	- nur per App - Start und Zieleingabe per App mit direkter Abholung	- Preis eines Einzelfahrscheins (2,60€) + Komfortzuschlag (1€/km) - In-App Bezahlung per Kreditkarte	- E-Mail Kontakt für Feedback	CleverShuttle	Sa, So und an Feiertagen von 1 bis 5 Uhr nachts	Innenstadtnahe Wohnviertel (Testgebiet)	5 elektrische Fahrzeuge (3), (Nissan e-NV200, VW e-Golf)
SSB Flex Stuttgart powered by moovel	- nur per App - Der Fahrende wird zum nächstgelegenen Abholpunkt geleitet und zu einem Absetzpunkt (in der Nähe des Ziels) gebracht	- Preis abhängig von der Strecke und der Anzahl der Personen - Fahrt ab 2,20€ möglich - In-App Bezahlung	- Telefonischer Kundenservice	Moovel on-demand	Innenstadt Do bis Sa 21 Uhr bis 2 Uhr; Mo bis Mi 6 bis 21 Uhr und Do bis Sa von 6 bis 2 Uhr in Bad-Canstatt-Ost & Degerloch	Innenstadtnahe Wohnviertel, Rand- und Wohnviertel (Bad-Canstatt-Ost & Degerloch)	10 Fahrzeuge, Mercedes-Benz V-Klasse (5), Mercedes-Benz B-Klasse mit elektrischem Antrieb (3)
MyBus Duisburg	- nur per App - Eingabe von Start und Ziel anschließend werden mögliche Fahrten angezeigt	- in-App über Handyticket Deutschland - keine Übersicht der gekauften Tickets in der App - Tarif: VRR Fahrpreis	- Registrieren bei HandyTicket Deutschland - verfügbare Servicehotline	Door2Door	Fr & Sa = 19 – 4 Uhr So = 10 – 19 Uhr	Ausgewählter Innenstadtbereich	5 Fahrzeuge, Mercedes Vito Kleinbusse (5)
MVG IsarTiger**	- nur per App - App schickt den Fahrenden zum nächsten ÖPNV-Haltepunkt, Ausstieg an gewünschter Adresse	- In der Testphase kostenlos, danach Bezahlung per Kundenkonto: Preislich zwischen MVV-Tarif und Taxitarif (Modell einer Grundpauschale + Kilometerpreis)	- In der Testphase Begleitung durch Marktforschung	Door2Door	Sa 19 – 2 Uhr (Erweiterung auf Freitagabend geplant)	Testgebiet zwischen der Innenstadt und dem Münchner Westen	20 Fahrzeuge, VW Caddys mit Erdgasantrieb (6), VW e-Golfs (3) BMW i3 (3)

* es ist eine Bewerbung nötig, um die App einsehen zu können, da in Hannover zunächst nur ausgewählte Testnutzer zugelassen werden

** Bis zum Abschluss der Testphase (Herbst 2018) können nur IsarCard-Kunden auf die App zugreifen

Tabelle 50: Übersicht der Erfahrungsberichte von Nutzern und Fahrgästen aus dem Google Play Store. Quelle: Google Play Store, Darstellung durch Mobilitätswerk GmbH

Best-Practise-Beispiel	Software-anbieter	Bewertung im Google Play Store	Vorteile	Nachteile
MOIA Hannover*	MOIA	Keine verfügbare App	+ großes Nutzerpotential vor allem in den Abendstunden + pünktlicher und angenehmer Service + modern ausgestattete Fahrzeuge (VW T6 Multivan)	- Kreditkarte als einziges Zahlungsmittel - In Stoßzeiten teilweise kein verfügbarer Shuttle-Bus (20 Fahrzeuge insg.)
Clever Shuttle	Clever Shuttle	4,6/5	+ gutes Preis-Leistungs-Verhältnis + freundliche und pünktliche Fahrer + keine langen Wartezeiten + 10€ Startguthaben mittels zahlreicher Rabattcodes erhältlich	- in manchen Städten kleine Einzugsgebiete - Wunsch nach Liste an Auswahlmöglichkeiten, ob man den nächsten Fahrer oder bspw. den darauffolgenden Fahrer in 10 Minuten nutzen möchte
Lümo Lübeck	Clever Shuttle	3,1/5	+ verlässlicher Service + gutes Preis-Leistungs-Verhältnis	- Kreditkarte als einziges Zahlungsmittel - zu kleines Einsatzgebiet
SSB Flex Stuttgart	Moovel on-demand	4,2/5	+ komfortabler und moderne Fahrzeuge mit bspw. Sound-System (Mercedes V- und B-Klasse) + gutes Preis-Leistungs-Verhältnis und mögliche Ticketkombination mit bereits gültigen Fahrscheinen	- begrenztes Einsatzgebiet
myBus Duisburg**	Door2Door	3,1/5	+ guter Service + pünktliche und freundliche Fahrer	- zu kleiner Einsatzradius - komplizierte Anmeldung - Wunsch nach häufigeren Einsatzzeiten - Wunsch nach Reservierungsfunktion

*Aufgrund des geschlossenen Nutzerkreises von MOIA Hannover bietet der Betreiber eine App an, die nur für die Nutzer des Service zugänglich ist. Dabei achtet MOIA darauf, dass die Fahrgäste ihr direktes Feedback nur im MOIA Servicetest Forum teilen. Die oben genannten Vor- und Nachteile stammen daher aus zwei Artikeln (<https://patrick-heina.de/moia-in-hannover-shuttle-on-demand-service/>; <https://t3n.de/news/t3n-testet-moia-866527/> letzter Zugriff 12.06.2018)

**Da sich der On-demand Service der Münchner Verkehrsbetriebe (MVG IsarTiger) momentan in der Testphase für Abokunden befindet, ist noch keine öffentlich zugängliche App verfügbar. Deshalb wurde „myBus – mit der DVG flexibel in Duisburg ans Ziel“ hier als Vertreter der Door2Door Partner gewählt.

Tabelle 51: Annahmen der TCO-Berechnung

Grundannahmen	Elektro- fahrzeug (Szena- rio I)	Elektro- fahrzeug (Szena- rio II)	Konven- tionell (Diesel)	Leichtes Nutzfahr- zeug (Szena- rio I)	Leichtes Nutzfahr- zeug (Szena- rio II)	Leichtes Nutzfahr- zeug (Diesel)
Fahrzeugeigenschaften						
Antrieb	Elektro	Elektro	Diesel	Elektro	Elektro	Diesel
Größenklasse	mittel	mittel	mittel	Leichtes Nutzfahr- zeug	Leichtes Nutzfahr- zeug	Leichtes Nutzfahr- zeug
Verbrauch	16,1	16,1	5,5	17	17	7,45
Elektrische Reichweite	200	200		130	130	
Anschaffungsjahr	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Fahrzeugnutzung						
Haltezeit in Jahren	6	6	6	6	6	6
Art des Verkehrs Verkehrsver- hältnisse	normal	normal	normal	normal	normal	normal
Fahrzeugkosten						
Anschaffungskosten	34 105,00 €	34 105,00 €	20 000,00 €	78 569,75 €	78 569,75 €	40 000,00 €
Restwertberechnungsmethode	Restwert mittel	Restwert mittel	Restwert mittel	Restwert mittel	Restwert mittel	Restwert mittel
Restwert	7 503,10 €	7 503,10 €	4 400,00 €	17 285,35 €	17 285,35 €	9 690 €
Fixkosten						
KFZ-Steuer pro Jahr	€	- €	193,19 €	- €	- €	293,63 €
Versicherung Pro Jahr	836,00 €	836,00 €	836,00 €	1 000,00 €	1 000,00 €	1 000,00 €
Abgas- und Hauptuntersuchung p.a.	53,50 €	53,50 €	94,50 €	53,50 €	53,50 €	94,50 €
Wartung und Instandhaltung						
Werkstattkosten p.a.						
Reparaturkosten p.a.	178,20 €	178,20 €	364,80 €	192,00 €	192,00 €	384,00 €
Inspektionskosten p.a.	118,00 €	118,00 €	219,60 €	138,00 €	138,00 €	276,00 €
Schmierstoffe			60 €			60 €
Reifenkosten p.a.	212,40 €	212,40 €	238,80 €	250,00 €	250,00 €	250,00 €
Ladeinfrastruktur						
Ladeinfrastruktur	Wallbox bis 22 kW	Wallbox bis 22 kW		Wallbox bis 22 kW	Wallbox bis 22 kW	
Kosten Ladeinfrastruktur	3 528,00 €	3 528,00 €		3 528,00 €	3 528,00 €	
Instandhaltung Ladeinfrastruktur p.a.	70,56 €	70,56 €		70,56 €	70,56 €	
Rahmendaten						
Unternehmenssteuersatz	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Abschreibungszeitraum	6	6	6	6	6	6
Inflationsrate	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Strommix	Strom- mix Dt.	Strom- mix Dt.		Strom- mix Dt.	Strom- mix Dt.	
Kaufprämie	nein	nein		nein	nein	
Kraftstoffkostenentwicklung						
Dieselpreis			1,16 €			
Energiekostenentwicklung 2,0%						
Strompreis 2018	0,26 €	0,18 €				
Strompreisentwicklung 2016-2020	1,30%	1,30%				
Strompreisentwicklung 2020-2030	-0,28%	-0,28%				
Strompreisentwicklung 2030-2050	-0,58%	-0,58%				

Tabelle 52: Batterieelektrische Fahrzeuge in Großserienproduktion (Auswahl)

Fahrzeugklasse	Hersteller	Modell	Sitze	Reichweite (km) /Akkuladung.	V_{max} (km/h)	Kurzzeitspitzenleistung (kW (PS))	Beschleunigung auf 100 km/h (s)	Verbrauch je 100 km (kWh)	Ladestecker	Ladezeit Standard mit 2,3 kW (Stunden)	Ladezeit Drehstrom (Stunden)	Ladezeit (CHAdeMO/CCS) 80 % (Minuten)	(Nenn-) Kapazität Batterie (kWh)	jährliche Produktion (Stand)	Preis
Kleinst- und Kleinwagen	BMW	BMW i3	4	190 seit Sommer 2016 (Facelift mit 94Ah): 300 (NEFZ)	150	125 (170)	7,2	12,9	Typ 2, CCS	6-8	3 (11 kW, bezogen auf Facelift mit 94 Ah)	40 (50 kW CCS: DC, bezogen auf Facelift mit 94 Ah)	18,8 netto	25 500 (2016)	ab 36 150 €
				(21,6 brutto) / 28 netto (Facelift mit 94 Ah)											
Kleinst- und Kleinwagen	Renault	Renault ZOE Z.E. 40/R400	5	370 (NEFZ) (Fahrzeuge mit dem Antrieb Continental Q90)	135	66 (89,8)	?	14,6	Typ 2	25	1,5 (bei 43 kW; Fahrzeuge mit dem Antrieb Continental Q90)	-	41	?	ab 24 900 € (+ Batterie-miete), ab 32 900 € inkl. Batterie
				400 (NEFZ) (Fahrzeuge mit dem Antrieb R90)							2,7 (bei 22 kW; Fahrzeuge mit dem Antrieb R90)				

Kleinst- und Kleinwagen	Renault	Renault ZOE Z.E.	5	240 (NEFZ)	135-140	65 (88)	13,5	14,6	Typ 2	13,5	0,5 (bei 43 kW; Fahrzeuge mit dem Antrieb R200)	-	22	18 656 (Sales 2015 Worldwide)	ab 21 500 € (+ Batterie-miete)
											1 (bei 22 kW; Fahrzeuge mit dem Antrieb R240)				
											2 (bei 11 kW)				
Kleinst- und Kleinwagen	Smart	Smart Forfour Electric Drive	4	circa 155 (NEFZ)	130	60 (81)	12,7	13,1	Typ 2	6 (2,3 kW) (ICCB)	0,75 (22 kW)		17,6	?	ab 22 600 €
										3,5 (7,2 kW, AC einphasig) (Typ2)					
Fahrzeugklasse	Hersteller	Modell	Sitze	Reichweite (km) /Akkuladung.	V_{max} (km/h)	Kurzzeitpitzenleistung (kW (PS))	Beschleunigung auf 100 km/h (s)	Verbrauch je 100 km (kWh)	Ladestecker	Ladezeit Standard mit 2,3 kW (Stunden)	Ladezeit Drehstrom (Stunden)	Ladezeit (CHAdeMO/CCS) 80 % (Minuten)	(Nenn-) Kapazität Batterie (kWh)	jährliche Produktion (Stand)	Preis
Kleinst- und Kleinwagen	Volkswagen	VW e-up!	4	160 (NEFZ)	130	60 (82)	12,4	11,7	Typ 2, CCS	7 mit 2,3 kW (ICCB)	-	30 (CCS-optional)	18,7	11 000 (2014)	ab 26 900 €
										4 mit 3,7 kW (Typ2)					

Kompakt-klass-e	Che-vro-let / Opel	Chevrolet Bolt EV / Opel Am-pera-e	5	circa 520 (NEFZ)	145	150 (204)	7,3	13,6	Typ 2, CCS	circa 8,3 (7,2 kW Typ 2, AC ein-phasig)		circa 84 (50 kW CCS: D C)	60	?	ab 39 330 €
Kompakt-klass-e	Hyn-dai	Hyundai Ioniq electric	5	280 (NEFZ)	165	88 (120)	9,9	13,1	Typ 2, CCS	4,5 (6,6 kW)	-	30 (50 kW CCS: D C) /	28	?	ab 33 300 €
												23 (100 kW CCS: D C)			
Kompakt-klass-e	Kia	Kia Soul EV	5	250 (NEFZ)	145	81,4 (110)	11,7	14,3	Typ1, CHAd eMO	20	6	33	30	?	ab 29 490 €
Kompakt-klass-e	Nissa-n	Nissan Leaf 24 kWh	5	199 (NEFZ)	144	80 (109)	11,5	15	Typ 1, CHAd eMO	5 (4,6 kW)	-	30 (CHAd eMO)	24	51 882 (2016)	ab 23 365 € (+ Bat-terie-miete) ab 29 265 € inkl. Batterie
										7 (3,7 kW)					
										10 (2,3 kW)					
Kompakt-klass-e	Nissa-n	Nissan Leaf 30 kWh		250 (NEFZ)					Typ 1, CHAd eMO	7 (4,6 kW)	-	30 (CHAd eMO)	30		ab 28 485 € (+ Bat-terie-miete) ab 34 385

Fahrzeugklasse	Hersteller	Modell	Sitz e	Reichweite (km) /Akkula- dung.	V _{max} (km /h)	Kurz- zeitspit- zen-leis- tung (kW (PS))	Beschleuni- gung auf 100 km/h (s)	Ver- brauch je 100 k m (kWh)	Lade- stecker	9	Ladezeit Dreh- strom (Stun- den)	Lade- zeit (CHAd eMO/ CCS) 80 % (Minu- ten)	(Nenn -) Ka- pazi- tät Batte- rie (kWh)	jährli- che Pro- duktion (Stand)	€ inkl. Batterie				
										(3,7 kW)					-	40 (CHAd eMO)	40	erhält- lich ab 2018	ab 31 950 €
										13 (2,3 kW)									
Kompakt- klasse	Nissan	Nissan Leaf 40 kWh	5	378 (NEFZ)	144	110 (150)	7,9	19,4/2 0,6 (WLTP)	Typ 1, CHAd eMO	8 (6 kW)	-	40 (CHAd eMO)	40	erhält- lich ab 2018	ab 31 950 €				
Kompakt- klasse	Volks- wa- gen	VW e-Golf	5	300 (NEFZ)	150	100 (136)	9,6	12,7	Typ 2, CCS	10 (ICCB 2,3 kW); < 6 (Typ2 7,2 kW)	-	45 (40 kW CCS: DC)	35,8	14.000 (2015)	ab 35 900 €				
Mit- tel- klasse	BYD	BYD e5 300 EV	5	305: (360 bei mittl. Geschw. v. 60 km/h)	130	160,3 (218)							48	15 639 (2016)	k.A.				
Mit- tel- klasse	Tesla	Tesla Mo- del 3 Standard	5	444 (NEFZ)	205		5,6					30	50[4 4]	500 00 0 (ge- plant 2018)					
Ober- klasse	Tesla	Tesla Mo- del S 75	5(+ 2)	401 (NEFZ)	225	235 (320)	5,5						75	50 944 (2016)	k.A.				
Ober- klasse	Tesla	Tesla Mo- del S 75D	5(+ 2)	417 (NEFZ)	225	244 (332)	5,2		Typ 2, Su- perch arger				75		ab 69 019 €				

Oberklasse	Tesla	Tesla Model S 100D	5(+2)	632 (NEFZ)	250		4,4		Typ 2, Supercharger				100		ab 105 320 €
Oberklasse	Tesla	Tesla Model S P100D	5(+2)	613 (NEFZ)	250	567 (760)	2,5		Typ 2, Supercharger				100		ab 144 670 €
Crossover	BYD	BYD e6	5	400	140	75 (101);	8,0 (160 kW)	18	Typ 2			15 (100 kW)	80	20 605 (2016)	ab 59 500 €
						75+40 (101+54);									
						160 (215);									
						160+40 (215+54)									
Crossover	Tesla	Tesla Model X 75D	5(+2)	417 (NEFZ)	210	245	6,2		Typ 2, Supercharger	19,8	3,8	41 (Supercharger 120 kW)	70		ab 91 250 €
						-334					(22 kW)				
Crossover	Tesla	Tesla Model X 100D	5(+2)	565 (NEFZ)	250		5		Typ 2, Supercharger				100	25 299 (2016)	ab 110 800 €
Crossover	Tesla	Tesla Model X P100D	5(+2)	542 (NEFZ)	250		3,1		Typ 2, Supercharger				100		ab 156 100 €

Fahrzeugklasse	Hersteller	Modell	Sitze	Reichweite (km) /Akkuladung.	V_{max} (km/h)	Kurzzeitpitzenleistung (kW (PS))	Beschleunigung auf 100 km/h (s)	Verbrauch je 100 km (kWh)	Ladestecker	Ladezeit Standard mit 2,3 kW (Stunden)	Ladezeit Drehstrom (Stunden)	Ladezeit (CHAdeMO/CCS) 80 % (Minuten)	(Nenn-) Kapazität Batterie (kWh)	jährliche Produktion (Standard)	Preis
Van	Nissan	Nissan e-NV200 Evalia	7	170 (NEFZ)	123	80 (109)	12,5	16,5		3,5 (6,6 kW)	-	30 (CHAdeMO)	24	?	ab 31 289 € (+ Batteriemiete) ab 37 185 € inkl. Batterie
										7 (3,3 kW)					
										10 (2,3 kW)					
Transporter	Nissan	Nissan e-NV200	2	163 (NEFZ)	123	80 (109)	14	16,5	Typ1, CHAdeMO	4 (6,6 kW)	-	30 (CHAdeMO)	24	?	ab 24 219 € (+ Batteriemiete) ab 30 119 € inkl. Batterie
										8 (16 A)					
Van	Renault	Renault Kangoo Z.E 33	2 (5)	270 (NEFZ)	130	44 (60)	20,3 / 22,4	15,5	Typ 2	6 (7 kW Typ 2, AC einphasig)	-	-	33	?	ab 23 800 € (+ Batteriemiete)
Kleintransporter	Citroën	Citroën Berlingo Electrique	2	120 (NEFZ)	110	42 (57)		21	Typ 1	6 – 7 Stunden (230 V / 16 A), 5 Stunden auf 80%			23,5		24 633 € zzgl. Batteriemiete

