

Tübingen e-mobil

Konzept zur Förderung der E-Mobilität und Integration in das kommunale Klimaschutzkonzept und in die Stadtplanung Tübingens unter Beachtung von Bedarfen, Stromnetzinfrastuktur und kommunalen Handlungsfeldern

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



Tübingen e-mobil

Konzept zur Förderung der E-Mobilität und Integration in das kommunale Klimaschutzkonzept und in die Stadtplanung Tübingens unter Beachtung von Bedarfen, Stromnetzinfrastuktur und kommunalen Handlungsfeldern

Auftraggeberin:

Universitätsstadt Tübingen

Am Markt 1

72070 Tübingen

Erstellung:

Stadtwerke Tübingen GmbH

Eisenhutstraße 6

72072 Tübingen

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1. Einleitung.....	1
1.1 Ziel und Aufbau des E-Mobilitätskonzept.....	1
2. Grundlagen Elektromobilität.....	3
2.1 Akteure der Elektromobilität.....	3
2.2 Marktübersicht E-Fahrzeuge.....	6
2.2.1 E-Autos.....	6
2.2.2 Kfz mit Brennstoffzelle.....	10
2.2.3 Leichtelektromobile.....	15
2.2.4 E-Busse.....	15
2.2.5 E-Kleinbusse/E-Kastenwagen/E-Transporter/kleine E-Nutzfahrzeuge.....	22
2.2.6 E-Lastenroller.....	24
2.2.7 E-Lastenräder/E-Transporträder/E-Cargo Bikes.....	24
2.2.8 E-Motorroller/ E-Scooter.....	25
2.2.9 Pedelecs, S-Pedelecs und E-Bikes.....	27
2.2.10 E-Tretroller/ Elektrokleinstfahrzeuge.....	29
2.2.11 Förderung von E-Scootern, E-Pedelecs und E-Tretrollern in Tübingen.....	30
2.3 Ladetechnologien.....	32
2.3.1 AC-Laden.....	33
2.3.2 DC-Laden.....	34
2.3.3 Induktives Laden und Batteriewechsel.....	35
2.4 Ladestationen.....	35
3. Rechtlicher Rahmen.....	37
3.1 Förderung.....	38
3.2 Baurechtliche Voraussetzungen.....	40
3.2.1 Öffentliche Ladeinfrastruktur.....	41
3.2.2 Halböffentliche Ladeinfrastruktur.....	43
3.2.3 Private Ladeinfrastruktur.....	43
4. Ist- und Sollsituation LIS in Tübingen.....	47
4.1 Öffentliche Ladeinfrastruktur.....	48
4.2 Tarifgestaltung öffentliche LIS.....	54

4.3	Halböffentliche Ladeinfrastruktur	57
4.4	Private Ladeinfrastruktur	60
4.5	Übersicht Lademöglichkeiten Tübingen	63
4.6	Markierung, Beschilderung und Zugang	64
4.6.1	Beschilderung nach Straßenverkehrsordnung (StVO).....	65
4.6.2	Vor- und Nachteile der Positiv – und Negativ-Beschilderung	66
4.6.3	Positiv-Beschilderung im öffentlichen Raum	67
5.	Geschlossene Benutzergruppen.....	68
5.1	Öffentlicher Personen Nahverkehr	69
5.2	Car-Sharing, teilAuto und E-Scooter-Sharing (Coup)	73
5.3	Taxiunternehmen.....	83
5.4	Ambulante Pflegedienste/Sozialstationen.....	84
5.5	Lieferdienste Speisen und Lebensmittel/Food-Delivery.....	84
5.6	Fahrschulen.....	84
5.7	Rettungsdienste, Feuerwehr, Polizei, Hilfsorganisationen	85
5.8	Fuhrpark der Stadtverwaltung Tübingen und der Tochterunternehmen	85
5.8.1	Stadtwerke Tübingen (swt)	88
5.8.2	GWG - Gesellschaft für Wohnungs- und Gewerbebau Tübingen mbH.....	89
6.	Betriebliches Mobilitätsmanagement.....	92
7.	Bauen, Wohnen und Mobilitätsstationen.....	98
7.1	Wohngebäude.....	98
7.1.1	Vorgelagerte Infrastruktur	100
7.1.2	Lastmanagement.....	100
7.2	Quartiere/ Quartiersentwicklung	104
7.3	Mobilitätsstationen.....	109
8.	Stakeholder Elektromobilität	113
8.1	Auftaktveranstaltung zur Erstellung des Elektromobilitätskonzepts	113
8.2	Online-Befragung der Stakeholder	113
8.3	Aufbau und Ablauf der Befragung	115
8.4	Ergebnisse der Umfrage.....	116
8.5	Diskussion	121
9.	Klimaschutz und CO ₂ -Bilanz	122
9.1	CO ₂ -Bilanz Tübingen.....	125
10.	Herausforderungen des Stromnetzes	127
10.1	Herausforderungen für das bestehende Stromnetz.....	127

10.2	Methodik der Studie	130
10.3	Anwendung und Umsetzung des Modells	131
10.4	Lösungsansätze und Handlungsempfehlung	134
10.5	Fazit Verteilnetz	139
11.	Zusammenfassung.....	141

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Akteure der Elektromobilität	3
Abbildung 2 Topographie entlang des Tübinger Liniennetzes	19
Abbildung 3 Durchschnittliche Reichweite der getesteten Elektrobusse im Vergleich zur täglichen Kilometerleistung	19
Abbildung 4 Anwendungsfälle für Ladeinfrastruktur	33
Abbildung 5 Aktuell meist verbreitete Ladestecker-Typen (2018)	34
Abbildung 6 Definition der Aufstellorte von Ladeinfrastruktur an öffentlichen, halböffentlichen und privaten Aufstellorten (eigene Darstellung nach Verband der Automobilindustrie. O.J.)	40
Abbildung 7 Nutzung von Ladeinfrastruktur	60
Abbildung 8 Ladesäulen in Tübingen; grau = 22 kW, blau = 44 kW, orange = 50 kW, rot = 100 kW	63
Abbildung 9 Ladesäule Egeria/Alte Weberei mit Markierung und Positiv-Beschilderung	64
Abbildung 10 Sinnbild Elektrofahrzeug nach StVO	65
Abbildung 11 Zusatzzeichen nach 1024-20, StVO	65
Abbildung 12 Negativ- (links) und Positiv-Beschilderung (rechts); Abb. geändert nach starterset-elektromobilität.de	66
Abbildung 13 Konfigurationen Goupil G4)	87
Abbildung 14 Aktuell typische Werte beim Laden von Elektrofahrzeugen	99
Abbildung 15 Realisierbarkeit von LIS in Quartieren	104
Abbildung 16 Erfahrung mit E-Fahrzeugen	116
Abbildung 17 Aktueller Besitz von Elektrofahrzeugen im Fuhrpark	117
Abbildung 18 Bereitschaft der Unternehmen Kunden LIS bereitzustellen	118
Abbildung 19 Bereitschaft der Unternehmen Kunden LIS bereitzustellen	119
Abbildung 20 Investitionsbereitschaft in LIS pro Kategorie	119
Abbildung 21 Strommix swt und Strommix Deutschland	123
Abbildung 22 Lastgang eines Vierpersonenhaushalts mit Elektrofahrzeug	128
Abbildung 23 Übersicht des Stadtgebiets in den drei Szenarien	133
Abbildung 24 Lademanagement an realem Lastgang	135
Abbildung 25 Spitzenlastmanagement mit Speicher an realem Lastgang	137

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Marktübersicht Elektrofahrzeuge Stand 2018	8
Tabelle 2 Übersicht aktuell verfügbare E-Roller, Stand Dezember 2018.....	26
Tabelle 3 regular charging	32
Tabelle 4 fast-charging und ultra-fast charging	32
Tabelle 5 Übersicht aktuell in Tübingen zugelassener Pkw und Zweiräder (Stand: 08/2019)	47
Tabelle 6 Ladetarife swt (Stand: 08/ 2019)	54
Tabelle 7 Übersicht Bestand Fuhrpark TüBus, Stand Januar 2019	69
Tabelle 8 Tarifierung in Abhängigkeit der Fahrzeuggröße und Beispielmodelle der teilAuto in Abhängigkeit des Tarifs	73
Tabelle 9 Standorte teilAuto-Fahrzeuge im Stadtzentrum Tübingen (Stand 08/2019).....	74
Tabelle 10 Bestandsaufnahme Fuhrpark Stadtverwaltung Tübingen.....	86
Tabelle 11 Übersicht Fuhrpark swt nach Größenklassen und Antriebsart	88
Tabelle 12 Bestand Fuhrpark GWG	89
Tabelle 13 Datengrundlage CO ₂ Bilanz nach ifeu.....	125
Tabelle 14 CO ₂ Emissionen je Szenario	126
Tabelle 15 Zusätzlich benötigte Energiemenge in Deutschland und Tübingen	130

Abkürzungsverzeichnis

AC	Wechselstrom
BEV	Battery Electric Vehicle (Batterie elektrisches Fahrzeug)
BMM	Betriebliches Mobilitätsmanagement
BW	Baden-Württemberg
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CPO	Charge Point Operator (Ladestationsbetreiber)
Ct	Cent
d	Day/Tag
DC	Gleichstrom
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EMP	Emobility Service Provider (Anbieter von Ladeservices)
EVU	Elektrizitätsversorgungsunternehmen
h	Stunde/n
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde/n
LIB	Lithium-Ionen-Batterie
LIS	Ladeinfrastruktur (Wallbox oder Ladesäule)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NPV	Kapitalwert, Net Present Value
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Plug-in-Hybrid-Fahrzeug)
Pkw	Personenkraftwagen
REEV	Range Extender Electric Vehicle (Hybrid mit Reichweitenverlängerung)
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
swt	Stadtwerke Tübingen GmbH
t/a	Tonnen pro Jahr
WEG	Wohnungseigentümergeinschaft
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicles Test

NS	Niederspannung
MS	Mittelspannung
TAB	Technische Anschlussbedingungen

1. Einleitung

Bezugnehmend auf die Fortführung der 2007 von der Stadtverwaltung gestarteten Tübinger Klimaschutzoffensive (= kommunales Klimaschutzprogramm) haben die Stadtwerke Tübingen, im Auftrag der Stadtverwaltung, für das Themenumfeld „Mobilität“ begonnen, ein Elektromobilitätskonzept für Tübingen mit dem Fokus auf netzdienliche Ladeinfrastruktur, Standardisierung sowie den Ausbau des Informations- und Beratungsangebot aufzustellen. Die Konzepterstellung wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert (FKZ 03EMK268). Ziel ist es somit, einen strukturierten Ausbau der Ladeinfrastruktur für Pkw innerhalb des Stromnetzes zu ermöglichen und kommunal- nahe Handlungsfelder für eine stadtverträgliche Integration der E-Mobilität zu ermitteln.

1.1 Ziel und Aufbau des E-Mobilitätskonzept

Aufgrund der Zielsetzung der Bundesregierung, von sechs Millionen Elektrofahrzeugen bis 2030 inkl. der notwendigen Ladeinfrastruktur, ist es für jede Kommune notwendig eigene Ziele daraus abzuleiten, um gemeinsam dieses Ziel zu erreichen. Die derzeitigen Zulassungszahlen lassen allerdings darauf schließen, dass es schwierig wird. Jedoch will die Universitätsstadt Tübingen ihren Beitrag zur Zielerreichung leisten und dafür möglichst gute Rahmenbedingungen schaffen, die Dritte motiviert und die Mitwirkung ermöglicht. Dazu soll ein Konzept entwickelt werden, das die Elektromobilität in das energie- und klimapolitische Leitbild einbindet und positiv zur Stadtqualität beiträgt. Das Elektromobilitätskonzept Tübingen soll folgende Teilaspekte behandeln und dafür Lösungsansätze benennen:

- Standortanalyse unter Beachtung der mittelfristig erwartbaren Bedarfe, der Stromnetzinfrastuktur sowie von Wohn- und Quartierskonzepten für Ladeinfrastruktur (insb. öffentlicher Raum, größere Verwaltungsstandorte, größere Arbeitgeber und Wohnungswirtschaft).
- Standardisierung von Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge (Zwei- und Vierräder) mit dem Ziel eines möglichst diskriminierungsfreien Zugangs für einen möglichst großen Nutzerkreis.
- Marktübersicht E-Fahrzeuge und Anwendungsbereiche.

- Intelligentes Last- und Speichermanagement für E-Ladestationen unter Beachtung der Aspekte Ökonomie, Ökologie und Versorgungssicherheit.
- Ermittlung von Klimaschutzbeiträgen (inkl. Optimierungspfad in Bezug auf den Klimaschutz).
- Festlegung kommunaler Handlungsfelder und –möglichkeiten (Maßnahmenkatalog inkl. konkretes Umsetzungsprogramm für erste Maßnahmen).
- Planungshinweise für den Aufbau von E-Ladeinfrastruktur und E-Flotten.

2. Grundlagen Elektromobilität

Um das Elektromobilitätskonzept für die Stadt aufzustellen, soll zunächst ein Überblick über das Themenfeld und die benötigten Grundlagen geschaffen werden. Hierbei stellt sich die Frage in welchem Umfeld sich die Elektromobilität aktuell bewegt und wer in diesem Kontext die bedeutendsten Marktakteure sind.

Ein Fokus soll dabei auf batterieelektrische Fahrzeuge aller Art gerichtet werden. Hierfür wird nachfolgend eine umfassende Marktübersicht mit dem aktuellen Stand der Fahrzeugtechnik, sowie den Einsatzgebieten und den Fahrzeugklassen, in denen Elektroantriebe eingesetzt werden können, geboten. Diese reichen von 2-rädrigen Rollern über Pkws bis hin zu elektrifizierten Omnibussen für den Einsatz im öffentlichen Nahverkehr. Für eine Vielzahl von batterieelektrischen Fahrzeugen – insbesondere Pkw und Nutzfahrzeuge - bedarf es speziell dafür vorgesehene Ladeinfrastrukturlösungen, sodass ebenfalls eine Übersicht über die unterschiedlichen Ladetechnologien geschaffen wird. Abschließend werden der rechtliche Rahmen bezüglich des Baurechts, sowie mögliche Förderstrukturen aufgezeigt.

2.1 Akteure der Elektromobilität

Um die Elektromobilität erfolgreich im Mobilitätssektor etablieren zu können, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den in Abbildung 1 abgebildeten und maßgeblich am Einführungsprozess beteiligten Marktakteuren notwendig. So sind es vor allem die Bereiche Fahrzeugindustrie, Politik, Energiewirtschaft und Dienstleister die im Kontext der Elektromobilität betroffen sind.

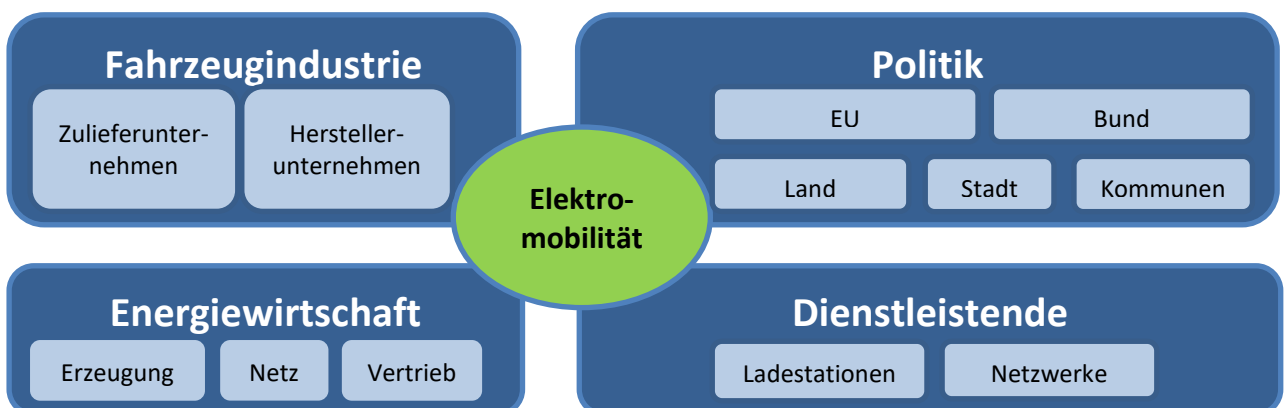


Abbildung 1 Akteure der Elektromobilität

Die Fahrzeugindustrie, der die Herstellung der Fahrzeuge obliegt, wird zukünftig an erster Stelle zur Ansprechstation für interessierte Kundschaft in Bezug auf Rückfragen rund um das Thema Elektrofahrzeuge sein. Durch die neue Technologie und die damit verbundene Neuausrichtung der Wertschöpfungskette verändern sich hier Prozesse, sowie Material-, Entwicklungs- und Produktionsumfänge erheblich. Zunehmend ist in der Produktion von Elektrofahrzeugen eine Abhängigkeit der Fahrzeugindustrie sowie der Nutzfahrzeugproduzenten, von Batterieherstellungsunternehmen, sowie ein Wettbewerb bezüglich des Angebots der Schnell-Ladeinfrastruktur festzustellen. Um dem entgegen zu wirken, sind die Automobilproduzenten bestrebt, möglichst alles aus einer Hand anzubieten. Deshalb wurde in ersten Schritten Ende 2017 ein Joint Venture aller namhaften deutschen Automobilproduktionsunternehmen gegründet, um ein Netz öffentlich zugänglicher 350-kW-High-Power-Charging-(HPC-)Ladestationen für E-Fahrzeuge entlang der europäischen Hauptverkehrsachsen aufzubauen und zu betreiben. Ziel ist es, E-Fahrzeuge langstreckentauglich anbieten zu können.

Eine weitere bedeutende Rolle in diesem Prozess ist der Politik zuzuschreiben, denn aktuelle politische Entscheidungen liefern den rechtlichen und regulatorischen Rahmen und haben eine Schlüsselrolle dabei die E-Mobilität flächendeckend einzuführen. Dies erfolgt in Deutschland auf Bundes- und Landesebene, um dann in den Städten, Kommunen und Gemeinden final umgesetzt zu werden. Hierbei wird, gemeinsam mit den Automobilunternehmen, Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet, um dem neuen Markt einen Rahmen zu bieten. Grundlage für eine flächendeckende Verbreitung von Elektromobilität in Deutschland bilden einheitliche Standards im Hinblick auf Ladeinfrastrukturlösungen, sowie Buchungs- und Abrechnungsplattformen, angepasste regulatorische Leitlinien sowie ein klar abgegrenzter rechtlicher Rahmen. Gezielte Anreizprogramme, Förderinitiativen und Prämienmodelle dienen dabei als Instrumente und sollen helfen, das Marktwachstum von Elektromobilität im deutschen Mobilitätssektor zu fördern.

Es ist aktuell zu beobachten, dass verstärkt Unternehmen aus der Energiewirtschaft in den Markt eintreten. Diese sind in erster Linie für die Strombelieferung und die Anbindung an das Stromnetz zuständig. Auch hier bilden sich wiederum neue Kooperationen zwischen führenden Automobilunternehmen, Energieunternehmen und Energiedienstleistern im Großen wie auch in kleinem Maßstab. Somit kann zunehmend eine Annäherung zwischen der Fahrzeugindustrie der Energiewirtschaft festgestellt werden, aus deren Tätigkeitsfeldern sich immer häufiger Parallelitäten

aber auch Schnittpunkte ergeben, wodurch eine zunehmende Zusammenarbeit dieser zwei Branchen zukünftig wünschenswert ist. Für beide Branchen bietet sich somit die Möglichkeit neue Märkte und Geschäftsfelder zu erschließen. Gleichzeitig ergeben sich daraus auch neue Herausforderungen.

Ein neuer Markt bietet zugleich auch Chancen für neue dienstleistende Unternehmen oder gar neue Produktionsfirmen, die an dieser Stelle die Möglichkeit haben, in den Markt einzutreten. Vor allem im Bereich der Ladeinfrastruktur (Hardware und Software) ist in den letzten Jahren viel geschehen. Eine Vielzahl von Startups und Unternehmen bieten Ladestationen, Abrechnungssysteme und Ladeverbünde an, um den Kunden den Zugang zu „Fahrstrom“ zu gewährleisten. Problematisch ist aktuell, dass es für die Ladestationen noch kein einheitliches System bzw. keine einheitlichen Softwarelösungen gibt. Daher befinden sich die anbietenden Unternehmen derlei Dienstleistungen mit Ihren spezifischen Ladelösungen derzeit in einem kompetitiven Wettbewerb und jedes der Unternehmen versucht sein eigenes System am Markt zu platzieren. Mangelnde einheitliche und gesetzlich vorgeschriebene Standards erschweren dadurch die Durchdringung der Elektromobilität. Folglich ist nicht klar, wie sich der Markt entwickeln und welche Akteure welche Rolle einnehmen, da gerade noch viel gefördert, investiert und getestet wird. Durch die Normung der Ladestecker (Typ 2, CCS und CHAdeMO) sowie der Standardprotokolle (OCCP), soll diesen Problemen entgegengewirkt werden. Dennoch zeigen erste Erkenntnisse, dass um die Akzeptanz von Elektromobilität bei den Endkunden weiter zu erhöhen, der Zugang zur Ladeinfrastruktur noch einfacher und benutzerfreundlicher gestaltet werden muss.

2.2 Marktübersicht E-Fahrzeuge

Da sich der Individualverkehr immer mehr verändert und gleichzeitig immer mehr Menschen in urbanen Ballungsgebieten leben, müssen nicht nur Pkws im Personen-Individualverkehr elektrifiziert werden. Auch andere, teilweise neue Arten von Fahrzeugen, wie beispielsweise das Leichtelektromobil oder elektrifizierte Zweiräder, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Um vor allem in Städten die Belastung durch den Verkehr konventioneller Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zu verringern, ist auch die Elektrifizierung des ÖPNV und der Belieferungsfahrzeuge in den Städten notwendig. Abgesehen von einer zunehmenden Elektrifizierung von Fortbewegungsmitteln im Allgemeinen, ist zu berücksichtigen, dass eine nachhaltigere, elektrifizierte Fortbewegung nicht Legitimationsgrund wird, mehr Fortbewegungsmittel im Individualverkehr anzuschaffen. Dies würde dazu führen, dass Lärm- und Schadstoffemissionen zwar auf lokaler Ebene reduziert werden, die absolute Anzahl von Fahrzeugen aber zunimmt und somit ein erhöhtes Verkehrsaufkommen gefördert wird. Aus diesem Grund sollen in der Zusammenfassung dieses Elektromobilitätskonzepts mögliche Vermeidungsstrategien und alternative Fortbewegungsmittel erörtert werden, um Fehlanreize, die ein gesteigertes Verkehrsaufkommen befördern könnten, zu vermeiden.

Bezugnehmend auf die Entwicklung der zunehmenden Elektrifizierung von Fortbewegungsmitteln, werden nachfolgend die verschiedenen elektrischen Fahrzeugarten, sowie deren aktueller technischer Stand der Entwicklung aufgezeigt.

2.2.1 E-Autos

Elektrofahrzeuge werden grundsätzlich mit einem elektrischen Motor und einer Batterie angetrieben. Elektrofahrzeuge lassen sich in rein batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge (BEV), Range Extender (REEV) und PlugIn-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV) unterteilen. Bei Fahrzeugen mit Range Extender (Reichweitenverlängerer) wird der Elektromotor um ein zusätzliches Aggregat erweitert, das die Reichweite des Elektrofahrzeugs erhöhen kann. Während Range Extender eher kleine Aggregate sind, die die Reichweite eines Elektrofahrzeugs nur bedingt verlängern können (ca. 50 – 100 km), verfügen PlugIn-Hybride über einen größeren Verbrennungsmotor. Der Akku eines PlugIn-Hybrid Fahrzeugs kann so, sowohl über den Verbrennungsmotor, als auch durch den Anschluss an das Stromnetz aufgeladen werden. Im Gegensatz zum Range Extender,

der ausschließlich elektrische Energie erzeugt, um damit während der Fahrt die Fahrzeugbatterie aufzuladen und so die Fahrt bei niedrigem Batteriestand begrenzt fortsetzen zu können, sind Verbrennungsmotoren in Hybridfahrzeugen in der Lage, je nach technischer Auslegung zusätzliche mechanische Antriebsleistung zur Unterstützung des Elektromotors zu generieren.

Aktueller Stand

Das am intensivsten diskutierte Haupthemmnis bei der Verbreitung von E-Fahrzeugen besteht aktuell in der vergleichsweise meist noch geringen Reichweite (meist <200 km). Seit September 2018 ist jedoch ein neues Messverfahren, zur Messung der Reichweite von Fahrzeugen (betroffen sind sowohl Fahrzeuge mit Otto-Motor als auch Elektrofahrzeuge) zugelassen. Beim sogenannten WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test) werden im Gegensatz zum vorhergehenden Messverfahren zur Erfassung der Reichweite, realistischere und alltagsnähere Testbedingungen zugrunde gelegt. Es zeigte sich, dass die Reichweitenangaben von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf dem Papier häufig weit über den tatsächlich erfassten Angaben beim realen Fahrzeugeinsatz auf der Straße lagen. Dadurch hat sich der Reichweitenvergleich zwischen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und Elektrofahrzeugen weiter zugunsten von Elektrofahrzeugen relativiert. Obwohl einzelne Elektrofahrzeuge nach WLTP bereits Reichweiten von bis zu 600 km erreichen, ist die so genannte „Reichweitenangst“ potenziellen Kunden vorerst nicht zu nehmen. Dem entgegen steht die Tatsache, dass statistisch die zurückgelegten Wege eines Automobils an über 90 Prozent der betrachteten Tage weniger als 50 km betragen. Häufig wird fehlende Flexibilität von Elektrofahrzeugen aufgrund des Mangels einer flächendeckend verfügbaren Infrastruktur, als Begründung für das Hemmnis in die Investition in ein Elektrofahrzeug herangezogen.

Tabelle 1 Marktübersicht Elektrofahrzeuge Stand 2018

	Hersteller	Fahrzeugmodell	Batteriekapazität [kWh]	max. Ladeleistung AC [kW]	max. Ladeleistung DC [kW]	Verfügbarkeit	Kategorie
Aktuelle Modelle	Volkswagen	e-Golf	24,2 / 35,8	3,7 / 7,2	45	verfügbar	Kompaktklasse
	Renault	ZOE	23,3 / 41	11 / 22 / 43	-	verfügbar	Kleinwagen
	smart	fortwo ed	17,6	4,6 / 22	-	verfügbar	Kleinstwagen
	BMW	i3 BEV	22 / 33,2 / 42,2	3,7 / 7,3 / 11	50	verfügbar	Kleinwagen
	Nissan	Leaf	40	3,7 / 6,0	50	verfügbar	Kompaktklasse
	smart	forfour ed	17,6	4,6 / 22	-	verfügbar	Kleinwagen
	Hyundai	Ioniq Elektro	28	3,7 / 4,6 / 6,6	70	verfügbar	Kompaktklasse
	Hyundai	Kona Elektro	39,2 / 64	7,4	70	verfügbar	Kompakt-SUV
	Volkswagen	e-up!	18	3,7 / 7,4	40	verfügbar	Kleinstwagen
	Kia	Soul EV	27	6,6	70	verfügbar	Kompakt-SUV
	Tesla	Model S	75/90/100	11 / 16,5	120	verfügbar	Oberklasse Limousine
	Jaguar	I-Pace	90	7,2	100	verfügbar	Mittelklasse-SUV
zukünftige Modelle	e.Go Mobile	e.GO 20/40/60	14,9/17,9/23,9	4,6	-	Q12019	Klein[st]wagen
	Audi	e-tron Quattro	95	11 u. 22	150	Q12019	mittelgroßer SUV
	Tesla	Model 3	50/65/80,5	11	120	Q1 2019	Mittelklasse Limousine
	Mercedes	EQC	80	7,4	110	Frühjahr 2019	mittelgroßer SUV
	Sono Motors	Sion	35 - 45	11, Ziel 22	50	Q4 2019	Minivan
	MMS	Microlino	8/14.4	3,7, Ziel 11	-	Q3 2019	E-Stadtauto
	Porsche	Taycan	90	11	150	Q3 2019	Sportwagen
	Uniti	Uniti One	Nov 22	3,7, Ziel 11	-	Q4 2019	E-Kleinstwagen
	share2drive	SVEN	-	-	-	Q4 2019	1 + 2 Sitzer

Die Elektromobilität bietet, mit Blick auf den urbanen Verkehr der Zukunft, auch in der Forschung und Entwicklung Chancen, neue Anforderungsprofile und Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen. In Tübingen hat die Bevölkerung die Möglichkeit, sich auf der regelmäßig stattfindenden „autoMOBIL“-Messe rund um die Themen Automobil und Elektromobilität zu informieren. Die Messe befindet sich im Bereich rund um das Sparkassen Carré und das Landratsamt Tübingen. Die Messe findet alle zwei Jahre im Herbst statt. Es versammeln sich dort alle großen Autohäuser zur größten Messe in der Region Tübingen und Neckaralb. Neben der Ausstellung von Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor, liegt ein spezieller Fokus auf den Themen Elektromobilität, Hybridfahrzeuge und öffentlicher Nahverkehr. Auch die Polizei und das Rote Kreuz sind vor

Ort, um über die Themen Unfallprävention, Verkehrssicherheit und Erste Hilfe im Notfall aufzuklären.

Ein weiteres Event bildet die Leistungsschau „Ökologisch mobil“ die im Zwei-Jahres-Rhythmus im Rahmen der städtischen Klimaschutzkampagne „Tübingen-macht-blau“ u.a. zu den Themen öffentlicher Nahverkehr und Elektromobilität in Tübingen informiert.

Batterietechnologie

Eine erfolgreiche Marktdurchdringung im Elektromobilitäts-Segment der Pkws und Nutzfahrzeuge hängt – soweit die Reichweitenorientierung der potenziellen Käuferschichten bestehen bleibt - in hohem Maße von den Fortschritten der Batterietechnologie ab. Das Batteriesystem, als größtes und teuerstes Bauteil des elektrischen Antriebsstrangs, ist die Schlüsselkomponente und wird deshalb bedeutenden Einfluss auf die zukünftige Entwicklung batterieelektrischer Fahrzeuge haben. Leistungsparameter des Batteriesystems wie Energie- und Leistungsdichte, sowie die sogenannte Zyklenfestigkeit, die darüber Aufschluss gibt, wie oft ein Akku vollständig Be- und Entladen werden kann, haben direkten Einfluss auf das Gewicht, die Reichweite, die Antriebsleistung und die Lebensdauer des Fahrzeugs. Aktuell wächst der Markt für Lithium-Ionen-Batterien (LIB) mit dem Verkauf von E-Fahrzeugen dynamisch an. Dabei ist die Herstellung von LIB sehr ressourcen- und energieintensiv. Die Herausforderung für die Batterieindustrie besteht darin, dass hinsichtlich der Reichweite von Elektrofahrzeugen tendenziell immer größere Fahrzeugbatterien benötigt werden, obwohl größere Batterien bei gleicher Ladeleistung die ohnehin vergleichsweise langandauernden Ladevorgänge weiter in die Länge ziehen. Batterien mit einer höheren Speicherkapazität fallen jedoch auch in ihren räumlichen Abmessungen und ihrem Gewicht größer und schwerer aus, so dass diese Tatsachen in einer gegenseitigen Wechselwirkung zueinanderstehen. Betrachtet man die Effizienz von Elektrofahrzeugen, sowie die entstehenden Treibhausgas-Emissionen bei der Batterieproduktion, so sollten vorwiegend kleine und leichte Fahrzeuge mit Batterien mit kleinen Speicherkapazitäten und geringem Gewicht ausgebaut und ausgestattet werden. Um höhere Reichweiten zu erreichen, bedarf es jedoch größerer Fahrzeugbatterien, sodass sich diese Bedingungen grundsätzlich gegenseitig ausschließen. An dieser Stelle ist weitere Forschung nötig, um bei gleichbleibender Batteriegröße und Batteriegewicht, die Energiedichte und somit die Reichweite der Fahrzeuge weiter zu erhöhen. Laut dem Fraunhofer-

Institut für Chemische Technologie (ISC) in Würzburg, wurden bis Ende 2017, in den über 3 Millionen weltweit verkauften Elektrofahrzeugen, bislang über 80 GWh an Zellkapazität in Elektrofahrzeuge verbaut.

Auch andere Speichertechnologien werden aktuell erforscht, um dem zuvor beschriebenen Problem entgegen zu wirken. Hierfür werden beispielsweise Lithium-basierte Festkörperbatterien auf Sole-Gel-Basis untersucht. Der Vorteil hierbei ist, dass diese Festkörperakkus ein größeres Spannungsfenster, bei gleichzeitig höherer Energiedichte bieten. Hierdurch wird bei gleichem Gewicht und Volumen, mehr Energie bei einer gleichzeitig höheren Lebensdauer gespeichert. Dadurch könnte die neue Batterietechnologie massentauglicher, kostengünstiger und eine drei Mal höhere Energiedichte aufweisen. Aktuell ist dies noch nicht massentauglich möglich und die Forschung steht deshalb vor der Aufgabe, die komplexen Anforderungen an Synthese, Herstellung und Aushärtungsverfahren von Sole-Gel-Schichten aufzulösen. Auch weitere Batterielösungen werden erforscht, um das Problem der Kosten, Reichweite und Lebensdauer zu beheben.

Eine weitere Herausforderung bei Elektrofahrzeugen besteht in der Entsorgung der Alt-Akkus. Im Jahr 2006 erließ die EU die Batterierichtlinie. Ihr Ziel ist es, die Umweltbelastungen durch Altbatterien zu reduzieren. Das Gesetz gilt für alle Arten von Batterien und Akkumulatoren, die auch Akkus oder Sekundärbatterien genannt werden, also Fahrzeugbatterien, Industriebatterien und die aus dem Alltag bekannten Gerätebatterien und -akkus. Insbesondere die Demontage und Verwertung der Fahrzeugbatterien, stellt wegen des hochreaktiven Lithiums eine Herausforderung dar. Daher fördert die Bundesregierung schon jetzt Forschungs- und Entwicklungsprojekte für die zukünftig benötigten Recyclingtechniken für Lithium-Ionen-Batterien.

2.2.2 Kfz mit Brennstoffzelle

Noch ist nicht sicher absehbar, wie und durch welche Technologie die Elektrifizierung von Pkws mittel- bis langfristig tatsächlich vollzogen wird. Zusätzlich zu rein batterieelektrischen Pkws, wird von der Fahrzeugindustrie außerdem an der sogenannten Brennstoffzellentechnologie geforscht. Batterieelektrische Pkw beziehen den zur Fortbewegung benötigten elektrischen Strom zumeist aus Lithium-Ionen-Akkumulatoren die im Fahrzeug verbaut sind. Den Strom dafür liefern externe Stromquellen die den Strom, im Hinblick auf die Ökobilanz der Fahrzeuge, vorzugsweise aus erneuerbaren Energien generieren sollten. Die Funktion der Brennstoffzellentechnologie basiert dagegen auf einer kontrollierten chemischen Reaktion zwischen Sauerstoff und Wasserstoff. Bei

der Reaktion entsteht neben Wasser und Wärme, elektrischer Strom der zur Fortbewegung des Fahrzeugs eingesetzt werden kann. Dies ermöglicht, dass der benötigte Strom nicht aus einer externen Stromquelle bezogen werden muss, sondern durch die Betankung mit Wasserstoff direkt an Bord des Fahrzeugs produziert wird. Der Wasserstoff der zur Betankung der Brennstoffzellenfahrzeuge benötigt wird, kann durch verschiedene Verfahren und aus verschiedenen Ausgangsstoffen produziert werden. Das gängigste Verfahren bildet die Wasserspaltung mit Hilfe von elektrischem Strom. Dieses Verfahren wird auch als *elektrolytische Wasserspaltung* bezeichnet und beschreibt den Vorgang bei dem Wasser H_2O mit Hilfe von elektrischem Strom in seine elementaren Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zerlegt wird. Wird der benötigte Strom aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen, so kann dieses Verfahren als weitgehend CO_2 -neutral beschrieben werden. Ein weiteres Verfahren, abgesehen von der Abspaltung von H_2 aus H_2O bildet die Gewinnung von Wasserstoff aus Erdgas. In einem sogenannten Reformierungsprozess wird das H_2 aus dem Gas extrahiert. Der so gewonnene Wasserstoff kann dann unter anderem zur Betankung eines Brennstoffzellenfahrzeuges verwendet werden. Vergleicht man nun die Brennstoffzellentechnologie mit Elektrofahrzeugen sind die folgenden wesentlichen Faktoren zu benennen.

Als Vorteil der Brennstoffzelle gegenüber des Einsatzes rein batterieelektrischer Pkw mit Lithium-Ionen Akkumulatoren, wird häufig eine deutlich schnellere Tankzeit (ca. 3 Minuten) aufgeführt. Bei Elektrofahrzeugen kann ein Tankvorgang in Abhängigkeit der verfügbaren Ladeleistung mehrere Stunden in Anspruch nehmen. Eines der aktuell schnellsten Ladesysteme eines deutschen Luxus-Wagenunternehmens benötigt gerade einmal 15 Minuten für einen vollständigen Ladevorgang. Aufgrund des hohen technischen und finanziellen Aufwands, ist jedoch nicht davon auszugehen, dass dies in naher Zukunft ein ansetzbarer technischer Standard für einen breiten Personenkreis wird.

Für batterieelektrische Antriebskonzepte in Pkws spricht jedoch ein schon heute vergleichsweise weit verbreitetes Netz an Ladeinfrastruktur. Zum Stand 04/2019 waren es nach Angaben des Bundesverbands für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) bundesweit bereits 17.400 öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge. Dagegen ist das Angebot für Wasserstofftankstellen mit derzeit 74 Wasserstoff-Tankstellen deutschlandweit (Stand 08/ 2019) vergleichsweise eher gering. Zu berücksichtigen ist bei der Betrachtung der beiden Technologien eines Elektrofahr-

zeugs und der eines Brennstoffzellenfahrzeugs zudem, dass diese sich grundlegend unterscheiden. Ein Elektrofahrzeug ist mit einem Batteriespeicher versehen, es handelt sich dabei um einen Speicher der Energie direkt ein- und ausspeichern kann. Im einfachsten Fall wird hier Strom beispielsweise durch eine PV-Anlage auf dem eigenen Hausdach produziert und verlustarm in den Batteriespeicher des Elektrofahrzeugs in der Garage eingespeist. Bei einem Brennstoffzellenfahrzeug ist von einem sogenannten Energiewandler die Rede. Aus der Reaktion von Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) wird elektrische Energie im Fahrzeug gewonnen und macht dieses somit unabhängig vom Stromnetz. Somit kann die Brennstoffzelle auch für schwere Fahrzeuge, wie Züge oder Lastentransporter eingesetzt werden.

Bei der Herstellung von Wasserstoff ist von der Elektrolyse bis zur Wasserstofftankstelle mit Verlusten von mindestens 50 Prozent zu rechnen. Diese Verluste entstehen im Wesentlichen bei der Kompression, der Verflüssigung, dem Transport und dem Umfüllen und Speichern des Wasserstoffs. Wird der Wasserstoff dann in einem Brennstoffzellenfahrzeug rückverstromt, entstehen weitere Verluste. Bei der Nutzung von Wasserstoff zum Antrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen, sind somit wesentlich mehr Umwandlungsschritte nötig, als dies zur Beladung einer Batterie mit Strom erforderlich ist. Jede Stufe dieser Energie-Wertschöpfungskette ist mit Umwandlungsverlusten bzw. mit Energieaufwand verbunden, die dazu beitragen, dass bei der Nutzung einer Brennstoffzelle nur noch rund ein Viertel bis ein Drittel der ursprünglich eingesetzten Primärenergie zur Verfügung stehen. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass zur Herstellung des Wasserstoffs rund dreimal mehr Strom aufgewendet werden muss, als zur Beladung der Batterie eines Elektrofahrzeugs benötigt wird. Vergleicht man den direkten Stromverbrauch bei der Fahrt von Elektrofahrzeugen mit dem Stromverbrauch in einem Fahrzeug mit Brennstoffzelle und lässt die Energie für die vorherigen Umwandlungsschritte außer Acht, so kann festgehalten werden, dass auch der Verbrauch von Brennstoffzellenfahrzeugen im Fahrbetrieb zumeist etwas höher liegt.

Dies zeigt zudem der nachfolgende und exemplarische Vergleich zweier gängiger Fahrzeugmodelle. Das Brennstoffzellenfahrzeug Toyota Mirai mit einer Leistung von 114 kW und einem Anschaffungspreis von rund 79.000 € hat einen durchschnittlichen Verbrauch von 25 kWh/ 100 km elektrischen Stroms (entspricht 0,76 kg H_2). Dieser Fahrzeugtyp ist in seiner Größe und Leistung vergleichbar mit dem rein elektrischen Fahrzeugmodell Ford Focus Electric. Dieser hat eine Leis-

tung von 107 kW und benötigt mit 15,4 kWh/ 100 km, rund 10 kWh weniger als das Brennstoffzellenfahrzeug. Der Anschaffungspreis für das Einstiegsmodell des Ford Focus Electric liegt bei rund 34.900 € und beträgt damit weniger als die Hälfte des Preises des Toyota Mirais. Was die Reichweite pro Batterieladung oder Wasserstofftank angeht, sind die beiden Technologien in etwa gleich auf, sodass sich in beiden Fällen Reichweiten von bis zu 600 km umsetzen lassen.

Deutlich höhere Anschaffungskosten bei Brennstoffzellenfahrzeugen von ≥ 60.000 Euro pro Fahrzeug, sind vorwiegend auf die recht komplexe Systemtechnologie zurückzuführen.

Moderne Elektrofahrzeuge können dagegen schon ab einem Preis von rund 20.000 Euro erworben werden und bieten Interessenten nachhaltiger und umweltschonender Mobilität häufig eine preisgünstigere Alternative. Werden die Treibhausgasemissionen zur Herstellung der beiden Technologien (Elektro- oder Wasserstofffahrzeug) einbezogen, so zeigt sich nach einer Studie des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE), dass Brennstoffzellen-Fahrzeuge ab einer Reichweite von 250 km klimafreundlicher sind als Batteriefahrzeuge. Der Grund liegt im wesentlich höheren CO₂-Ausstoß, der bei Elektrofahrzeugen während der Produktion der Fahrzeugbatterien entsteht. Die Menge an CO₂, die bei der Produktion sowie beim Recycling eines Brennstoffzellensystems inklusive der Tankvorrichtung anfällt, entspricht laut Bericht etwa der Menge eines Elektroautos mit einer Speicherkapazität von 45 bis 50 kWh. Für Fahrzeuge mit einer größeren Batteriekapazität werden mehr Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) freigesetzt als für Brennstoffzellensysteme einer vergleichbaren Leistungsklasse.

Untersucht wurden bei der Studie die THG-Emissionen bei der Herstellung, beim Betrieb und bei der Entsorgung von Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Das Ergebnis besagt, dass Elektrofahrzeuge die effizienteste Methode sind, um vor allem erneuerbaren Strom in Fahrleistung umzusetzen. Vorwiegend Elektrofahrzeuge mit einer kleinen bis mittleren Batterie (< 50 kWh Batteriekapazität) und einer Reichweite von bis zu 250 km, können nach Aussage der Studie die THG-Emissionen im Verkehr senken. Für größere Fahrstrecken bilden Brennstoffzellenfahrzeuge eine klimafreundlichere Alternative. Diese Aussage ist jedoch sehr stark von den Rahmenbedingungen der Batterie- und Strom- bzw. Wasserstoffherzeugung abhängig und lässt deshalb keine pauschale Aussage zu.

Ein großer Vorteil von Wasserstoff ist zudem, dass dieser ein universeller und speicherbarer Energieträger ist und sich auch für andere Anwendungsgebiete einsetzen lässt. Vor allem vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele Deutschlands und dem damit einhergehenden starken Ausbau

von Erneuerbaren Energien ist davon auszugehen, dass Wasserstoff auch in Zukunft eine bedeutende Rolle als Energiespeicher für die schwer prognostizierbare erneuerbare Stromproduktion haben wird. Somit befördert ein weiterer Ausbau der Wasserstofftechnologie sowohl in der Mobilität als auch in anderen Anwendungsbereichen die angestrebte Sektorenkopplung und trägt zu einer ganzheitlichen Betrachtung der sich stetig ändernden Rahmenbedingungen in der Energiewirtschaft bei.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Elektrofahrzeuge vor allem in Hinblick auf deren Effizienz, das weiter verbreitete Netz an Ladeinfrastruktur und den vergleichsweise günstigeren Anschaffungskosten punkten können. Wasserstofffahrzeuge bieten dagegen den Vorteil von deutlich kürzeren Tankvorgängen, die nur wenige Minuten andauern. Im Gegensatz zu Elektrofahrzeugen, bei denen die Ladevorgänge derzeit häufig noch mehrere Stunden benötigen und somit eine große Anzahl von Ladepunkten erforderlich macht, würde eine vergleichsweise geringe Anzahl an Wasserstofftankstellen ausreichen, um viele Brennstoffzellenfahrzeuge mit Wasserstoff zu versorgen.

Weiterführende Informationen zum Thema alternativer Antriebe durch Brennstofftechnologie bietet unter anderem das Umweltministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur sowie zukunftsweisende und innovative Projekte aller namhaften Automobilunternehmen. Exemplarisch wird an dieser Stelle das deutsche Automobilproduktionsunternehmen Mercedes Benz sowie die Firma Linde Material Handling, die sich mit innovativen Materialfluss-Lösungen im Logistikbereich beschäftigt, aufgeführt. Mercedes Benz hat bereits im November 2018 die ersten Fahrzeuge des Modells GLC F-Cell an ausgewählte Kunden im deutschen Markt übergeben. Das Fahrzeug ist weltweit das erste seiner Art, das sowohl über einen Brennstoffzellen- als auch über einen Batterieantrieb, der extern via Plug-In-Technologie aufgeladen wird, verfügt. Abgesehen vom Bereich der Personenbeförderung zeigt sich, dass Lösungen, die auf Brennstofftechnologie basieren, bereits so weit fortgeschritten sind, dass diese auch im strapaziösen Praxiseinsatz im Logistikbereich eingesetzt werden können. Im Zuge eines Gemeinschaftsprojekts mit der BMW Group sowie dem Lehrstuhl Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München, das den Namen „H2Ready“ trägt, nahm die BMW Group im Jahr 2018 im Werk Leipzig 70 weitere sogenannte wasserstoffbetriebene Routenzüge (Indoor-Schlepper) für die Indoor-Logistik in Betrieb und zeigt damit, dass der Einsatz von Brennstoffzellen-Technologie im häufig eng getakteten Logistikbereich schon heute möglich ist.

2.2.3 Leichtelektromobile

Ein Leichtelektromobil ist ein vierrädriges Leichtkraftfahrzeug bzw. leichtes vierrädriges Kraftfahrzeug mit Antrieb durch Elektromotor, das in seiner Bauart zwischen einem Elektroauto und einem Elektrorad steht. Häufig sind es Weiterentwicklungen, die eher den Fahrzeugklassen Motorroller und Quad, weniger dem Automobilbau zuzuordnen sind. Ein französischer Hersteller produziert bereits seit 2012 das einzige Leichtelektromobil in Großserie in Europa.

Auch deutsche Produktionsunternehmen haben sich nach und nach auf diese Fahrzeuge eingestellt, so bietet ein bayrisches Unternehmen ein Leichtelektromobil mit einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h an. Das Fahrzeug wurde von Beginn an als Elektrofahrzeug konzipiert und bietet als 2-Sitzer ausreichend Stauraum für kleinere Gepäckstücke. Mit einer Reichweite von ca. 100 Kilometern lässt sich ein Mobilitätsbedarf der 100 km pro Tag nicht überschreiten, decken.

In Europa leben derzeit 70 Prozent aller Menschen in städtischen Ballungsräumen. Aktuelle Studien zum innerstädtischen Pendlerverkehr machen deutlich, dass bei mehr als 80 Prozent aller Fahrten mit dem Auto eine Strecke von weniger als 25 Kilometern zurückgelegt wird. In den kommenden Jahren wird der Bedarf an Kurzstreckenfahrzeugen weiter steigen, sodass man von einer gesicherten Nachfrage nach Elektrofahrzeugen als kurz- und mittelfristig verfügbare, nachhaltige Mobilitätslösung ausgehen kann. Daher bieten sich Leichtelektromobile als Ergänzung zum Pkw und für Kurzstreckenfahrten in der Stadt an. Ein weiterer Vorteil dieser Fahrzeuge liegt darin, dass diese im zumeist ohnehin bereits limitierten Angebot von Parkflächen, weitaus weniger Parkraum benötigen. Im Rahmen des Car-Sharing innerhalb der Kommune sind diese Fahrzeuge ein geeignetes Mittel, um den Verkehr in der Stadt zu senken und diesen emissions- und geräuscharm zu gestalten.

2.2.4 E-Busse

Der Tübinger Gemeinderat stimmte zeitgleichzeitig zum Beginn der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 einem energie- und klimapolitischen Leitbild zu, das vorsieht die energiebedingten CO₂-Emissionen pro Kopf der Tübinger Bevölkerung bis zum Jahr 2022 um 25 Prozent gegenüber jenem Wert aus dem Jahr 2014 zu reduzieren. Beim Schutz der Umwelt durch die Reduktion der Anzahl von Pkws im Individualverkehr zugunsten des Ausbaus von Verkehrsmitteln im öffentlichen Nahverkehr und damit einhergehenden positiven Auswirkungen auf die Luftqualität als

auch die Reduktion von Lärm- und Schadstoffemissionen, nehmen die Busse im öffentlichen Nahverkehr Tübingens eine Schlüsselrolle ein. Da der Fahrzeugbestand konventioneller Busse mit Verbrennungsmotor im Tübinger Stadtgebiet mittel- bis langfristig zunehmend durch emissionsärmere Antriebstechnologien ersetzt werden sollen, testet TüBus alternative Antriebe wie Hybridfahrzeuge, rein batterieelektrische Busse aber auch Busse die mit Erdgas oder mittels Brennstoffzelle angetrieben werden. Technologische Grundlagen sowie der aktuelle Stand der Entwicklungen in Tübingen werden deshalb im nachfolgenden Abschnitt umfassend erläutert.

Elektrobusse sind Fahrzeuge, die unter anderem der Beförderung von Personen im öffentlichen Personennahverkehr dienen. Angetrieben werden diese durch den Einsatz von leistungsstarken Elektromotoren, die ihre Antriebsenergie zum Beispiel aus Lithium-Ionen-Akkumulatoren beziehen. Aktuell haben sich in der Praxis vorwiegend die drei folgenden Ladesysteme für Elektrobusse etabliert.

1. Kabelgebundenes Laden

Das Laden der Busse erfolgt mit konventionellen und weitverbreiteten Ladekabeln durch eine kabelgebundene Verbindung zwischen dem Fahrzeug und einer dafür vorgesehenen Ladestation.

2. Laden mit Pantografen

Eine weitere Alternative bildet das Laden mit Hilfe eines sogenannten Pantografen. Eine Ladestation dieser Variante umfasst einen Netzanschluss mit Stromrichter sowie Transformatoren und einem Ladearm mit Kontaktarm. Über eine WLAN-Verbindung zwischen Bus und Ladestation, wird der Bus seinerseits identifiziert sowie die jeweiligen Anforderungen der integrierten Batteriemagementsysteme abgefragt. Erfasst die integrierte Sensortechnik die korrekte Position des Busses unter der Ladestation, senkt sich der Pantograf (Stromabnehmer) aus dem Ladearm zum Busdach und der Ladevorgang beginnt. Dies ermöglicht die Übertragung hoher Strommengen in die fahrzeugseitig integrierten Lithium-Ionen-Akkus in nur kurzer Zeit und ermöglicht dadurch das Laden der Busse während des Zu- und Ausstiegs von Passagieren an Haltestellen. Das Aufladen während des Linienbetriebs der Fahrzeuge setzt jedoch voraus, dass eine Vielzahl von Haltestellen mit Ladestationen versehen wird. Dies begründet sich auf der Tatsache, dass an den einzelnen Haltestellen aufgrund der zeitlich kurzen Verweildauer der Busse pro Haltestopp immer nur Teilladungen erfolgen können und die Batterie nie vollständig aufgeladen wird. Die

hohe Anzahl benötigter Ladestationen entlang der Busrouten einzelner Linien bedingt einen hohen Investitionsumfang der im Einzelfall auf seine Wirtschaftlichkeit zu prüfen ist.

3. Laden mit kabellosen Induktionsladesystemen

Beim kabel- sowie berührungslosen Laden durch Induktion, findet ebenfalls eine Verteilung der Ladestationen auf Halte- und Endhaltestellen statt. In den Boden der Haltestellen eingelassene Lademodule und eine Versorgungseinheit, in Verbindung mit in den Bussen integrierten Primär- und Sekundärspulen, sowie Gleichrichtern und Akkumulatoren ermöglichen kabel- und berührungslose Ladevorgänge.

Vorteile von Elektrobussen gegenüber verbreiteteren Omnibussen mit Verbrennungsmotor sind vor allem die verminderten Geräusch- und Schadstoffemissionen, eine bessere Beschleunigung und die Möglichkeit zur Rückgewinnung von Bremsenergie durch Rekuperation. In der Vergangenheit, bewirkte der Bau von Elektrobussen und der darauffolgende, noch testweise Betrieb im städtischen Nahverkehr häufig Probleme, die eine flächendeckende Verbreitung bisweilen verhinderte. Technische Einschränkungen und mangelnde Reichweiten im operativen Betrieb, sowie hohe Anfangsinvestitionen die gegebenenfalls auch mittel- bis langfristig hohe Kosten für Kapitaldienste bewirken, waren in der Vergangenheit Herausforderung und Hindernis zugleich.

Zusätzlich zu reinen Elektrobussen, haben sich daher einige Unternehmen darauf spezialisiert, Bestandsbusse mit Diesel-Verbrennungsmotoren auf Elektroantriebe umzurüsten. Eine Übersicht sowie Details zur aktuellen Situation der Stadt Tübingen im Hinblick auf die Einführung von Elektrobussen sowie die Umrüstung bestehender Busse im öffentlichen Nahverkehr bietet das nachfolgende Kapitel.

Aktueller Stand – Untersuchung zur Einführung von Elektrobussen in der Stadt Tübingen

Auch in der Stadt Tübingen finden seit dem Jahr 2010 zahlreiche Untersuchungen sowie Testphasen zur Machbarkeit der Einführung von Elektrobussen im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs statt. Fokussiert wurden dabei vor allem Fahrzeuge mittlerer Fahrzeuglänge (s.g. Midi-Busse) die im Bereich der Altstadt auf den Linien 9, 11 und 12 hinsichtlich der Geräusch- und Schadstoffemissionsreduktion besonders interessant erscheinen. Parallel wurde dabei als Alternative die Umrüstung bestehender Diesel-Busse mit Verbrennungsmotoren auf Elektroantriebe näher betrachtet.

Die größten Herausforderungen, die einem reibungslosen Betrieb von Elektrobussen in Tübingen bisweilen entgegenstanden, ergaben sich im Wesentlichen aus:

- Besondere topographische Verhältnisse innerhalb der Stadt Tübingen.
- Mangelnder technologischer Reifegrad der Antriebstechnologie.
- Fehlende Normung und Standardisierung zwischen Bussen und Ladeinfrastruktur.
- Elektrobusmodelle als kostenintensive Einzelanfertigungen ohne Serienproduktion.
- Massive Reichweitenreduktion durch energieintensive Heizung und Klimatisierung der Busse trotz fortschreitender Batterietechnologie.
- Wartungs-, Instandhaltungs- und Inspektionskosten.
- Nähe zu qualifizierten Werkstätten innerhalb der Region.
- Hoher Investitionsumfang sowie die Zuverlässigkeit erprobter Ladeinfrastrukturlösungen.
- Ausstattungsmerkmale hinsichtlich Anteil Niederflur, Fahrerplatz und Türen.

Als größte Herausforderung zum Einsatz von Elektrobussen, hat sich die besondere Topographie der Stadt Tübingen herausgestellt. Diese enthält entlang des Tübinger Nahverkehrsnetzes Steigungen die mitunter deutlich über 10 Prozent liegen (vgl. Abbildung 2).

In Abbildung 2 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind in Rot die entsprechenden Streckenabschnitte, auf die sich die prozentualen Angaben beziehen, dargestellt. Abgesehen von der damit einhergehenden, ohnehin schon begrenzten Reichweite der Elektrobusse, waren einige der getesteten Elektrobusmodelle leistungsbedingt nicht in der Lage die vorhandenen Steigungen - sogar im Leerbetrieb - überhaupt zu überwinden.

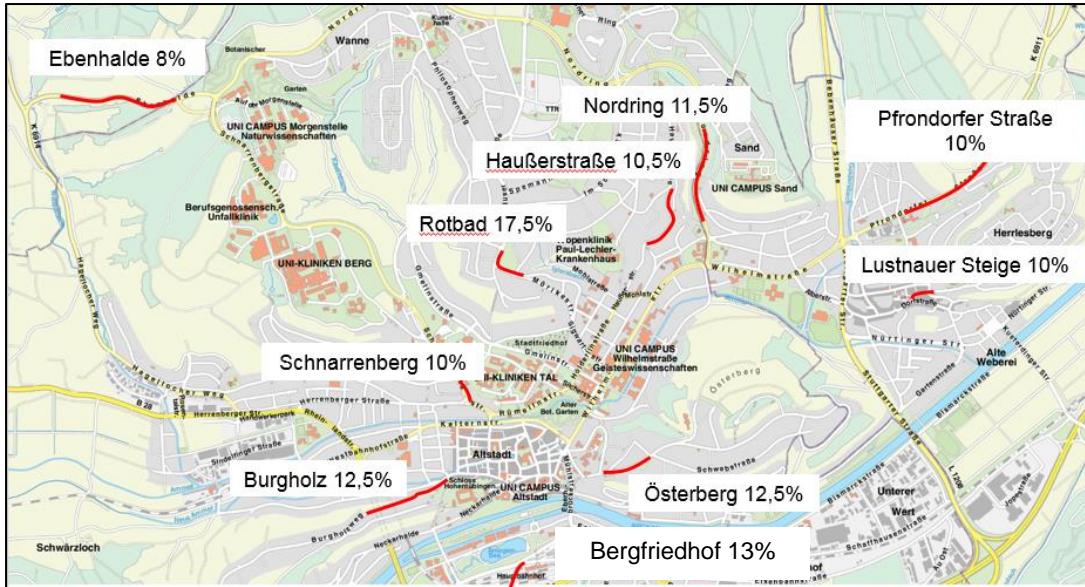


Abbildung 2 Topographie entlang des Tübinger Liniennetzes

Die durchschnittliche Reichweite der getesteten E-Busse im Tübinger Stadtgebiet betrug rund 100 km. Die Anschaffung eines eCitaro von Mercedes Benz verspricht eine Reichweite von 150 km. Diese wurde in nachfolgender Abbildung 3 im Verhältnis zur täglichen Kilometerleistung der einzelnen Umlaufnummern zugrunde gelegt.

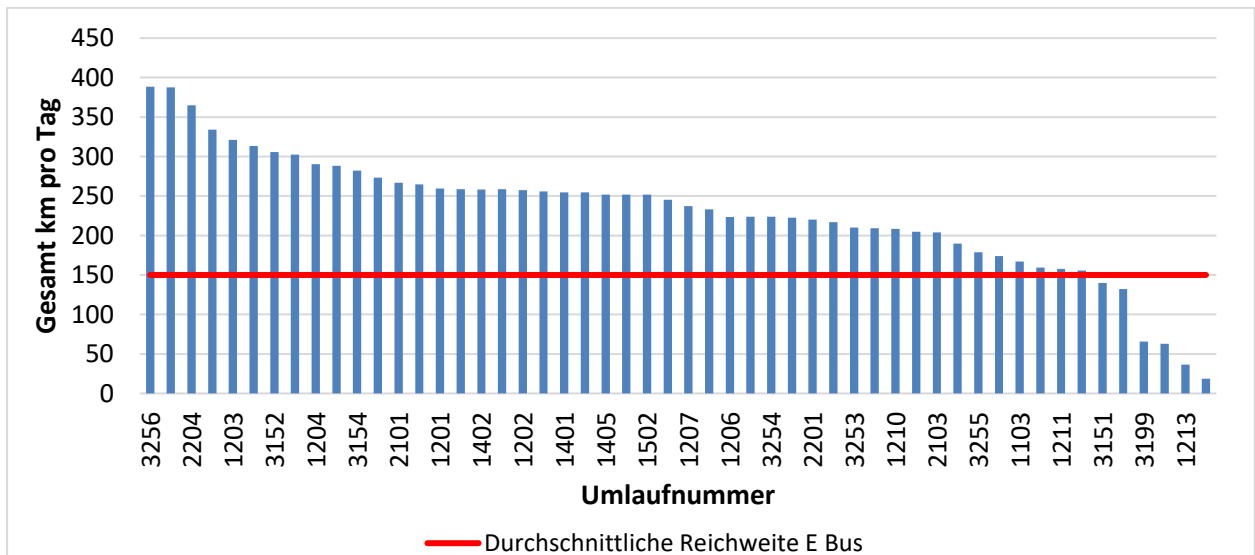


Abbildung 3 Durchschnittliche Reichweite der getesteten Elektrobusse im Vergleich zur täglichen Kilometerleistung

An dieser Stelle muss jedoch betont werden, dass die genannten 150 km Reichweite nicht auf die gesamte Busflotte zu beziehen sind, sondern das Ergebnis eines einzigen Busses ist.

Die Topographie Tübingens unterscheidet sich maßgeblich von der, anderer Städte, in denen Elektrobuse bereits flächendeckend im öffentlichen Nahverkehr eingesetzt werden und kann als Hauptgrund betrachtet werden, weshalb in der Vergangenheit zahlreiche getestete Elektrobuse in Tübingen scheiterten.

Eine Trendwende verspricht sich der Tübinger ÖPNV „TüBus“ aktuell durch erfolgreiche Praxis-tests mit dem Elektrobuss eCitaro aus der Omnibussparte des Herstellers Mercedes Benz. Das konventionelle Verbrenner-Modell Citaro hat sich bereits über mehrere Jahre im strapaziösen Stadtbuseinsatz bewährt und wird durch eine Neuauflage als Elektroversion schon in naher Zukunft von der TüBus angeschafft. Während der Bus die technischen Anforderungen im Praxis-Testbetrieb in Tübingen bereits erfüllt hat, wird er aktuell einer umfassenden Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit unterzogen. Die Anschaffungskosten eines Elektrobusses, liegen unabhängig vom Hersteller in einem Bereich von 400.000 – 600.000 Euro und sind damit rund doppelt so hoch wie die eines vergleichbaren Busses mit konventionellem Verbrennungsmotor. Zusätzlich zur Anschaffung des Fahrzeugs, müssen weitere Investitionskosten für die benötigte Infrastruktur zum Laden der Fahrzeuge berücksichtigt werden. Verfügt der Ort, an dem Ladepunkte für Busse gebaut werden sollen, nicht über einen ausreichend dimensionierten Transformator, so ist mit Kosten von rund 100.000 Euro für die Errichtung eines Transformators zu kalkulieren. Ist ein Transformator installiert der den technischen Anforderungen zur Versorgung der vorgesehenen Ladepunkte entspricht, ist es möglich mit einem einzigen Transformator mehrere Ladepunkte mit Strom in der richtigen Spannungsqualität zu beliefern. Für das Errichten eines Ladepunktes ist mit zusätzlichen 100.000 € zu rechnen. Dabei handelt es sich um die Errichtung eines Ladepunktes der zur zeitgleichen Beladung eines Busses eingesetzt werden kann. Die Kosten für Wartung, Reparaturen und Restwert nach Betriebszeit der Busse sowie der Ladeinfrastruktur sind im Moment noch offen.

Grundsätzlich ist die Förderung von Elektrobussen durch das Land (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg) sowie durch den Bund (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - BMVI) möglich. Förderanträge für die Anschaffung von Elektrobussen in der Stadt Tübingen sind aktuell in der Bearbeitung und umfassen im Zuge einer Einwilligung rund 140.000 Euro pro Elektrobuss. Bis zur tatsächlichen Einführung rein elektrischer Omnibusse hat man sich bei der TüBus für Leichtbau- und Hybridbusse als kraftstoffsparende Brückentechnologie ent-

schieden. Die aktuell acht im Einsatz befindlichen Hybridbusse des Tübinger Nahverkehrs benötigen rund 20 Prozent weniger Kraftstoff, die Einsatzzeiten der Dieselmotoren reduzieren sich um ca. 50 Prozent und es sind keine weiteren Anpassungen der Betriebshöfe bezüglich der Ladeinfrastruktur nötig.

Aktueller Stand – Untersuchung zur Umrüstung bestehender Midi-Busse auf Elektroantriebe

Wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, besteht außer der Neuanschaffung rein batterieelektrischer Busse zudem die Möglichkeit, bestehende konventionelle Busse mit Verbrennungsmotoren auf Elektroantriebe umzurüsten. Diese Option wurde in der Stadt Tübingen für den Umbau bereits im Einsatz befindlicher Midi-Busse ausgiebig untersucht und wird nachfolgend näher erläutert.

Wie sich herausstellte ist eine derartige Umrüstung vorwiegend dann sinnvoll, wenn die Fahrzeuge bereits hohe Einsatz- und Fahrtzyklen absolviert haben (z.B. hohe Kilometerleistungen zu meist ≥ 500.000 km) und daher ohnehin hohe Kosten für zukünftige Instandhaltungsmaßnahmen zu erwarten sind. Häufig umfassen die dann anfallenden Maßnahmen den Austausch des Motors, des Getriebes und der Hinterachse und können mit Investitionen größer 50.000 Euro beziffert werden. Bereits im Jahr 2015 ließ die TüBus eine potenzielle Systemauslegung durch unabhängige Berater überprüfen. Diese führten eine detaillierte Fahrten-, Strecken- und Umlaufanalyse zur Feststellung des benötigten Energiebedarfs durch, um die technische Machbarkeit einer Umrüstung festzustellen. Während die technische Machbarkeit weitestgehend bestätigt werden konnte, umfassen die Umbaumaßnahmen hohe finanzielle Aufwendungen. Zur Umrüstung eines Busses ist mit Umbaukosten in Höhe von ca. 400.000 Euro zu rechnen. Den hohen Umrüstungskosten stehen Kraftstoffeinsparungen von rund 17.000 Euro jährlich gegenüber. Dennoch sind höhere Kosten für Kapitaldienste und Ladeinfrastruktur zu berücksichtigen, sodass sich jährliche Mehrkosten von bis zu 25.000 Euro pro Bus und Jahr ergeben. Den positiven Eigenschaften jährlich bis zu 75 Tonnen CO₂ pro Fahrzeug einsparen zu können, Lärm- und Abgasemissionen insbesondere in der Innenstadt erheblich zu reduzieren und praktische Erfahrungen mit dem Einsatz neuer Technologien sammeln zu können, stehen unvorhersehbaren technischen Problemen durch den Einsatz wenig erprobter innovativer Technologien und daraus u.U. resultierender mangelnder Einsatzbereitschaft sowie jährliche finanzielle Einbußen entgegen. Für den Nahverkehr in Tübingen sieht die TüBus aufgrund der hohen Investitionskosten zur Umrüstung der Busse zukünftig von einem Umbau der Busse auf Elektroantrieb ab.

Elektrobusse in Deutschland und global

Eine Betrachtung über ganz Deutschland zeigt, dass sich seit dem Jahr 2014 fünfundvierzig Städte dazu entschieden haben, Elektrobusse u.a. im Bereich des Personennahverkehrs zu testen. Als ein Beispiel kann an dieser Stelle die Stadt Braunschweig aufgeführt werden, die im Rahmen des Förderprojekts „emil“ seit dem Jahr 2015 vier Elektro-Gelenkbusse auf Basis induktiver Schnellladetechnologie mit einer Ladeleistung von 200 KW, erfolgreich im täglichen Linienverkehr einsetzt. Es handelt sich um Elektrobusse des polnischen Herstellers Solaris mit der Bezeichnung „Solaris Urbino 18 electric“. Dieser Bustyp fasst insgesamt 126 Fahrgäste. Exemplarisch wird an dieser Stelle die lokale Ringlinie 419 aufgeführt die eine Länge von rund 12 km umfasst. Im Jahr 2018 ergab sich so erstmals eine jährliche maximale Fahrleistung von ca. 55.000 km. Die Ladung der Busse erfolgt über Schnellladestationen an ausgewählten Haltestellen entlang des Linienwegs und während des Fahrgastwechsels. Die Ladezeit umfasst aufgrund der vergleichsweise hohen Ladeleistung lediglich 11 Minuten pro Runde bzw. 2 Minuten pro Haltestelle. Mit der Elektrifizierung der genannten vier Busse war es möglich im Jahr 2018 im Schnitt 73 Tonnen CO₂ pro Fahrzeug und Jahr einzusparen.

Auch in Berlin sind die Weichen für ambitionierte Ziele bereits gestellt, so soll bis zum Jahresende 2030 die gesamte Berliner Busflotte mit insgesamt 1.590 Fahrzeugen der dort ansässigen Verkehrsbetriebe Berlin „BVG“ elektrifiziert werden. Ähnlich anspruchsvolle topographische Gegebenheiten wie dies in Tübingen der Fall ist, weisen beide Städte nicht auf. Bei den geplanten Neuanschaffungen folgen Kiel, Wiesbaden und Bremen mit über 200 geplanten Elektrobusen pro Stadt. Nürnberg (160) und Hamburg (117) verfolgen ebenfalls ehrgeizige Ziele.

Vorreiter auf internationaler Ebene ist die chinesische Stadt Shenzhen, die seit dem Jahr 2010 rund 16.359 Elektrobusse eingeführt hat und dadurch jährliche Einsparungen von ca. 345.000 Tonnen Treibstoff und 1,35 Millionen Tonnen CO₂ Emissionen aufweisen kann. Das Beispiel in Shenzhen zeigt, dass eine großausgelegte, flächendeckende Einführung von Elektrobussen bei geeigneten Rahmenbedingungen bereits heute möglich ist.

2.2.5 E-Kleinbusse/E-Kastenwagen/E-Transporter/kleine E-Nutzfahrzeuge

Beim Umstieg auf Elektroantriebe im ÖPNV sollte der Blick auch auf neuartige Typen von Kleinbussen – auch Kompakttransporter genannt – die andere Anforderungsprofile erfüllen können,

gerichtet werden. Hierfür ist beispielsweise, durch eine Gemeinschaftsproduktion von einem Automobilzulieferungsunternehmen und einem neuen Elektrofahrzeug-Produktionsunternehmen, ein elektrisch betriebener Kleinbus entstanden, welcher mit einer Länge von 4,65 Metern und bis zu 13 Fahrgastplätzen neue Möglichkeiten im Stadtverkehr bieten soll. Der Erwerb von serienreifen Produkten, die auch zusammen mit einem Service in der Region Tübingen angeboten wird, ist aktuell nicht absehbar. Mit den Modellen „Iveco Daily Electric“ und „Emovum E-Ducato“ bieten die Hersteller Iveco und Ducato Modelle, die an dieser Stelle exemplarisch mit Anschaffungskosten im Bereich von 40.000 Euro bis 70.000 Euro genannt werden können.

Ähnliches gilt hierbei für kleine Transporter und Nutzfahrzeuge, durch welche sich eine Möglichkeit eröffnet Kleinbusse durch Kleintransporter zu ersetzen und die größeren zu ersetzen, um im innerstädtischen Verkehr für einen schadstoff- und lärmreduzierten Verkehr sorgen können.

Aktueller Stand

In Deutschland ist ein Aachener Unternehmen führend im Bereich vollelektrischer Kleintransporter. Im Jahr 2016 wurden bereits 2.000 Fahrzeuge in der Standardversion mit 4,3 m³ Laderaum und einer Batteriekapazität von 20 kWh hergestellt. Im Jahr 2017 konnte die Produktion bereits auf 10.000 Fahrzeuge pro Jahr gesteigert werden. Bemerkenswert ist, dass der Transportkasten von beiden Seiten zugänglich und die Höhe der Ladeflächen für den Zustellbetrieb auf Rückenfreundlichkeit optimiert sind. Im Jahr 2017 wurde aufgrund der hohen Nachfrage bereits eine größere Variante (L) mit 8 m³ Laderaum und einer 40 kWh Batterie vorgestellt, der nun auch für externe Kunden wie zum Beispiel für beliebige Anwendungsgebiete innerhalb von Kommunen erhältlich ist.

Bereits im Jahr 2011 brachte ein französisches Unternehmen einen elektrischen Hochdachkombi auf den Markt. Dieser hatte eine kleine Batterie sowie geringe Ladeleistung und Reichweite. Seit 2017 überzeugen beide Fahrzeuge nach einer deutlichen Überarbeitung mit geringen Betriebskosten und praktischen Qualitäten als Transporter in Stadtgebieten. In der Vergangenheit taten sich deutsche Automobilunternehmen bei der Entwicklung serienreifer E-Transporter eher schwer, wodurch unter anderem eine flächendeckende Verbreitung der Fahrzeuge bisweilen nicht erreicht wurde.

2.2.6 E-Lastenroller

Um die Fahrzeuge vor allem für kurze innerstädtische Belieferungen oder um kurze Einkaufstrecken zu ergänzen, können so genannte E-Lastenroller eingesetzt werden. Der E-Lastenroller, ist ein drei- oder vierrädriges Fahrzeug, das zum Transport von Lasten oder Personen, mit einer Höchstgeschwindigkeit bis zu 45 km/h dient. Ein Lastenrad mit Elektroantrieb und einem großen, wettergeschützten Laderaum stellten Münchner Elektroroller-Spezialisten und ein dänischer Energiekonzern auf der Post-Expo bereits im Jahr 2017 in Paris vor. Es ist ein optimales Zustellfahrzeug für Innenstädte und bietet die ideale Beförderungslösung von Postsendungen, Paketen, eiligen Medikamentenlieferungen oder die Zustellung von Speisen durch Zustellservices, dem sogenannten Food-Delivery.

Zusammen mit Berliner Ingenieuren entwickelte ein deutsches Unternehmen einen Lastenroller mit dem Spitznamen „fahrender Einkaufskorb“. Er ist speziell für die Bedürfnisse des urbanen Stadtlebens konzipiert und ermöglicht eine eigene Mobilität inklusive Lastentransport ohne Parkflächen- oder Ladesäulenanspruch. Dadurch ist es möglich eine Vielzahl täglicher Fahrten ohne Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor durchzuführen, wodurch ein erheblicher Anteil von Schadstoff- und Lärmemissionen in innerstädtischen Verkehrsbereichen eingespart werden kann.

2.2.7 E-Lastenräder/E-Transporträder/E-Cargo Bikes

Lastenfahrräder gibt es schon seit Ende des 19. Jahrhunderts. Durch unterschiedlich groß ausgeprägte Ladeflächen bietet sich den Anwendern die Möglichkeit, schwere Waren zu transportieren. Ob nachhaltige Lebensführung, Kostenersparnis oder gar zur Fitness eignen sich speziell ausgerüstete Lastenräder zudem für den Transport von Kleinkindern. Neben Zweirädern (einspurig) sind auch zahlreiche Dreiräder oder Vierräder (mehrspurig) zu finden, die je nach Aufgabe, Zweck und Einsatzgebiet mit verschiedenen Bauformen und Aufbauten ausgerüstet sind. Eine erhebliche Erweiterung des Einsatzspektrums wird durch die Ausstattung mit einem elektrischen Antrieb (Pedelec) bis 25 km/h erreicht. Bei einspurigen Lastenrädern – exemplarisch wird an dieser Stelle das Modell „Long John“ eines niederländischen Unternehmens aufgeführt – ist die Ladefläche vorne angesetzt, beim „Longtail“ hinten. Ein Lieferfahrrad hat annähernd die Bauform und das Fahrverhalten eines klassischen Fahrrades. Einige Pizzaliefersdienste nutzen diese Fahrräder bereits seit einigen Jahren. Bei mehrspurigen Lastenrädern existieren dreirädrige Trikes mit der

Ladefläche vorne sowie der sogenannte Schwertransporter, bei dem die Ladefläche meist hinten und kompatibel mit Europaletten ist.

Aktueller Stand

Aktuell existiert ein DLR-Projekt namens „Ich entlaste Städte“, einem breiten Kreis an gewerblichen und öffentlichen Nutzern Testangebote für Lastenräder bereitgestellt werden, um ein Bewusstsein für das Lastenrad als Transportmittelalternative zu schaffen. Zu diesem Zweck stehen Interessierten rund 150 Lastenräder in mehr als 15 Modellausführungen zur Verfügung. Während der dreijährigen Testphase (01/2017 bis 12/2019) erfolgt eine wissenschaftliche Begleitforschung zur Analyse der Nutzerakzeptanz und zur Abschätzung von umwelt- und verkehrstechnischen Auswirkungen. Im Sinne der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) trägt das Vorhaben zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei, da verbrennungsmotorische Fahrten durch den klimaschonenden Einsatz von Lastenrädern ersetzt werden. Abgesehen vom aufgeführten Forschungsprojekt, gibt es für Lastenräder optionale Leasingangebote, sodass auch private Anwendende Zugang zum Fortbewegungsmittel erlangen können. Seit dem Jahr 2012 fallen Lastenräder zudem unter die Ein-Prozent-Regel bzw. befristet die 0,5-Prozent-Regel von Dienstwagen, womit den Lastenrädern sowohl aus Sicht von Arbeitgeberinnen und Arbeitgebern und als auch aus Sicht von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern der Zugang zum Einsatz in unternehmerische und gewerbliche Transportprozesse offen steht.

2.2.8 E-Motorroller/ E-Scooter

Um einen erfolgreichen Wandel im Individualverkehr hin zur Elektromobilität zu fördern, dienen unter anderem elektrifizierte Zweiräder als Ersatz zu konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Ein Elektromotorroller, auch Elektro-Scooter genannt, ist ein Motorroller mit Elektroantrieb und Akku. In den letzten Jahren entstand ein umfangreiches Angebot an E-Rollern, das zumeist Modelle mit einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h und einer Reichweite von rund 50 km umfasst. Diese weisen durch geringere- Lärm- und Schadstoffausstoß, deutliche Vorteile gegenüber Rollern mit Verbrennungsmotoren auf. Zum Aufladen der E-Scooter dienen vorwiegend Ladekabel, die an einer herkömmlichen Schuko Haushaltssteckdose angeschlossen werden können.

Aktueller Stand

Bereits seit 2009 entwickelte ein in Stuttgart gegründetes Unternehmen ein Elektro-Leichtkraft-
rad mit max. 47 km/h und einer Reichweite von 65 km, welches fortlaufend überarbeitet wurde.
Seit 2016 wird in Zusammenarbeit mit einem württembergischen Automobilzulieferunterneh-
men eine elektrifizierte Version der Schwalbe hergestellt.

In Tabelle 2 ist zur Übersicht eine Auswahl der aktuellen E-Roller mit einer Höchstgeschwindigkeit
bis 45 km/h dargestellt.

Tabelle 2 Übersicht aktuell verfügbare E-Roller, Stand Dezember 2018

Hersteller	Fahrzeug- Modell	Leistung [kW]	Reich- weite [km]	Bemerkung	Land Hersteller/ Land Produktion
Govecs	GO! S2.5	3,0	60-100	diverse Modelle	Deutschland/Polen
Govecs	Schwalbe	4	125	Neuaufgabe	Deutschland
Govecs	Elly	2 / 3	40 -70	vernetzter Roller	Deutschland/Polen
NIU	N1s	1,2 / 2,4	70-80	TÜStrom-Roller	China
Unu	UNU 2.0	2	50 / 100		Deutschland/China
E-Faro	Roma	1/1,5/2	50		Deutschland
iO Scooter	Florenz	3,5	100		Österreich/China
Gogoro	Gogoro S1	2,4	50-70	Coup GmbH – nicht kaufbar	Taiwan
Emco	NOVA	2	100		Deutschland
Trinity	Neptun	3	60		Deutschland
Greenstreet	Seed	1,2	50-80	In Koop. mit Alpha-Mo- bil	Deutschland
Nova Motors	eGrace	3	40-60		Deutschland

Die Reichweitenangaben entsprechen den Angaben der jeweiligen produzierenden Unterneh-
men und können unter realen Bedingungen abweichen. Die meisten Elektromotorroller werden
in Asien (China, Taiwan) produziert. Manche europäische Firmen lassen wesentliche Teile ihrer
Fahrzeuge in China herstellen und vollziehen die Endfertigung in einem nachgelagerten Schritt in
Europa. Die Anschaffungskosten für einen E-Roller für Modelle mit 45 km/h Höchstgeschwindig-
keit, liegen je nach Ausführung ca. zwischen 1.100 € und 4.500 €.

2.2.9 Pedelecs, S-Pedelecs und E-Bikes

Pedelecs

Die Bezeichnung Pedelec steht für „Pedal Electric Cycle“ und beschreibt ein Fahrrad, das mit Muskelkraft und einem unterstützenden Elektromotor angetrieben wird. Der Motor eines solchen Pedelecs schaltet sich nur dann zu, wenn aktiv in die Pedale getreten wird. Im März 2017 hat der Bundesrat mit der letzten Änderung der StVZO die 52. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften verabschiedet. Seit dieser Änderung sind Pedelecs Fahrrädern ohne Elektroantrieb, verkehrsrechtlich offiziell gleichgestellt. Ferner gelten für Pedelecs die Bestimmungen, dass die Unterstützung des Elektromotors maximal 250 Watt betragen darf und eine zulässige maximale Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h nicht überschritten werden darf. Wie bei konventionellen Fahrrädern ohne Elektroantrieb besteht weder Helmpflicht noch eine Verpflichtung zu einem separaten Versicherungsschutz.

Eine besondere Form des Pedelecs bildet das S-Pedelec. Diese bieten ebenfalls eine Tretunterstützung, jedoch reicht die Motorunterstützung bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h. Zugelassen ist eine Nenndauerleistung von maximal 4 kW.

S-Pedelecs - verkehrsrechtliche Einordnung als „Kleinkraftrad“

S-Pedelec bedeutet „Speed-Pedal Electric Cycle“. Verkehrsrechtlich werden S-Pedelecs gleichbedeutend wie E-Bikes nicht als Fahrrad, sondern als Kleinkraftrad eingestuft. S-Pedelecs verfügen ebenfalls über eine Tretunterstützung, sodass eine maximal zugelassene Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h möglich ist. Wird das Rad ohne aktive Tretunterstützung des Fahrers und nur durch die Betätigung durch Knopfdruck bzw. Gashebel fortbewegt, ist eine maximal zulässige Geschwindigkeit von 20 km/h gestattet. Die maximale Nenndauerleistung darf 4 kW nicht überschreiten. Die Nutzung eines S-Pedelecs mit einer maximal zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h setzt ein Mindestalter von 16 Jahren und eine Fahrerlaubnis der Klasse AM (ehemals M) voraus. Es besteht zudem Versicherungs- und Helmpflicht. Mit einem S-Pedelec dürfen keine Radwege und keine Einbahnstraßen entgegen der Fahrtrichtung befahren werden.

E-Bikes – Allgemeine Informationen

Im Gegensatz dazu gibt es sogenannte E-Bikes. Auch E-Bikes werden mit der Unterstützung eines Elektromotors betrieben, wobei der Elektroantrieb per Knopfdruck oder Hebelbewegung zu- und

abgeschaltet werden kann. Die elektrische Unterstützung findet bei dieser Art Fahrrädern jedoch ohne aktive Trittleistung der fahrenden Person statt. Aus diesem Grund sind E-Bikes konventionellen Fahrrädern nicht gleichgestellt und bei der Nutzung gelten spezielle Vorschriften und Kategorisierungen, die im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert werden.

E-Bikes - verkehrsrechtliche Einordnung als „Leichtmofa“

Bezeichnet ein E-Bike mit einer zulässigen maximalen Geschwindigkeit von 20 km/h und einer maximalen Motordauernennleistung von 500 Watt. Für die Nutzung dieser E-Bikes sind das Mindestalter von 15 Jahren, ein Mofa-Prüfbescheinigung sowie ein Versicherungskennzeichen notwendig. Es besteht keine gesetzliche Helmpflicht. Innerorts dürfen Radwege die mit dem Hinweis „e-bikes frei“ befahren werden, Außerorts ist die Nutzung von aller Radwege gestattet. Eine Befahrung von Einbahnstraßen entgegen der Fahrtrichtung ist nicht gestattet. Kinderanhänger sind nicht erlaubt, Kindersitze bis sieben Jahre hingegen schon.

E-Bikes - verkehrsrechtliche Einordnung als „Mofa“

Bezeichnet ein E-Bike mit einer zulässigen maximalen Geschwindigkeit von 25 km/h. Dieses E-Bike wird als Mofa kategorisiert und für die Nutzung sind das Mindestalter von 15 Jahren, eine Mofa-Prüfbescheinigung sowie ein Versicherungskennzeichen notwendig. Es besteht eine gesetzliche Helmpflicht.

E-Bikes - verkehrsrechtliche Einordnung als „Kleinkraftrad“

Die Nutzung eines E-Bikes mit einer maximal zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h setzt ein Mindestalter von 16 Jahren und eine Fahrerlaubnis der Klasse AM (ehemals M) voraus. Es besteht zudem Versicherungs- und Helmpflicht.

Bei Pedelecs gibt es vier Nutzungsbereiche mit jeweils unterschiedlichen Anforderungen:

- Professionelle Nutzung u.a. durch die Post, Polizei und das Ordnungsamt
- Firmenfuhrparks
- Pendelnde zur Arbeitsstelle
- Pedelec als Freizeitgerät

Zudem für touristische Nutzung an Bahnhöfen und/oder in Ferien- oder Kurorten und für die private Nutzung je nach Bedarf. Für Tübingen sollte ein überregionales Sharing-System wie RegioRad (für eine potentielle Kooperation in der Zukunft) in Betracht gezogen werden. Für ausführliche Informationen, wie die konkrete Umsetzung eines Fahrradverleihsystems aussehen könnte, wird exemplarisch auf die Webauftritte Deutschlands größter Fahrrad-Sharing-Anbieter wie RegioRad Stuttgart (www.vvs.de/regioradstuttgart.de), Call-a-Bike (www.callabike-interaktiv.de), Nextbike (www.nextbike.de) oder Donkey Republic (www.donkey.bike.de) verwiesen.

2.2.10 E-Tretroller/ Elektrokleinstfahrzeuge

Elektrokleinstfahrzeuge oder auch Personal Light Electric Vehicles: (PLEV) genannt, zeichnen sich durch zumeist kleine Ausmaße und geringes Gewicht aus, die häufig über einen Klapp- oder Faltmechanismus verfügen. Diese Eigenschaften ermöglichen dem Nutzer eine unkomplizierte Mitnahme des Fahrzeugs, weshalb ihr besonderer Mehrwert vor allem darin besteht, zur Überbrückung vorwiegend kleiner Distanzen eingesetzt zu werden. Dazu gehören unter anderem E-Tretroller (E-Scooter), Hoverboards, und E-Longboards.

Seit dem Inkrafttreten der Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung am 15. Juni 2019, sind diese verkehrsrechtlich als eigenständige Fahrzeugklasse zu klassifizieren. Kleinstfahrzeuge die eine bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h erreichen können und somit Fahrrädern sehr stark ähneln, sind nun verkehrs- und verhaltensrechtlich an die Regelungen für Fahrräder - mit Ausnahme gesonderter Vorschriften - gebunden. Dabei handelt sich vorwiegend um Elektrokleinstfahrzeuge die über eine Haltestange verfügen.

In Tübingen zeigt sich das Unternehmen BrakeForceOne GmbH (BFO) im Bereich der Entwicklung und Konzeptionierung von leichten elektrischen Fahrzeugen, besonders innovativ. Mit der Entwicklung von Einzel- und Kleinserien sowie Prototypen, hat sich die BFO in der Vergangenheit zu einem bedeutenden Entwicklungspartner für die Zweirad- und Fahrzeugindustrie, insbesondere im Bereich Elektrokleinstfahrzeuge etabliert.

2.2.11 Förderung von E-Scootern, E-Pedelecs und E-Tretrollern in Tübingen

Um einen nachhaltigen und umweltfreundlichen Wandel im Tübinger Mobilitätssektor herbeizuführen, haben Interessenten an E-Scootern, E-Pedelecs oder E-Tretrollern in Tübingen die Möglichkeit, beim Kauf eines dieser Fortbewegungsmittel von Fördermitteln der Stadt oder der Stadtwerke Tübingen zu profitieren. Ein kurzer Überblick zu den wichtigsten Fördermitteln wird deshalb nachfolgend geschaffen.

Förderung durch die Stadtwerke

Die Stadtwerke Tübingen fördern gezielt die elektrifizierte Zweiradmobilität und unterstützen deshalb jede Anschaffung eines Zweirades mit Elektroantrieb mit einem einmaligen Zuschuss pro Fahrzeug von 100 Euro. Darunter zählen unter anderem Pedelecs (E-Bikes), E-Roller oder E-Scooter. Die Voraussetzung zur Förderfähigkeit des Kaufs ist, dass die Person Ökostrom-Kunde bei den Stadtwerken Tübingen ist. Denn nur mit elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien ist ein klimaschonender Einsatz dieser Fahrzeuge möglich. Zudem ist es möglich die Förderung in Kombination zum Jobrad-Leasing-Modell in Anspruch zu nehmen, vorausgesetzt das Rad wird nach der herkömmlichen Vertragslaufzeit vom Nutzenden für den privaten Gebrauch übernommen. Der Zuschuss kann dann einmalig zum Ende der Leasing-Frist beansprucht werden.

Detailliertere Informationen zur Förderfähigkeit und den Förderbedingungen können zudem auf der Internetseite der Stadtwerke Tübingen unter folgendem Link eingesehen werden:

- <https://www.swtue.de/energie/strom/e-mobilitaet/foerderprogramm-e-mobilitaet.html>

Besonderheit bei der Förderung von E-Scootern durch die Stadtwerke Tübingen

Beim Vertrieb von E-Scootern besteht eine Kooperation zwischen den Stadtwerken Tübingen und einem ortsansässigen Tübinger Vertriebspartner. Ist der Käufer eines E-Scooters Stromkunde bei den Stadtwerken Tübingen, so erhält dieser einen einmaligen Rabatt von 150 Euro auf den Listenpreis des ausgewählten Fahrzeugs beim ortsansässigen Vertriebspartner. Als Ökostromkunde der Stadtwerke Tübingen können zu den garantierten 150 Euro zusätzliche 50 Euro Rabatt auf den Listenpreis geltend gemacht werden, sodass insgesamt eine Förderung von 200 Euro möglich ist.

Detailliertere Informationen zum Vertriebspartner sowie zur Förderfähigkeit und den Förderbedingungen, können zudem auf der Internetseite der Stadtwerke Tübingen unter folgendem Link eingesehen werden:

- <https://www.swtue.de/energie/strom/e-mobilitaet/tuestrom-roller.html>

Abwrackprämie für fossile Zweiräder der Stadt Tübingen

Als erste Kommune in Deutschland fördert die Universitätsstadt Tübingen im Rahmen der Klimaschutzkampagne „Tübingen macht blau“ den Umstieg auf elektrifizierte Motorroller mit einer Abwrackprämie. Bei dem Betrieb dieser Zweitakter entstehen rund 100 Mal mehr Schadstoffe als bei anderen Fahrzeugen. Somit tragen diese erheblich zur Luftverschmutzung bei und sollen durch eine gezielte Förderung durch Zweiräder mit Elektroantrieben ersetzt werden. Wer seinen alten Motorroller abschafft und sich einen E-Scooter, Pedelec oder E-Bike kauft, kann bei der Stadt einen Zuschuss von 200 - 500 Euro geltend machen. Abhängig ist die Höhe des Zuschusses von der Schadstoffklasse bzw. dem Alter des abgeschafften Zweirads.

Die Förderbedingungen und das Antragsformular sind zudem unter folgendem Web-Link aufzufinden:

- <https://www.tuebingen.de/tuebingen-macht-blau/abwrackpraemie>

(E-)Lastenradförderung

Bei einem Lastenrad mit oder ohne elektrischem Antrieb handelt es sich um ein umweltfreundliches und platzsparendes Fortbewegungsmittel, mit dem sowohl schwere und sperrige Gegenstände aber auch kleine Kinder sicher und flexibel transportiert werden können.

Im Rahmen der Klimaschutzkampagne „Tübingen macht blau“ können Privatpersonen, die ihren Erstwohnsitz in Tübingen haben und sich ein Lastenrad mit oder ohne elektrischen Antrieb anschaffen, 25 Prozent des Anschaffungspreises mit einer Deckelung von 1.000 Euro von der Stadt Tübingen bezuschusst bekommen.

Detailliertere Informationen zur Förderfähigkeit und den Förderbedingungen, können auf der Internetseite der Stadtwerke Tübingen unter folgendem Link eingesehen werden:

- <https://www.tuebingen.de/tuebingen-macht-blau/lastenradfoerderung>

2.3 Ladetechnologien

Elektrofahrzeuge können zum derzeitigen Stand entweder durch Wechselstrom (AC) oder durch Gleichstrom (DC) geladen werden. Da die beim Elektroauto verwendeten Batterien aktuell ausschließlich in der Lage sind Gleichstrom zu speichern, in den Stromnetzen jedoch der Strom als Wechselstrom anliegt, besteht der Unterschied zwischen AC- und DC-Laden ausschließlich darin wo die Umwandlung des Stromes von Wechsel- zu Gleichstrom erfolgt. Beim AC-Laden wird der Ladestrom innerhalb des Fahrzeugs, beim DC-Laden dagegen außerhalb des Fahrzeugs umgewandelt. Die Schnittstelle an das Stromnetz wird als Ladepunkt bezeichnet. Ein Ladepunkt kann zeitgleich genau ein Elektroauto aufladen. Bei Ladepunkten wird zwischen Normal- und Schnellladepunkten unterschieden.

Allgemein werden die folgenden Ladestandards unterschieden:

1. regular charging: AC, mit Ladeleistungen ≤ 22 kW;
- 2a. fast charging: AC/DC, mit Ladeleistungen > 22 -100 kW;
- 2b. ultra-fast charging ("UFC"): DC, mit Ladeleistungen > 150 kW.

Die nachfolgende Tabelle 3 und

Tabelle 4, zeigen die wesentlichen technischen Charakteristika der beiden Ladestandards.

Tabelle 3 regular charging

Normalladung (regular-charging)	
Bereich	privat und öffentlich
Ladebetriebsart	1+2 (siehe <i>Kap. 2.3.1 AC-Laden</i>)
Leistung	Wechselstrom: 2,3 - 22 kW (230 V, 10/16 A,)
Infrastruktur	Industriestecker (CEE)
Ladezeit	ca. 8 bis 16 h (Vollladung, je nach Leistung Batterie)
Einsatzbereiche	privater Stellplatz, Carport oder Garage

Tabelle 4 fast-charging und ultra-fast charging

Schnellladung (fast-charging, ultra-fast-charging)	
Bereich	Öffentlich
Ladebetriebsart	4 (siehe. <i>Kap. 2.3.2 DC-Laden</i>)
Leistung	Gleichstromladen bis 150 kW (500 V, 125 A u. höher)
Infrastruktur	Schnellladestationen m. Stecker CHAdeMO oder CCS
Ladezeit	bis unter 30 Minuten (Vollladung, je nach Leistung LIB)
Einsatzbereiche	Stromtankstellen, öffentliche Ladepunkte

Beim Ladestandort wird unterschieden, ob Elektrofahrzeuge an privaten oder öffentlichen Standorten aufgeladen werden. Wie Abbildung 4 aufzeigt, können die einzelnen Anwendungsfälle des Ladens in verschiedene Gruppen unterteilt werden.

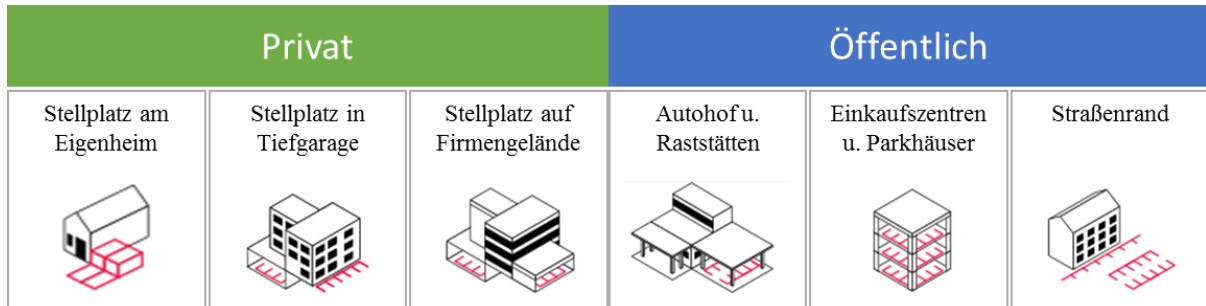


Abbildung 4 Anwendungsfälle für Ladeinfrastruktur

Beim öffentlichen Laden muss der Ladepunkt uneingeschränkt für alle Personen zugänglich sein. Öffentliche Ladepunkte finden sich somit am Straßenrand, in Parkhäusern, bei Autobahnen und Kundenparkplätzen wieder.

Im privaten Anwendungsfall erfolgt der Zugang zum Ladepunkt nur über die Zustimmung der Personen in dessen Eigentum sich der Ladepunkt befindet. Typische Anwendungsfälle hierbei sind Privatgrundstücke (Einzel- und Mehrfamilienhäuser), Firmenparkplätze, welche nicht öffentlich zugänglich sind und Tiefgaragen von Wohnblocks.

Nachfolgend werden folgende Ladetechniken kurz erläutert:

- Konduktives Wechselstromladen (AC-Laden)
- Konduktives Gleichstromladen (DC-Laden)
- Induktives Laden
- Batteriewechsel
-

2.3.1 AC-Laden

Die unterschiedlichen Arten des Ladens werden in der relevanten Systemnorm DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1): 2012-01 als Ladebetriebsarten bezeichnet.

Ladebetriebsart 1

Das Laden mit Wechselstrom (AC) an einer landesüblichen Haushaltssteckdose (Schuko: Schutzkontakt-Steckdose) oder einer ein- oder dreiphasigen CEE-Steckdose wird als Ladebetriebsart 1 bezeichnet.

Ladebetriebsart 2

Der Unterschied zur Ladebetriebsart 1 besteht darin, dass in der Ladeleitung eine Steuer- und Schutzeinrichtung integriert ist (IC-CPD). Sie schützt vor elektrischem Schlag bei Isolationsfehlern.

Ladebetriebsart 3

In dieser Ladebetriebsart findet das Laden mit Wechselstrom (AC) mit einem Typ 2-Stecker an einer zweckgebundenen Steckdose statt, die sich an einer am Netz fest installierten Ladestation (oder Wallbox) befindet. Alternativ kann ein fest angeschlossenes Ladekabel vorhanden sein. Eine Steuerung des Ladevorgangs wird durch einen Datenaustausch zwischen der Ladestation und dem Fahrzeug ermöglicht. Diese Ladebetriebsart basiert auf einer speziell für Elektrofahrzeuge errichteten Infrastruktur und bietet ein hohes Maß an elektrischer Sicherheit. Weiterhin gewährleistet diese den Schutz der Installation vor Überlastung (Brandschutz).

2.3.2 DC-Laden

Ladebetriebsart 4

Das kabelgebundene DC-Laden wird als Ladebetriebsart 4 bezeichnet und ebenfalls wie auch Ladebetriebsart 3 zum Laden von E-Fahrzeugen empfohlen. Das Laden mit Gleichstrom (DC) wird üblicherweise für höhere Ladeleistungen verwendet. Bei Ladebetriebsart 4 ist das Kabel an der Ladestation oder Wallbox fest angebracht. Beim DC-Laden gibt es mit CHAdeMO und dem Combined Charging System (CCS) (vgl. Abbildung 5) zwei unterschiedliche Systeme (NPE, 2013, S. 20).



Abbildung 5 Aktuell meist verbreitete Ladestecker-Typen (2018)

2.3.3 Induktives Laden und Batteriewechsel

Induktive Ladesysteme ermöglichen das kabellose Laden von Elektrofahrzeugen. Die Energieübertragung erfolgt mit Hilfe des Transformatorprinzips. Dazu werden zwei Spulen, eine im Fahrzeug, die andere am Ladepunkt, beispielsweise in einer Garage oder Parkfläche eingelassen. Beide Spulen müssen zum Ladevorgang möglichst genau übereinander positioniert werden. In der Primärspule, der Ladespule außerhalb des Fahrzeuges, wird während des Ladevorgangs ein magnetisches Wechselfeld aufgebaut. Dieses induziert einen Wechselstrom in der Fahrzeugspule mit dem das Ladegerät für den Akku gespeist wird, der Akku wird geladen. In der Praxis funktioniert dies bereits bei elektrischen Zahnbürsten. In naher Zukunft soll dies bei den meisten E-Fahrzeugen möglich sein.

Außerdem ist statt dem induktiven Laden auch ein Batteriewechsel denkbar. Beim Batteriewechsel wird die entleerte Batterie aus dem Elektrofahrzeug entfernt und durch eine geladene Batterie ersetzt. Diese Möglichkeit der Energieversorgung spielt aktuell keine nennenswerte Rolle für die Energieversorgung von E-Fahrzeugen, sondern wird für Pedelecs, E-Bikes und E-Roller eingesetzt. Derzeit liegen noch keine einheitlichen Standards vor, daher wird auf den Batteriewechsel nicht weiter eingegangen.

2.4 Ladestationen

Ladestationen werden in unterschiedliche Arten des Ladens unterteilt. Nachfolgend werden die einzelnen Lademöglichkeiten kurz dargestellt.

Schuko- oder CEE-Steckdose

Die Schuko Steckdose ist die gewöhnliche landesspezifische Steckdose, die CEE-Steckdose (Campingsteckdose) ist die wetterfeste Variante bzw. der Dreiphasendrehstromstecker und ist die am häufigsten anzutreffende Lademöglichkeit. In der Regel sind keine oder nur sehr geringe Investitionen in die Ladeinfrastruktur nötig. Jedoch erscheint speziell die Schuko Steckdose auf Grund der hohen Dauerleistung beim Ladevorgang als ungeeignet, um Elektrofahrzeuge dauerhaft zu beladen.

Wallboxen

Die Wallbox (dt. Wand-Ladestation) ist die Verbindung zwischen Stromnetz und Ladekabel. Sie ist für geschützte Bereiche wie Carports und (Tief)-Garagen konzipiert und wird an einer Wand montiert. Häufig sind verschiedene Steckdosen in einer Wallbox kombiniert. Bei Wallboxen können Spannungen bis 400 Volt realisiert werden. Es ist mit Kosten von rund 500 Euro im Bereich einfacher AC-Ladeeinrichtungen und bis über 10.000 Euro für leistungsstärkere DC-Schnellladeeinrichtungen zu rechnen. Zudem ist eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Wallbox möglich sowie digitale Steuerungsapplikationen, wie die Steuerung von Nachtladen über eine Smartphone-App. Gewöhnlich werden die Ladebetriebsarten 1 bis 3 unterstützt (Gillesen & Schramek, 2017, S. 24).

Ladesäulen

Im Gegensatz zur Wallbox ist die Ladesäule wetterfest und kann somit auf offenen Plätzen installiert werden. In der Regel sind verschiedene Steckmöglichkeiten an einer Ladesäule kombiniert. Die möglichen Leistungsabgaben reichen von 3,7 kW der normalen Haushaltssteckdose bis zu 150 kW an Gleichstrom-Ladestationen und umfassen einen Kostenrahmen von mehreren Hundert Euro bis teilweise weit über 50.000 Euro für leistungsstarke Gleichstrom-Schnellladereinrichtungen. Ebenso ist eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule möglich und auch hier sind digitale Steuerungsapplikationen nutzbar. Für das DC-Laden gibt es spezielle Ladesäulen, die grundsätzlich größer sind als AC-Ladesäulen. Gewöhnlich werden die Ladebetriebsarten 3 und 4 unterstützt.

3. Rechtlicher Rahmen

Wesentliche Grundvoraussetzungen um die Elektrofahrzeuge in Deutschland flächendeckend einführen zu können, sind einheitliche Standards im Hinblick auf Ladeinfrastruktur, Lade-Modi und benutzerfreundliche Systeme zur Buchung und Abrechnung von Ladevorgängen. Weiterhin sind für die Einführung standardisierter Elektromobilitätslösungen eindeutige gesetzliche Rahmenbedingungen unerlässlich.

An erster Stelle ist dabei das „Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge“, das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) zu nennen. Dieses trat am 6. Juni 2015 in Kraft. Ziel des Gesetzes ist es im Wesentlichen, Maßnahmen einzuführen, die Elektrofahrzeuge gegenüber konventionellen Verbrennern im Straßenverkehr bevorzugen um somit eine flächendeckende Verwendung emissionsarmer und umweltfreundlicher Elektrofahrzeuge im motorisierten Individualverkehr zu fördern.

Die genannten „Bevorrechtigungen“ gelten uneingeschränkt für Elektrofahrzeuge und sind möglich für:

- Das Parken auf öffentlichen Straßen oder Wegen.
- Bei der Nutzung von Straßen die für die Nutzung zu besonderen Zwecken bestimmt sind. (z.B. Busspur).
- Die Erlaubnis zur Befahrung von Zufahrtsbeschränkungen oder Durchfahrtsverboten.
- Bezüglich des Erhebens von Gebühren für das Parken auf öffentlichen Straßen und Wegen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass für Hybridfahrzeuge in Hinblick auf die Zulässigkeit der Anwendung geschilderter Bevorrechtigungen folgende Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

- Die Kohlenstoffdioxid-Emissionen des Fahrzeugs dürfen maximal 50 Gramm pro gefahrenem Kilometer betragen.
- Die Reichweite des Fahrzeugs bei ausschließlicher Nutzung des Elektroantriebs mindestens 40 Kilometer betragen muss.

Konkret bietet dieses Gesetz Kommunen die rechtliche Grundlage, Nutzende von Elektrofahrzeugen von Parkgebühren auf öffentlichen Parkplätzen zu befreien oder das Befahren von Busspuren zu ermöglichen. Diese gesetzliche Ausnahmeregelung für Elektrofahrzeuge soll Kommunen die Möglichkeit geben, die Elektromobilität im Umfeld urbaner und kommunaler Mobilitätslösungen

für ein potenziell interessiertes Publikum der Elektromobilität attraktiver zu gestalten und somit eine weitere Verbreitung von Elektrofahrzeugen gezielt zu fördern. Das Gesetz ist bisweilen bis auf das Jahr 2026 in seiner rechtlichen Wirksamkeit beschränkt.

Darüber hinaus soll die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) erlassene Ladesäulenverordnung (LSV), den Ausbau von Lademöglichkeiten in Deutschland beschleunigen, einen technischen Mindeststandard und Rechtssicherheit für Errichtende der Ladeeinrichtungen schaffen. Die Verordnung regelt laut ihrem Titel „technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile“. In Kraft getreten ist die Ladesäulenverordnung am 17. März 2016.

3.1 Förderung

Neben der Abgrenzung des rechtlichen Rahmens zum Thema Elektromobilität, sollen auch Förderungen und Prämien, die die Elektromobilität begünstigen näher betrachtet werden. Seit Juli 2016 stellt der Bund eine Prämie (Umweltbonus) für den Erwerb von Elektrofahrzeugen (4.000 Euro für BEV und 3.000 Euro für PHV) zur Verfügung. Diese Prämien sind steuerfrei und werden über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) bewilligt.

Neben steuerlichen Begünstigungen existieren Förderprogramme unter anderem auf Bundes- und Länderebene. Auch lokale Initiativen durch Kommunen und Energieversorgungsunternehmen tragen zur Erreichung der vorgegebenen umwelt- und klimapolitischen Ziele bei. Elektrofahrzeuge werden steuerlich bevorzugt behandelt. Die verlängerte Kfz-Steuerbefreiung sowie die Steuervergünstigungen für das Aufladen von Elektrofahrzeuge sind Bestandteile des Gesetzes zur steuerlichen Förderung von Elektromobilität, das am 17. November 2016 in Kraft getreten ist und bis zum 31. Dezember 2020 gelten soll. Das Gesetz ergänzt die Maßnahmen der Bundesregierung zur Förderung der Elektromobilität im Sektor Straßenverkehr. Seit Januar 2017 sind Elektrofahrzeuge für zehn Jahre von der Kraftfahrzeugsteuer befreit, diese müssen bis 31. Dezember 2020 neuzugelassen sein.

Anders als bei anderen Vergünstigungen für Personen in einem Angestelltenverhältnis (z. B. Tankgutscheine für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren) wird das Aufladen von Elektrofahrzeu-

gen an betriebseigenen Ladestationen nicht als geldwerter Vorteil behandelt. Auch die Unterstützung bei der Bereitstellung von Lademöglichkeiten durch Unternehmen wird steuerlich bevorzugt. Sofern keine Übereignung erfolgt, fallen dafür keine Steuern für Arbeitnehmende an. Wer einen Firmenwagen auch privat nutzt, ist verpflichtet in seiner Steuererklärung einen geldwerten Vorteil anzugeben und die Nutzung des Fahrzeugs zu versteuern. Ab dem 1. Januar 2019 wurde der dafür anfallende Betrag für Elektro-Firmenwagen verringert und bildet somit eine weitere Maßnahme der Bundesregierung, um die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen weiter zu begünstigen. Anstatt wie bisher 1 Prozent des Bruttolistenpreises müssen Personen in einem Angestelltenverhältnis seit dem 01. Januar 2019 nur noch 0,5 Prozent steuerlich geltend machen.

3.2 Baurechtliche Voraussetzungen

Für die baurechtlichen Voraussetzungen bezüglich der Installation von Ladestationen muss zwischen öffentlicher, halböffentlicher und privater Ladeinfrastruktur unterschieden werden. Die folgende Abbildung 6 gibt Aufschluss darüber, welche Aufstellungsorte zum privaten und öffentlichen Bereich zählen. Weiterhin vermittelt diese einen Überblick, zu welchen prozentualen Anteilen Ladeinfrastruktur in Deutschland im öffentlichen oder privaten Bereich aktuell überwiegend installiert ist.


Ladeinfrastruktur im öffentlichen, halböffentlichen und privaten Bereich						
Anteile Ladevorgänge	Privater Aufstellort aktuell 85%			Öffentlich zugänglicher Aufstellort aktuell 15%		
						
Standorte für Ladeinfrastruktur nach Bereich	Einzel-/ Doppelgarage bzw. Stellplatz beim Eigenheim	Parkplätze/ Tiefgaragen von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks	Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	Autohof, Autobahnraststätte	Einkaufszentren, Parkhäuser, Kundenparkplätze	Straßenrand, öffentliche Parkplätze, Laternenparker

Abbildung 6 Definition der Aufstellorte von Ladeinfrastruktur an öffentlichen, halböffentlichen und privaten Aufstellorten (eigene Darstellung nach Verband der Automobilindustrie. O.J.)

Nicht separat aufgeführt sind in Abbildung 6, Aufstellorte im halböffentlichen Bereich. Ladesäulen die dort aufgestellt sind, umfassen in der Regel privat bewirtschaftete Straßenflächen, die jedoch eingeschränkt oder uneingeschränkt öffentlich nutzbar sind. Flächen auf die diese Definition zutrifft, sind unter anderem Bahnhofsvorplätze, Supermarktparkplätze, Tankstellen und Parkgaragen.

Im Bereich des öffentlichen Ladens besteht hinsichtlich der Möglichkeit Straßenlaternen zur Ladung von Elektrofahrzeugen umzurüsten die weitverbreitete Meinung, dass dieses Vorgehen eine kostengünstige und technisch weniger aufwändige Alternative zur Installation vergleichsweise hochpreisiger Ladesäulen oder Wallboxen darstellt. Unter der Voraussetzung das sonstige technische, standortspezifische und infrastrukturelle Voraussetzungen gegeben sind, ist dies in Einzelfällen zutreffend. Diese Maßnahme ist jedoch nicht immer ohne weiteres umsetzbar, daher

gilt es an dieser Stelle folgende Aspekte zu berücksichtigen. Lösungen für die sogenannten Laternenparker sind flächendeckend aufwändig. Dieser Nutzerkreis benötigt einen Zugang zur öffentlichen bzw. halböffentlichen LIS. Bei über 6.000 Laternenparkenden in Tübingen, stellt dies eine echte Herausforderung dar. Angebot und Nachfrage sollten an der Stelle ausgewogen sein. Um ein flächendeckendes Angebot für alle Laternenparkenden zu ermöglichen, wären in etwa 1.000 öffentliche Parkplätze im Stadtgebiet Tübingen mit LIS auszurüsten. Selbst mit kostengünstiger Ladetechnik belaufen sich die Investitionskosten pro Stellplatz auf mindestens 5.000 EUR pro Einheit. In Summe entspräche das einem Investitionsvorhaben von 5 Millionen EUR. Der laufende Betrieb inkl. Service und Wartung beläuft sich in etwa auf 150 T EUR im Jahr. Eine vollständige Erschließung dieser LIS für Laternenparker ist somit weder wirtschaftlich noch gesellschaftspolitisch umsetzbar. Hier bleibt auch abzuwarten, in welche Richtung sich die Ladetechnik weiterentwickelt. Laternen als Ladepunkte umzurüsten wäre naheliegend. In Tübingen sind die Möglichkeiten an den Laternen aktuell nicht gegeben, da die Infrastruktur zum einen nur in der Nacht mit Strom (bei Dunkelheit) beaufschlagt werden und zum anderen die Leistungsabgabe für Ladevorgänge zu gering ist. Auch mit Blick auf die Lage von Parkplatz und Laterne (mindestens Gehweg dazwischen) schließt sich der Großteil an Möglichkeiten aus. Die Stadtwerke empfehlen hier zunächst abzuwarten und sich im Zusammenhang mit Laternenparkenden auf die Entwicklung im Bereich (halb)öffentliche LIS zu konzentrieren.

Nachdem nun die Bereiche öffentliche, halböffentliche und private Aufstellorte für Ladeinfrastruktur definiert wurden, werden anschließend die baurechtlichen Voraussetzungen zur Errichtung von Ladeinfrastruktur in Tübingen geschildert.

3.2.1 Öffentliche Ladeinfrastruktur

Um Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum errichten zu können, bedarf es unterschiedlicher planungs- sowie genehmigungsrelevanter Schritte. Diese Schritte sollten möglichst früh in den Planungsprozess zur Errichtung der LIS einbezogen werden, um eine rechtskonforme und möglichst reibungslose Realisierung von LIS im öffentlichen Raum zu gewährleisten. Der nachfolgende Abschnitt soll deshalb Aufschluss darüber geben, wie ein solcher Planungs- und Umsetzungsprozess beispielhaft aussehen könnte.

Detaillierte Informationen zur Errichtung von Elektroladeinfrastruktur in Kommunen bietet das Informationsdokument des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit dem Titel „Genehmigungsprozess der E-Ladeinfrastruktur in Kommunen: Strategische und Rechtliche Fragen“. Dieses kann auf der Homepage der „Starterset Elektromobilität“ (www.starterset-elektromobilitaet.de), welche Hilfe und praktische Tipps zur Einführung von E-Mobilität in Kommunen gibt, eingesehen werden.

1. Landesbauordnung Baden-Württemberg

In Tübingen bildet für die konkrete Umsetzung zum Bau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im öffentlichen Raum, die Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO BW) die baurechtliche Grundlage. Grundsätzlich benötigen Errichtende von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum nach den Vorgaben der LBO BW einen Vertrag über den Netzanschluss, eine straßenrechtliche Sondernutzungserlaubnis sowie eine dazugehörige straßenverkehrsrechtliche Anordnung.

2. Festlegung und Prüfung des Standorts für öffentliche Ladeinfrastruktur

Da der öffentliche Raum verschiedene verkehrs-, sozial- und ökologisch-relevante Funktionen erfüllen muss, kann dies dazu führen, dass Flächenkonkurrenzen durch die Aufstellung von Ladestationen eintreten können. Es sollte daher in einem ersten Schritt überprüft werden, ob am vorab festgelegten Standort ggf. Vorgaben für andere Nutzungen bestehen und ob diese mit der E-Ladeinfrastruktur vereinbar sind.

3. Sondernutzungserlaubnis

Kann ein Konflikt mit einer bestehenden Planung ausgeschlossen werden, ist als nächstes die Frage der baurechtlichen Zulässigkeit zu erörtern. Bei der Inanspruchnahme öffentlicher Flächen durch das Aufstellen von E-Ladeinfrastruktur, handelt es sich um eine Sondernutzung. Diese darf den verbleibenden Gemeindegebrauch nicht beeinträchtigen, sodass negative Einflüsse auf die Sicherheit sowie einen reibungslosen Verkehrsfluss zu vermeiden sind.

4. Tiefbau

Ist die Erteilung einer Sondernutzungserlaubnis erfolgt, muss eine Genehmigung der nötigen Tiefbauarbeiten beantragt werden. Weiterhin sind Elektroladestationen als bauliche Anlage im Sinne des Bauordnungsrechts zu qualifizieren, wobei die Errichtung in der Regel verfahrensfrei

und ohne Baugenehmigung möglich ist. Um hier ganz sicher zu sein, ist im Einzelfall die Genehmigungsfähigkeit bei der zuständigen Baurechtsbehörde zu erfragen.

3.2.2 Halböffentliche Ladeinfrastruktur

Wesentlich einfacher als im öffentlichen Raum, gestaltet sich die Aufstellung von E-Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum. Die rechtlichen Herausforderungen sind im halböffentlichen Raum wesentlich geringer. Grundsätzlich besteht baurechtlich eine Genehmigungsfreiheit, allerdings sind weitere öffentlich-rechtliche Vorschriften zu beachten.

Hierbei ist eine Verunstaltung des Straßen-, Orts- und Landschaftsbildes zu vermeiden. Dies bedeutet konkret, je anspruchsvoller die Umgebung gestaltet ist, desto eher muss auch die optische Gestaltung der zu errichtenden E-Ladesäule der Umgebung entsprechen. Außerdem müssen die rechtlichen Vorgaben, die zur Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beitragen, auch im halböffentlichen Raum beachtet werden. Ebenfalls zu beachten sind die landesrechtlichen Denkmalschutzvorschriften. Hier ist die Erlaubnis der Denkmalschutzbehörde erforderlich.

3.2.3 Private Ladeinfrastruktur

Grundsätzlich bestehen für elektrische Anlagen – dazu zählen auch Ladestationen für Elektrofahrzeuge - sowie deren Installation, Normen zur Funktionssicherheit. Hierbei sind unter anderem die verbindenden Kabel (konduktive Ladung) sowie die Kommunikationsschnittstellen genormt. Daher müssen Bauteile, Fahrzeuge und Anlagen, die in Umlauf gebracht werden, diesen Normen nachweislich entsprechen. Bei Einhaltung der genannten Richtlinien, Normen und Prüfverfahren können sicherheitstechnische Bedenken bezüglich der Ladeinfrastruktur und dem Ladevorgang selbst ausgeschlossen werden. Selbst in geschlossenen Räumen, Garagen und Tiefgaragen ist so ein bedenkenloses Laden von Elektrofahrzeugen möglich.

Bei der Errichtung privater Ladestationen ist weiterhin zwischen Bestandsgebäuden und Neubauten zu unterscheiden.

Im Neubau gibt es bereits eine Reihe rechtlicher Handlungselemente, die eine sichere Errichtung der Infrastruktur ermöglichen. In Bestandsgebäuden, insbesondere in Wohneigentümergeinschaften ist die Installation von Ladestationen für Elektrofahrzeuge nicht ohne weiteres möglich. Nach Ansicht des Verbands baden-württembergischer Wohnungs- und Immobilienunternehmen

e.V. (vbw) ist es aus Gründen der Rechtssicherheit notwendig, die Maßnahme als bauliche Veränderung sonstiger Art einzustufen, weshalb eine Zustimmung aller Wohnungseigentumsbesitzenden einzuholen ist. Exemplarisch wird nachfolgend ein Beispiel aufgeführt, unter welchen Auflagen herkömmlicherweise eine Bauausführung in WEGs durchgeführt werden kann:

- Fachgerechter Einbau nach anerkannten Regeln der Technik, insbesondere unter Einhaltung und Beachtung der einschlägigen DIN-Normen, VDI-Richtlinien und Unfallverhütungsvorschriften.
- Einhaltung öffentlich-rechtlicher Vorschriften, insbesondere der bauordnungsrechtlichen und feuerpolizeilichen Regeln
- Sicherstellung, dass durch die Installation der Ladeinfrastruktur die bestehende Strom-Infrastruktur verbleibender Wohn- und Gemeinschaftseinheiten nicht eingeschränkt oder beeinträchtigt wird.
- Einholung behördlicher Genehmigungen

Empfehlung 1 Informationsplattform/ Informationsangebote E-Mobilität

Für E-Mobilisten in der Region Tübingen sollen Informationsplattformen und umfangreiche Beratungsangebote zum Thema Elektromobilität eingeführt werden. Informationssuchende können dort zu allgemeinen Fragen oder konkreten Anliegen Informationen erhalten.

Ziel:

Für eine erfolgreiche Integration von Elektromobilität in Tübingen ist ein breites Informationsangebot für die Bevölkerung sowie für Unternehmen nötig. Die Zielstellung sollte dabei sein, die Umweltpotenziale der E-Mobilität aufzuzeigen und nachhaltig zu heben. Die dazu benötigten Beratungs- und Informationsangebote sollten so aufgebaut sein, dass dabei die Belange und Herausforderungen die bei der Umstellung von Unternehmensfuhrparken und deren Angestellte gleichermaßen berücksichtigt werden, wie die privaten Haushalte zzgl. E-Car-Sharing und elektrifizierter ÖPNV. Durch gezielte Beratung und damit einhergehendem allgemeinem Kenntniszuwachs zum Thema Elektromobilität, wird zunehmend auch die Akzeptanz für Elektromobilität weiter steigen. Auch finanzielle Anreize können für den Kreis interessierter Personen ein Kriterium sein, sich für elektrifizierte Fortbewegungsmittel wie E-Autos, E-Bikes aber auch E-Roller oder sonstige elektrifizierte Transportmittel zu entscheiden. Finanzielle Zuschüsse können durch Förderprogramme einer breiten Masse an Antragstellenden zur Verfügung gestellt werden. Es ist daher empfehlenswert, dass die Kenntnisse regionaler, lokaler aber auch landes- und bundesweiter Fördermittel in das Repertoire der Beratungs- und Informationstätigkeit aufgenommen wird, der Wissenstand über die aktuelle Förderlandschaft kontinuierlich aktualisiert wird und somit in der Beratungstätigkeit weitergegeben werden kann. Eine kommunikations- und öffentlichkeitswirksame Kampagne sollte zudem im Zeitraum der nächsten 5 Jahre auf neu eingeführte Beratungs- und Informationsangebote hinweisen.

Um die Errichtung öffentlicher Ladeinfrastruktur zukünftig zu erleichtern, sollte ein Informationsportal durch die Stadt bereitgestellt werden, dass vor allem den öffentlichen Einrichtungen die Ladeinfrastruktur installieren möchten, Hilfe zum konkreten Umsetzungsprozedere liefert. Dieses soll Auskunft über Möglichkeiten, Rechte und Pflichten zur Errichtung einer Ladestation im öffentlichen Raum geben. Wird dies umgesetzt, befinden sich alle zur Umsetzung involvierten Beteiligten des öffentlichen Bereichs auf dem gleichen Wissensstand und verwaltungstechnische Prozesse können standardisiert und die Effizienz in der Umsetzung gesteigert werden.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Erstellung Webseite mit allg. Informationen zum Thema Elektromobilität
EVU:	Beratung persönlich, telefonisch und Email

Aktueller Stand:

Schon heute gibt es in Tübingen und auch unter Anwendung des Internets, eine Vielzahl an Informations- und Beratungsangeboten zur Elektromobilität. Dort haben E-Mobilisten sowie interessierte Bürgerinnen und Bürger zu jeder Zeit die Möglichkeit, sich rund um das Thema Elektromobilität zu informieren. Die Informationsangebote lassen sich dabei wie folgt unterteilen:

Lokale Informationsangebote zum Thema Elektromobilität unter folgenden Internetseiten

- <https://www.tuebingen.de/tuebingen-macht-blau/21776.html#/21777>

- <https://www.swtue.de/energie/strom/e-mobilitaet/>

Informationsangebote der Stadtwerke Tübingen (swt)

- Email: elektromobilitaet@swtu.de
- Persönlich: Mo.–Fr. 08:00 – 18:00 Uhr
swt, Eisenhutstraße 6, 72072 Tübingen

Allgemeine Informationsangebote zum Thema Elektromobilität

- <https://www.now-gmbh.de/de> (u.a. Steuerung/ Koordination Einführung Elektromobilität)
- <https://www.e-mobilbw.de/de/> („neue“ Mobilitätslösungen)
- <https://www.goingelectric.de/> (Geoinformationen zu Standorten von LIS + Infos zu E-Fahrzeugen)
- Informationsbörse Elektromobilität Neckar-Alb (IBENA) → Link Newsletter Abonnement:
<https://nowwebsite.us3.list-manage.com/subscribe?u=ccb08ccd4d16f5e44a4ae3ba3&id=7d791fa494>

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Um auch weiterhin eine möglichst zielgerichtete und effektive Einführung der Elektromobilität sowie der dazugehörigen Ladeinfrastruktur in Tübingen zu ermöglichen, sollte eine Diskussionsplattform z.B. mit der Bezeichnung „Runder Tisch Elektromobilität“ eingeführt werden. Dieser dient als zentrale Anlauf-, Koordinations- und Informationsstelle für sämtliche Beteiligte an der Umsetzung von Elektromobilitätsprojekten und ermöglicht einen offenen Austausch sowie zielorientierte Umsetzungsprozesse durch die Beteiligten. Während dieses Gremium den Fokus vorzüglich auf die Vorhabenträger legt, sollte parallel dazu ein breites Beratungs- und Informationsangebot für E-Mobilisten und interessierte Bürgerinnen und Bürger eingeführt werden.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Mittel	Mittel	Mittel

4. Ist- und Sollsituation LIS in Tübingen

Ein wichtiges Themenfeld für das Gelingen der Elektromobilität in Bezug auf Elektrofahrzeuge ist die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet. Daher tätigten die Stadtwerke Tübingen in den vergangenen Jahren einige Investitionen bezüglich des Ausbaus der Ladeinfrastruktur für den Individualverkehr. Hierfür errichteten die Stadtwerke vor dem swt-Hauptgebäude eine erste öffentliche und kostenlose Ladesäule mit zwei Steckdosen für Schuko-Stecker. Ebenfalls wurden Lademöglichkeiten im Parkhaus Metropal geschaffen. Über einen Zeitraum von sieben Jahren waren bei der Ladeinfrastruktur, geschuldet der geringen Zunahme von E-Fahrzeugen, nur punktuelle Fortschritte in den Auslastungen zu erkennen. Um den Wandel weg vom Verbrennungsmotor hin zum E-Motor weiter voran zu treiben, hat sich im Frühjahr 2017 der Arbeitskreis Elektromobilität gegründet. Dieser AK Elektromobilität besteht aus dem FAB Verkehrsplanung, FAB Verkehrsrecht und Ordnungswidrigkeiten und der Stabsstelle Umwelt- und Klimaschutz der Stadtverwaltung Tübingen sowie der Projektteilung Elektromobilität der swt.

Eine Auflistung der aktuell in Tübingen zugelassenen Fahrzeuge zeigt die nachfolgende Tabelle 5. Diese gibt unter anderem Aufschluss über die gesamte Anzahl in Tübingen zugelassener Pkw und differenziert zudem, zwischen den verschiedenen Arten von Fahrzeugen.

Tabelle 5 Übersicht aktuell in Tübingen zugelassener Pkw und Zweiräder (Stand: 08/2019)

Pkw	Anzahl Fahrzeuge
Pkw mit Verbrennungsmotor (Benzin, Diesel)	37.872
Pkw mit Elektromotor (Elektrofahrzeuge)	121
Pkw hybrid	518
Pkw gesamt	38.511
Zweiräder	
Zweiräder mit Verbrennungsmotor (aller Leistungsklassen)	3.404
Zweiräder mit Elektromotor	6 ¹
Zweiräder gesamt	3.410

¹ E-Roller sind aufgrund ihrer Leistung nicht beim Landratsamt gemeldet. Ein „einfaches“ Versicherungskennzeichen ist ausreichend. Diese Fahrzeuge werden vom Landratsamt nicht erfasst.

Rund 121 rein elektrisch betriebene Pkw (Stand 08/2019) sind mittlerweile auf Halter in der Universitätsstadt zugelassen. Zum Vergleich: Die Zulassungszahl der nicht-elektrisch betriebenen Pkw in Tübingen liegt bei derzeit 38.390. Dabei leisten elektrische Fahrzeuge, die mit Ökostrom fahren, einen wichtigen Beitrag zur Luftreinhaltung und für den Klimaschutz. Um dies zu fördern und auch dem Wandel der Automobilbranche gerecht zu werden, hat sich die Stadt gemeinsam mit den Stadtwerken, das Ziel gesetzt, ein flächendeckendes Ladenetz in Tübingen aufzubauen.

4.1 Öffentliche Ladeinfrastruktur

Schon seit über 10 Jahren bieten die Stadtwerke Tübingen ihren Kunden Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge an und konnten sukzessive ihr Know-how in diesem Bereich erweitern. Mittlerweile sind hier in vier Parkhäusern insgesamt 8 Ladepunkte (LP) verbaut. Diese befinden sich im Parkhaus Metropol (3 LP), dem Parkhaus Altstadt-König (2 LP), dem Neckarparkhaus (2 LP) sowie dem Parkhaus im Loretto Viertel (1 LP). Seit Ende Mai 2018 sind außerdem vier neue öffentliche Ladesäulen offiziell in Betrieb. Sie befinden sich am Freibad/ Paul-Horn-Arena, im Quartier Alte Weberei/ Egeria, in der Nürtinger Straße und im Gewerbegebiet am Neckarbogen in der Bismarckstraße. Zudem wurde auf dem Gelände der Stadtwerke Tübingen eine Schnellladestation mit einer maximalen Ladeleistung von 100 kW errichtet. Im Rahmen des Förderprogramms des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) bekommen die Stadtwerke einen Teil der Investitionskosten für die öffentlichen Ladestationen gefördert.

Ziel ist es insgesamt 19 Standorte mit 44 Normal-Ladepunkten bis zum Ende des Jahres 2019 auszustatten. Das entspricht einer Gesamtladeleistung von 958 kW. Hierfür wurden zusammen mit der Stadt die möglichen und sinnvollen Standorte für Ladestationen erörtert und „parkplatzgenau“ festgelegt, um der Bevölkerung und Gästen der Stadt ein flächendeckendes Ladenetz anbieten zu können. Dieses Netz sollte bedarfsgerecht, auch unter Berücksichtigung von wichtigen Verkehrspunkten, erweitert werden.

Bei der Suche nach neuen Standorten von Ladepunkten im Tübinger Stadtgebiet erfolgt die Standortsuche für Ladeinfrastruktur im Wesentlichen durch einen engen Austausch zwischen dem Baurechtsamt Tübingen und den Stadtwerken Tübingen. Aufgrund der Tatsache, dass punktuell Netzengpässe im Stromnetz vorhanden sein können, kann Ladeinfrastruktur nicht an jeder

beliebigen Stelle installiert werden. Die Netzabteilung der Stadtwerke Tübingen führt deshalb zunächst eine Vorprüfung auf technische Machbarkeit durch, wodurch die Anzahl potenzieller Standorte für Ladeinfrastruktur weiter eingrenzt werden kann. In Tübingen liegen die Zuständigkeiten für die Bereiche Tiefbau, Baurecht sowie Stadt- und Verkehrsplanung beim Baudezernat. Wird die Installation eines oder mehrerer Ladepunkte im Tübinger Stadtgebiet angestrebt, so ist eine dafür notwendige Genehmigung bei der hiesigen Baurechtsbehörde einzuholen.

Grundsätzlich bedarf es für den Bau öffentlicher Ladestationen zusätzlich zum passenden Parkplatz noch einer Genehmigung durch den Stromnetzbetreiber.

Des Weiteren sind folgende Faktoren zu beachten:

- Verfügbarkeit von (halb)öffentlichen Flächen
- Erreichbarkeit und Zugänglichkeit
- Anzahl der Stellplätze
- Netzinfrastruktur und -kapazität
- Frequentierung und Verweildauer
- Intermodale Verknüpfungsmöglichkeiten (Anbindung an ÖPNV)
- Integration in Stadtraum

Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur

Im Hinblick auf die Einhaltung der Klimaschutzziele der Bundesrepublik Deutschland, sowie der individuellen Klimaschutzziele der Stadt Tübingen die u.a. eine CO₂-Emissionsreduktion pro Einwohner um 25 Prozent gegenüber dem Jahr 2014 vorsehen, ist die Umgestaltung des aktuellen Mobilitätssektors von tragender Bedeutung. Ein beträchtlicher Beitrag zur CO₂-Emissionsreduktion im Bereich des Individual- und des öffentlichen Verkehrs kann dadurch geschaffen werden, dass Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren durch Fahrzeuge mit elektrischen Antrieb substituiert werden. Elektrofahrzeuge erzeugen, insofern diese mit Strom aus Erneuerbaren Energien betankt werden, auf lokaler Ebene keine direkten Geräusch- und Schadstoffemissionen. Wenn gleich Elektrofahrzeuge weniger CO₂ emittieren, sollte im übergeordneten Sinne dennoch dafür Sorge getragen werden, dass eine umweltschonendere Fortbewegung mit Elektrofahrzeugen

nicht zu einem überproportionalen Anstieg der absoluten Fahrzeugzahlen im Tübinger Stadtgebiet und der Umgebung führt. Dies würde zwar eine Senkung verkehrsbedingter Lärm- und Schadstoffemissionen begünstigen, gleichzeitig erfolgte dann jedoch unter Umständen ein deutlicher Anstieg der Verkehrsbelastung hinsichtlich der absoluten Fahrzeugzahlen, was als nicht zielführend einzuordnen ist.

Standardisierung öffentlicher LIS

Die Errichtung von Ladestationen im privaten und im öffentlichen Bereich, als auch der Aufbau von Ladeinfrastruktur werden durch das Vorhandensein einer sinnvoll dimensionierten elektrischen Infrastruktur maßgeblich erleichtert. Damit die Elektromobilität optimal genutzt werden kann, sind einheitliche Standards, sowohl bei den Ladevorgängen als auch im Hinblick auf die Bezahlung der Ladevorgänge von übergeordneter Bedeutung. Auf Bundesebene wurde aus diesem Grund im März 2016 die sogenannte Ladesäulenverordnung eingeführt. Diese regelt den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe nach einheitlichen Standards. Auch in Tübingen sind einheitliche Standards im Hinblick auf Ladeinfrastruktur und Bezahlungssysteme anzustreben. Die Stadtwerke Tübingen haben sich, im Anschluss an eine umfassende Marktanalyse, für den Premium Hersteller Mennekes entschieden. Durch das breite Sortiment und der guten Qualität von Mennekes, können alle Anwendungsfälle, vom privaten Haushalt bis hin zur öffentlichen LIS, aus einer Hand abgedeckt werden. Auch Punkte wie das Eichrecht sind bei den Ladestationen von Mennekes umgesetzt, sodass nach der geladenen Energie abgerechnet werden kann. Im öffentlichen Raum verbauen die Stadtwerke den Typ T22, der an den beiden Ladepunkten einer Ladesäule, jeweils eine Ladeleistung von bis zu 22 kW Wechselstrom besitzt. Das ermöglicht ein gleichzeitiges Aufladen von zwei E-Fahrzeugen an einer Ladesäule.

Aktuell ist für einen Ladepunkt im öffentlichen Bereich mit Kosten von rund 7.500 Euro zu rechnen. Da die Ladestationen, die von der swt verbaut werden, für gewöhnlich über 2 Ladepunkte pro Ladestation verfügen, addieren sich die Kosten auf ca. 15.000 Euro pro Ladestation. Die aufgeführten Kosten umfassen jedoch nicht die Kosten, die für Beschilderung und Kennzeichnung anfallen, sowie die jährlichen Betriebskosten von rund 1.000 Euro.

Der diskriminierungsfreie Zugang zu den öffentlichen Stationen erfolgt über einen sogenannten Ad-hoc Zugang. Um einen Ad-hoc-Ladevorgang zu starten, wird der QR-Code auf der Säule mit dem Smartphone gescannt. Daraufhin öffnet sich eine Webseite, auf der den Nutzerbedingungen zugestimmt wird. Seit 19. September 2018 ist für das Entriegeln des Typ 2-Steckers die Eingabe von Kreditkarten-Daten erforderlich.

Empfehlung 2 **Aufbau standardisierter öffentlicher Ladeinfrastruktur (mit Lastmanagement)**

Der Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur (LIS) in und um Tübingen wird weiter vorangetrieben. Das Wachstum von öffentlicher LIS soll in Grenzen einhergehen mit dem wachsenden Bedarf durch Zunahme der E-Pkw. Erreichbarkeit und Parkdauer sollen hier je Ladestandort Beachtung finden (regular charging AC oder fast charging DC). Es wurde daher frühzeitig begonnen, entsprechende öffentliche LIS aufzubauen. Der notwendige Platzbedarf im öffentlichen Parkraum musste in Abstimmung mit der Stadtverwaltung geschaffen werden. Gleichwohl führt das zu einer Konkurrenzsituation mit dem Parkraumbedarf für konventionell angetriebene Fahrzeuge.

Ziel:

Ziel ist es, ein Angebot zum öffentlichen Laden von Elektrofahrzeugen zu schaffen um die Hemmnisse und Sorgen der E-Mobilitätsanwendenden bezüglich mangelnder Lademöglichkeit abzubauen. Unbestritten ist die Tatsache, dass der Großteil der Ladevorgänge im privaten Bereich und am Arbeitsplatz stattfinden. Daher sollte sich der Aufbau von öffentlicher LIS an der Entwicklung des E-Fahrzeugbestands und an der Nachfrage vor Ort z.B. durch Einpendelnde, Touristen und „Laternenparkenden“ orientieren. Unbedingt sind Förderprogramme des Bundes und des Landes in den Aufbau von LIS einzubeziehen, um die Unkosten möglichst gering zu halten.

Um der Bevölkerung ein einheitliches und standardisiertes Angebot an öffentlicher LIS zu bieten, sollten seitens der Stadt Mindeststandards von öffentlichen Ladestationsanbietern (CPO = Charge Point Operator) eingefordert werden. Das wären z.B. Kommunikationsstandards, Roaming, Barrierefreiheit, Lastmanagementoption.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Bereitstellung Parkflächen; Planung der Standortverteilung und Genehmigung; Ordnungsamt bzgl. Kontrolle; Einbindung im Webangebot der Stadt
EVU:	Einbindung Stromnetz; Genehmigung
CPO:	Installation, Betrieb und Service; intelligente Anbindung Stromnetz; Plattformanbindung (Ortung, Belegung, Bezahlung usw.)

Aktueller Stand:

Die Stadt Tübingen hat zusammen mit den swt für den zukünftigen Ausbau einen entsprechenden Standard in Sachen verständliche Handhabung, Sicherheit, Erreichbarkeit und Service bei der LIS definiert, um zukunftsfähige LIS anbieten zu können. Darunter ist zu verstehen:

- spezifizierte Sondernutzungserlaubnis für öffentliche LIS
- definiertes Vorgehen zur Standortwahl, Planung, Ausführung und Kennzeichnung von öffentlicher LIS
- Definition von zukunftsfähiger Standard Wallbox und Ladesäulen
- Möglichkeit zur Ad-hoc-Nutzung und Lade App
- 24/7 Hotline für Störmeldung
- Fernüberwachung via Backend inkl. Lastmanagement, Bezahlservice und Fernüberwachung
- Geoinformationen der Standorte auf diversen Webseiten (www.swtue.de, www.tuebingen.de, <https://www.goingelectric.de/>)
- Variable Tarifierung seitens swt als CPO in Abstimmung mit der Stadt

- Ladeleistung in Abhängigkeit vom Anwendungsfall (Parkdauer) mit regular charging AC 22kW oder fast charging DC 100 kW
- Aktuell personalintensive Betreuung, aufgrund der wechselnden Anforderungen durch Bund, Land, Stadt
- Parkplatzkonkurrenz zwischen Verbrenner- und Elektrofahrzeugen nimmt zu

Zum Stand August 2019 sind die Stadtwerke Tübingen Betreiber von 42 öffentlichen Ladepunkten in Tübingen und der näheren Umgebung. Darüber hinaus ist ein weiterer Aufbau von öffentlicher LIS unter Einbeziehung halböffentlicher LIS auch unter Berücksichtigung vom Engagement Dritter Anbieter ausgewogen vorstellbar. Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem gesamten Bestand des Angebotes und der Nachfrage sollen zu Entscheidungen zum zusätzlichen Zubau beitragen.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Handlungsbedarf besteht durch die bereits eingeleitete Ausbauoffensive im Bereich der öffentlichen LIS grundsätzlich wenig. Dennoch lassen sich aus den ersten nun fast 1 ½ Jahren Erfahrung Optimierungspotentiale und Erweiterungen des Angebots identifizieren, welche verfolgt werden sollten.

- kontinuierliche Prüfung zur Teilnahme an Förderprogrammen durch Stadtverwaltung und swt
- Findungsmatrix unter Berücksichtigung des ganzheitlichen bestehenden Angebots für weitere Standorte durch die Stadt
- Ausbau Roamingangebot durch die swt
- Ausdehnung auf halböffentliche LIS als Alternative durch Privatunternehmen
- Transparente Darstellung von Planungen und Entwicklungen aller Beteiligten im öffentlichen und halböffentlichen Bereichen durch Stadt und Stadtwerke
- Technische Vorgaben zum Lastmanagement an CPO seitens der Stadt mit Unterstützung der swt

Der Investitionsbedarf seitens der swt bis Ende 2019 für die Errichtung öffentlicher LIS mit rund 18 Ladestationen liegt bei ca. 400.000 EUR, gefördert werden ca. 100.000 EUR über Bundesmittel. Es ist mit laufenden Kosten von ca. 1.000 EUR/Ladestation/a (Stand 2018) zu rechnen. Bei zunehmender Nutzung nehmen die laufenden Kosten, wie Wartung und Einbindung in das Abrechnungssystem, Internetverbindung, etc. zu.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Sehr hoch	Hoch	Hoch

4.2 Tarifgestaltung öffentliche LIS

Da an dieser Stelle nicht vollumfänglich die Tarife sämtlicher Ladepunkte verschiedener Ladesäulenbetreiber in Tübingen genannt werden können, werden hier beispielhaft die Tarife der swt aufgezeigt. Der Tarif an den öffentlichen Ladestationen besteht im Wesentlichen aus einem Arbeitspreis, der für die verbrauchte Energie pro kWh Strom abgerechnet wird. Der AK Elektromobilität hat sich für folgendes Preismodell entschieden (vgl. Tabelle 6):

Tabelle 6 Ladetarife swt (Stand: 08/ 2019)

	Arbeitspreis bis 22 kW (AC)	Arbeitspreis bis 100 kW (DC)
Ladetarife mit Adhoc-Payment ²	0,35 €/kWh	0,46 €/kWh
Laden mit App (swt Kunden) ³	0,29 €/kWh	0,38 €/kWh
Laden mit App (Nicht-Kunden) ¹⁵	0,35 €/kWh	0,46 €/kWh
Laden in swt-Parkhäusern ⁴	Kostenlos	kostenlos

Im parkraumbewirtschafteten Bereich gelten die gleichen Parkgebühren und Regelungen, wie für alle angrenzenden Parkplätze. Im Bereich ohne Parkraumbewirtschaftung gilt die maximale Parkdauer von drei Stunden, auszuweisen mit der Parkscheibe.

Ein wichtiges Unterscheidungskriterium das an dieser Stelle erwähnt werden sollte, liegt im Unterschied zwischen dem sogenannten Adhoc-Payment und dem Laden, das sich auf Roaming-Plattformen stützt. Die Gesetzgebung schreibt seit dem Jahr 2017 durch eine Ergänzung der Ladesäulenverordnung (LSV) vor, dass für Personen, die ein Elektrofahrzeug an einer öffentlichen Ladesäule aufladen möchten, gewährleistet werden muss, dass dies auch möglich ist, ohne dass ein längerfristiger Fahrstromvertrag zwischen dem ladesäulenbetreibenden Unternehmen und dem Ladenkunden bestehen muss. Viele Fahrzeughersteller, sowie Ladeinfrastruktur- und Energieanbieter - so auch die swt – vernetzen sich zudem untereinander auf sogenannten „Roaming-Plattformen“. Somit ist gewährleistet, dass auch unter der Voraussetzung, dass E-Mobilisten einen Fahrstromvertrag mit einem ladesäulenbetreibenden Unternehmen haben, diese dennoch an Ladesäulen anderer ladesäulenbetreibenden Unternehmen laden können. Für den Nutzenden

² Zahlung nur mit Kreditkarte möglich

³ Die kostenlose swt-App „Lade-TüStrom“ mit vielen nützlichen Funktionen ist im Apple App-Store und im bei Google Play erhältlich. Zahlung per Kreditkarte und SEPA-Lastschrift möglich.

⁴ Es fallen lediglich die regulären Parktarife an.

der Lademöglichkeit wird dadurch ein einfaches und anbieterübergreifendes Laden und Bezahlen auch über Ländergrenzen hinweg möglich (eRoaming). Die Abrechnung der bezogenen Energiemengen erfolgt dann höchst anwenderfreundlich unter den Unternehmen, die mit dem Betrieb der Ladesäulen betraut sind, sodass dies für den Strombeziehenden keinen Mehraufwand bedeutet.

Die swt-Ladestationen sind mit geeichten Ladestromzählern ausgestattet und unterliegen somit strengen Richtlinien, die eine exakte Abrechnung der bezogenen Strommengen gewährleisten. Zur Verbesserung der Abwicklung steht seit Februar 2019 die swt-Lade-App zur Verfügung, diese beinhaltet unter anderem die Möglichkeit der Bezahlung per Lastschriftverfahren.

Weitere Informationen zu den Ladetarifen der swt, sowie zu den Standorten der Tübinger E-Ladestationen können zudem unter folgendem Weblink eingesehen werden:

- <https://www.swtue.de/energie/strom/e-mobilitaet/ladestationen-in-tuebingen.html>

Empfehlung 3 Tarifgestaltung öffentlicher LIS

Beim Tanken von Strom gibt es derzeit eine große Bandbreite unterschiedlicher Tarife. Die Preisgestaltung an öffentlichen Stromtankstellen, wird auch in naher Zukunft kaum kostendeckend sein. Dennoch sollten die Preise auch zukünftig so gewählt werden, dass falsche Anreize vermieden werden und Angebot und Nachfrage übereinstimmen.

Ziel:

Das übergeordnete Ziel sollte es sein, eine kostenoptimale Tarifgestaltung für das Laden von Elektrofahrzeugen an öffentlichen Ladepunkten zu erzeugen. Die Kosten für Beschaffung und Bau öffentlicher und halböffentlicher LIS werden zum Teil durch Förderprogramme getragen. Dagegen sind die Kosten für den Betrieb, sowie die Stromabgabe nicht förderfähig. Die einmaligen Investitionskosten inkl. Förderung und der laufende Betrieb lassen sich derzeit nicht aus den möglichen Einnahmen der Stromabgabe decken. Die Bereitstellung von LIS stellt daher kein wirtschaftliches Geschäftsmodell dar und dient bisweilen allenfalls der Daseinsvorsorge. Dennoch ist es notwendig für das Laden von Elektrofahrzeugen ein Entgelt zu verlangen. Dieses sollte jedoch keine falschen Anreize schaffen, da durch zu günstige Tarife ein unerwünschter Anstieg des MIV hervorgerufen werden könnte. Ebenfalls könnte dies den primären und notwendigen Investitionsanreiz im privaten Bereich mindern, der zum Gelingen der Mobilitätswende jedoch dringend erforderlich ist. Als sekundäres Ziel kann ein geeigneter und angepasster Tarif ebenfalls für einen fairen und freien Zugang zu öffentlicher LIS beitragen.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Alle Anbieter öffentlicher Ladeservices

Aktueller Stand:

Einen ersten Schritt in Richtung Bezahlsystem für das Laden von Elektrofahrzeugen an öffentlicher LIS machten die Stadt Tübingen und die Stadtwerke im September 2018. Seit der Einführung eines Ladetarifs für das Laden an öffentlicher LIS ist daher das Laden kostenpflichtig. Der Ladetarif definiert sich durch die Strommenge.

Die mengenmäßige Komponente dient zur Deckung der Strombezugskosten.

Damit die Ladesäulen nur so lange von Elektrofahrzeugen belegt werden wie diese zum Aufladen der Fahrzeugbatterie benötigen, sollten Anreize geschaffen werden, damit die Ladestationen nach der Aufladung möglichst schnell wieder verlassen werden.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

- Erweiterung um Roaming - ermöglicht variable Tarife.
- Ständige Überprüfung der Tarife auf Anforderung/ Nachfrage der Nutzer.
- Anreizprogramme.
- Einheitlicher und generell weiterer Umgang mit der Vielzahl verschiedener Tarifsysteime in Tübingen.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Gering	Gering	Gering

4.3 Halböffentliche Ladeinfrastruktur

Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum sind Ladeplätze im privaten Bereich. Diese sind uneingeschränkt oder begrenzt öffentlich nutzbar und sind in der Regel Parkplätze oder Parkhäuser von Einkaufszentren, Freizeiteinrichtungen, Tankstellen oder Ladeparks (NOW, 2018e). Der bisher zögerliche Ausbau halböffentlicher Ladeinfrastruktur lässt sich aus der geringen Anzahl von 160 E-Pkw im Landkreis, 121 E-Pkw in der Stadt und der daraus entstehenden geringen Nachfrage nach Lademöglichkeiten ableiten.

In Tübingen kann seit einiger Zeit im halböffentlichen Raum Strom getankt werden. Im Parkhaus eines Einkaufszentrums befindet sich eine Schnellladesäule mit drei Anschlüssen, sowie auf dem Parkplatz eines Supermarktes eine Normalladesäule. In den Parkhäusern von der HNO-Klinik und Behördenzentrum gibt es mehrere Wallboxen. Die Ladetarife werden mit dem Parkticket abgerechnet. An zwei Hotels gibt es für Gäste die Möglichkeit des Tesla Destination Charging.

Auch Kooperationen sind in diesem Gebiet möglich, so besteht in Bebenhausen seit August 2017 die erste swt-Kooperations-Ladesäule mit einem Hotel. Als Gast des Hotels ist der Ladevorgang kostenfrei, als Externer kostet die Benutzung pauschal 5 €. Dies ist ein gutes Beispiel für den kooperativen Ausbau der halböffentlichen LIS. Eine Befragung Tübinger Unternehmen zum Thema Elektromobilität ergab, dass grundsätzlich Interesse an solchen Lösungen besteht (siehe Kapitel 8.2).

Empfehlung 4 Erweiterung LIS im halböffentlichen Raum

Neben der öffentlichen LIS gibt es auch Dritte CPOs, die halböffentliche LIS für die Allgemeinheit anbieten. Häufig wird diese LIS den Kunden von Unternehmen aus dem Gastronomie- oder Handelsbereich zur Verfügung gestellt. Das primäre Ziel der Unternehmen ist es dabei, den Kunden einen Mehrwert bieten zu können und sich somit von Wettbewerbern abzuheben. Zunehmend ist festzustellen, dass auch im privaten Bereich Personen die über eine eigene Lademöglichkeit verfügen, diese festgelegten Benutzergruppen mit eingeschränktem Zugang zur Verfügung stellen wollen. Informationen zu den besagten Ladepunkten finden sich unter dem Link zur Webseite *goingelectric.de*, die vollständig in der Fußzeile dieser Seite angegeben ist⁵. Dieses unternehmerische und bürgerliche Engagement ist zu begrüßen, da sich dadurch das Angebot für LIS für die Allgemeinheit weiter vergrößert und so zusätzliche Attraktivität für Elektromobilität geschaffen werden kann.

Ziel:

Neben öffentlicher LIS soll auch der Ausbau halböffentlicher LIS sukzessive vorangetrieben werden. Dieser Vorgang ist in enger Verbindung mit den Entwicklungen im Bereich öffentlicher LIS in Tübingen möglichst zu koordinieren. So ist es möglich auch aus volkswirtschaftlicher Sicht eine effiziente Mobilitätswende zu ermöglichen. Der Zugang zu halböffentlicher LIS sollte nach Möglichkeit ebenfalls 24 Stunden täglich und 7 Tage die Woche barrierefrei möglich sein und insbesondere für Elektrofahrzeugfahrerinnen und -fahrer, welche keinen eigenen Stellplatz besitzen, eine Möglichkeit zum Laden bieten. Eine ganzheitlich abgestimmte Ausrichtung von öffentlicher und halböffentlicher LIS ist daher anzustreben und zielführend.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Planungshinweise, ggf. Genehmigungen, Abstimmung mit WIT, Ansprache von Einkaufszentren, Gewerbebetriebe, etc.
EVU:	Beratung, Genehmigung
CPO:	Installation, Betrieb und Service; intelligente Anbindung Stromnetz; Plattformanbindung (Ortung, Belegung, Bezahlung usw.), ggf. Kooperationen

Aktueller Stand:

In Tübingen bieten aktuell (Stand 01/2019) im Bereich Gastronomie/ Hotels und im Handel (inkl. Autohäuser) ihren Kunden eingeschränkten Zugang zu LIS an. Neben den swt gibt es noch weitere Anbietende von halböffentlicher LIS wie folgt:

- 2 x Typ 2 11kW beim Autohaus Seeger
- 2 x Typ 2 22 kW beim Edeka
- 2 x Schuko 2,3 KW beim Edeka
- 2 x Typ 2 11kW beim Hotel La Casa
- 2 x Typ 2 22 kW beim Regierungspräsidium
- 2 x Typ 2 22 kW beim Parkhaus Behördenzentrum
- 2 x Schuko 2,3 KW beim Parkhaus Behördenzentrum
- 1 x Typ 2 22 kW beim Hotel Krone

⁵ Vgl. <https://www.goingelectric.de/stromtankstellen/Deutschland/Tuebingen/Privater-Ladepunkt-Obere-Schillerstrasse-52/19778/>

- 1 x Typ 2 22 kW beim Hotel Am Schloss
 - 4 x Typ 2 11 kW beim Parkhaus 6 HNO Klinik
 - 2 x Typ 2 22 kW beim Landhotel Hirsch in Bebenhausen
- ⇒ Summe = 22 Ladepunkte.

Bis auf das automatische Parkhaus im französischen Viertel sind alle swt Parkhäuser mit Ladeboxen ausgestattet.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Die Erschließung der halböffentlichen LIS durch bspw. die Nutzung von bestehendem Parkangebot wie Parkhäusern, Parkplätzen von Handels- und Gewerbeunternehmen außerhalb der Öffnungszeiten ist ungleich schwieriger als der Bau öffentlicher LIS. Da aber der Parkraum so besser nutzbar gemacht werden kann, ggf. sogar günstigere Lademöglichkeiten entstehen, wird empfohlen, die entsprechenden Stakeholder seitens der Stadtverwaltung an einen Tisch zu holen und gemeinsam zu überlegen, wie diese Ressource zugänglich gemacht werden kann. Laut Ergebnis der Befragung (Kapitel 8) gibt es bei gut der Hälfte eine Offenheit für eine Bereitstellung der eigenen LIS. Zudem sollten Parkhausbetreibende Überlegungen anstellen, wie die in den Parkhäusern befindliche LIS für Dauerparkende verfügbar gemacht werden kann.

Für die Erstellung von LIS an Parkplätzen ist nach grundsätzlicher Erschließung des Parkhauses (ca. 15.000 EUR) mit ausreichender Anschlussleistung mit ca. 4.500 EUR/ Stellplatz Investitionskosten für Wallbox, Anschluss und Beschilderung notwendig. Die laufenden Kosten belaufen sich auf ca. 500 EUR/ Parkplatz/a. (Stand 2018). Für die Errichtung von LIS an Parkplätzen des Gewerbes oder des Handels können keine Pauschalschätzungen vorgenommen werden, da die Gegebenheiten äußerst unterschiedlich sind.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Mittel	Hoch	Mittel

4.4 Private Ladeinfrastruktur

Das private Laden des Elektrofahrzeugs, entweder Zuhause oder beim Arbeitgeber das nach Ladensäulenverordnung (LSV) ebenfalls als privates Laden kategorisiert wird, besitzt die wichtigste Bedeutung in der Ladeinfrastruktur, denn hier stehen die Autos die meiste Zeit des Tages. Wie in Abbildung 7 ersichtlich, erfolgen knapp 70 Prozent der Ladevorgänge im privaten Bereich.

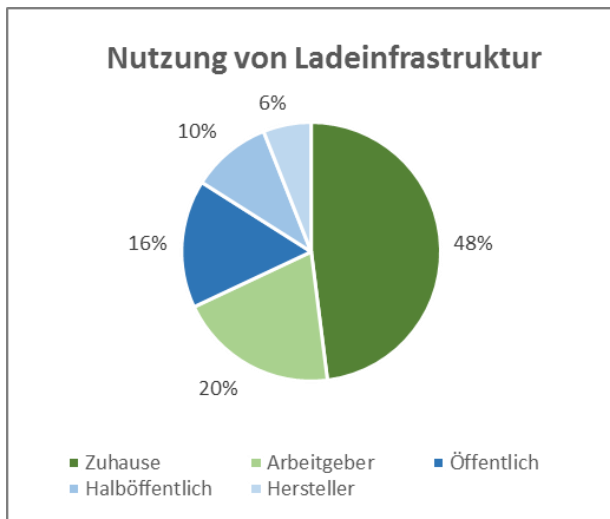


Abbildung 7 Nutzung von Ladeinfrastruktur

Daher besteht Zuhause oder an Arbeitsplätzen der größte Bedarf an Ladeinfrastruktur. Gleichzeitig ist dieser Bereich schwierig zu überblicken, da nicht alle Ladepunkte beim zuständigen Netzbetreiber angemeldet werden müssen. Deshalb muss im privaten Bereich für die Kunden ein umfassendes Informations- sowie Beratungsangebot erbracht werden.

Errichtung privater LIS

Für den privaten Bereich ist es bei der Errichtung von Ladestationen zu empfehlen, einen Elektrofachbetrieb hinzuzuziehen, der im Bereich Ladestationen über weitreichende Kenntnisse verfügt oder sogar von Herstellern zertifiziert ist. Grundsätzlich sollte eine Aufladung, über eine gewöhnliche Schuko-Steckdose vermieden werden. Die Stromleitungen können bei starker Belastung überhitzen und sind häufig nicht für den Dauereinsatz mehrerer Stunden andauernder Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen ausgelegt. Im Extremfall kann es zur Überhitzung bis hin zu Brandgefahr kommen.

Es wird empfohlen eine Wallbox mit maximal 11 kW Ladeleistung zu installieren. Es ist zu beachten das Ladestationen ab 3,6 kW beim zuständigen Netzbetreiber, in Tübingen sind das ebenfalls

die Stadtwerke Tübingen GmbH, angemeldet und ab 11 kW von diesen genehmigt werden müssen. Zur Unterstützung der privaten Ladeinfrastruktur bietet die swt für Eigenheimbesitzende drei verschiedene Mennekes-Wallbox-Pakete (light, xtra und premium) inklusive Ökostromlieferung das optional durch ein swt-Energiedach (PV-Anlage) ergänzt werden kann.

Private E-Automobile ohne eigenen Stellplatz

Perspektiv ist davon auszugehen, dass E-Autos auch von privaten Nutzerinnen und Nutzer angeschafft werden, die keinen eigenen KFZ-Stellplatz haben, der mit einer persönlichen LIS ausgestattet werden kann. In der aktuellen Übergangsphase ist für diese Nutzergruppe die bestehende öffentliche LIS ausreichend. Doch bei einem relevanten Markthochlauf der E-Autos im privaten Bereich ohne eigene Stellplatz ist ein Zubau bzw. Ausbau der öffentlichen Ladesäuleninfrastruktur notwendig.

Empfehlung 5 Förderung des Ausbaus privater LIS

Zur bedeutendsten LIS im Kontext der Mobilitätswende zählt zweifelsohne die private LIS. Das gilt sowohl für Anwendungsfälle in privaten Haushalten als auch für die Bereiche Handel, Gewerbe und Industrie. An diesen Stellen beträgt die Verweildauer eines Fahrzeugs bis zu 20 Stunden täglich. Ausreichend dimensionierte Stromnetzanschlüsse, sind aufgrund des zu meist ohnehin recht hohen Strombedarfs ebenfalls verfügbar. Privater LIS wird zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Schlüsselrolle im Bereich der LIS zugesprochen. Der gezielte Ausbau, sowie die Schaffung von Anreizen zur Errichtung privater LIS sollten daher fokussiert werden.

Ziel:

Eine der größten Herausforderungen im Hinblick auf die flächendeckende Einführung von Elektromobilität besteht darin, Ladeinfrastruktur an den Stellen bereitzustellen, wo Fahrzeuge im Allgemeinen eine lange Verweildauer haben. Dies trifft zumeist auf private Haushalte als auch auf Parkplätze von Arbeitgebenden zu. Da dort die Standzeit von Fahrzeugen bis zu 20 Stunden täglich betragen kann, liegt es nahe und wird zugleich empfohlen, diese Zeit zum Laden der Fahrzeuge mit netz- sowie akkuschonender geringer Ladeleistung aufzuladen. Neben den positiven Effekten auf die Akkulebensdauer und die Stromnetzentlastung sind LIS-Lösungen mit geringerer Ladeleistung herkömmlicherweise sowohl in der Anschaffung als auch im Unterhalt wirtschaftlich vorteilhafter. Das mittel- bis langfristige Ziel sollte es sein, dass 90 Prozent aller Ladevorgänge zu Hause oder beim Arbeitgeber durchgeführt werden. Diese Auffassung deckt sich zudem mit den aktuellen Markttrends und der Marktmeinung.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt: Beratungsangebote, ggf. Genehmigungen, Verkauf von LIS inkl. PV-Dach
 Private CPO: Einholen von Genehmigungen vom EVU

Aktueller Stand:

Aufgrund der Tatsache, dass in Tübingen das Thema Elektromobilität, sowie die Installation öffentlicher, halb-öffentlicher und privater LIS bereits seit geraumer Zeit aktiv verfolgt und mitgestaltet wird, kann auf einen breiten Erfahrungshorizont in unterschiedlichsten Bereichen zurückgegriffen werden. Dies umfasst u.a.:

- Ausgeprägte Beratungsangebote durch Elektrofachbetriebe.
- Ausgeprägte Beratungsangebote durch örtliche Energieversorger.
- Geschulte und fachkundige Angestellte von Elektrofachbetrieben.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Zur Förderung des Ausbaus der privaten LIS, sollten weitere Anreizprogramme geschaffen werden.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Planung	Mittel/ Hoch	Mittel/ Hoch	Mittel/ Hoch

4.5 Übersicht Lademöglichkeiten Tübingen

Die Übersichtskarte in Abbildung 8 zeigt die öffentlichen Ladestationen die aktuell und bis Ende 2019 in Tübingen verfügbar sind. Neben den swt gibt es in Tübingen zahlreiche weitere Unternehmen, die Ladestationen betreiben. Dazu zählen unter anderem die EnBW, Edeka, Kaufland, sowie zahlreiche Autohäuser und weitere Ladesäulenbetreiber, die Ihren Kunden diesen Service zur Verfügung stellen.

Halböffentliche sind nur zum Teil in der Karte dargestellt, hier gestaltet es sich schwierig die Ladepunkte zu erfassen, da diese Ladepunkte nicht anzeigepflichtig sind.

Bei den privaten Ladestationen gestaltet sich dies noch schwieriger. Es gibt nur eine Auskunft über die Stromnetzsparte, wie viele im Netz angemeldet wurden.

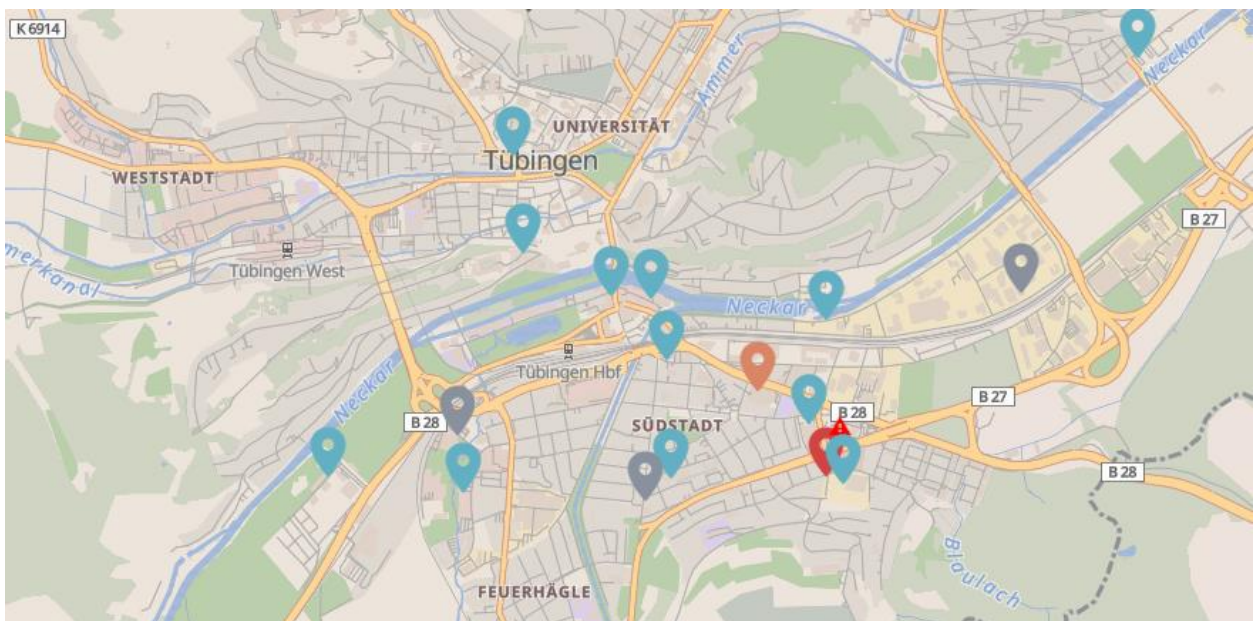


Abbildung 8 Ladesäulen in Tübingen; grau = 22 kW, blau = 44 kW, orange = 50 kW, rot = 100 kW

Die dargestellte Karte in Abbildung 8 stammt aus dem Onlineportal von *GoingElectric*. Dieses Onlineportal für Stromtankstellen bietet E-Mobilisten ein deutschland- sowie europaweites Stromtankstellenverzeichnis für Ladesäulenstandorte. Weitere Services wie Routenplaner für Elektroautos, Statistiken zum Thema Elektromobilität oder einem eigenen Forum ermöglichen Interessierten einen umfassenden Überblick über die Elektromobilität.

Die Internetseite ist unter folgendem Weblink erreichbar: <https://www.goingelectric.de/>.

4.6 Markierung, Beschilderung und Zugang

Die Stellplätze für Elektrofahrzeuge an geförderter Ladeinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum sind durch das Aufbringen eines weißen Sinnbildes (Darstellung eines Elektrofahrzeuges gemäß § 39 Abs. 10 StVO) entsprechend der nachfolgenden Abbildung 9 deutlich als solche zu kennzeichnen.



Abbildung 9 Ladesäule Egeria/Alte Weberei mit Markierung und Positiv-Beschilderung

Für öffentliche Ladestationen muss der Zugang 24 Stunden täglich, an 7 Tagen in der Woche ermöglicht werden. Außerdem sollten die Ladesäulen barrierefrei für jeden erreichbar und ohne Einschränkung für alle Kunden freischaltbar sein. Derzeit existiert bundesweit kein einheitliches Verfahren, wie die Beschilderung von Ladesäulen zu erfolgen hat.

Mit dem Beschluss des Elektromobilitätsgesetzes (EmoG) durch den Bundestag, wurde jedoch eine Grundlage geschaffen um Elektrofahrzeuge zu privilegieren. Konkret kann eine Bevorrechtigung nach § 3 EmoG auch beim Parken im öffentlichen Raum erfolgen. Nachfolgend werden die

wichtigsten Voraussetzungen zur Privilegierung von Elektrofahrzeugen im öffentlichen Raum aufgezeigt.

4.6.1 Beschilderung nach Straßenverkehrsordnung (StVO)

Eine Bevorrechtigung von Elektrofahrzeugen kann nach StVO durch das Sinnbild (vgl. Abbildung 10) und als Inhalt eines Zusatzzeichens angeordnet werden.



Abbildung 10 Sinnbild Elektrofahrzeug nach StVO

Das Sinnbild, erweitert durch das Zusatzzeichen 1024-20 „elektrisch betriebene Fahrzeuge frei“, ermöglicht es gemäß StVO, Ge- oder Verbote für Elektrofahrzeuge auszuweisen (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11 Zusatzzeichen nach 1024-20, StVO

Folgende Ge- und Verbote können durch das Zusatzzeichen 1024-20 ausgewiesen werden:

- Elektrofahrzeuge können von Verkehrsverboten ausgenommen werden.
- Das Parken von Elektrofahrzeugen innerhalb von gekennzeichneten Flächen wird trotz eingeschränktem Halteverbot erlaubt.
- Durch das Zusatzzeichen kann eine Parkerlaubnis ausschließlich auf Elektrofahrzeuge beschränkt sein.

Weiterhin kann die Privilegierung von Elektrofahrzeugen hinsichtlich einer Parkerlaubnis, grundsätzlich auf zwei Wegen erfolgen (vgl. Abbildung 12):

1. Negativbeschilderung durch die Zeichen 283 und 286 StVO
2. Positivbeschilderung durch die Zeichen 314 und 315 StVO



Abbildung 12 Negativ- (links) und Positiv-Beschilderung (rechts);
Abb. geändert nach starterset-elektromobilität.de

4.6.2 Vor- und Nachteile der Positiv – und Negativ-Beschilderung

Der Nachteil der Negativ-Beschilderung besteht darin, dass es anderen Fahrzeugen (nicht Elektrofahrzeugen) grundsätzlich gestattet ist, für einen Zeitraum von drei Minuten, für den Fall des Aussteigens oder das Be- oder Entladen des Fahrzeugs auf diesem Parkplatz zu halten. Vor allem das Be- oder Entladen von Fahrzeugen kann dabei oft mehr Zeit in Anspruch nehmen und somit für diesen Zeitraum die Ladesäule blockieren.

Eine Studie (Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität) aus dem Jahr 2017 hat gezeigt, dass in der kommunalen Umsetzung, eine positive Beschilderung (blaues Parkschild und Hinweis auf Elektrofahrzeuge) gegenüber einer negativen Beschilderung (eingeschränktes Halteverbot außer Elektrofahrzeuge) Vorteile aufweist. So sind mit einer positiven Beschilderung von Ladeparkplätzen, deutlich weniger Situationen entstanden in denen es zu falschem Parken kam. Weiterhin werden Bodenmarkierungen zur Ausweisung von Parkplätzen mit Ladesäulen als sinnvolle Erweiterung zur Beschilderung erachtet und empfohlen. Eine vereinheitlichte Ausweisung hilft dabei, dass E-Mobilisten, Ladepunkte im Straßenverkehr schnell erkennen und diese gezielt ansteuern können.

Die Vorteile einer negativen Beschilderung liegen nach Ergebnissen einer Studie der Frankfurt University of applied Sciences mit dem Titel „Empfehlungen für die Ausweisung von öffentlicher Ladeinfrastruktur“ darin, dass sich Einschränkungen auf spezielle Fahrzeugarten (hier: Elektrofahrzeuge) und eine zeitliche Beschränkung mithilfe von zusätzlichen Zeichen gut umsetzen lassen. Beide Schilder, sowohl das „Halteverbot“ als auch das „eingeschränkte Halteverbot“ treten im Straßenraum häufig auf und sind Verkehrsteilnehmern geläufig. Grundsätzlich weisen mit einem „Halteverbot“ ausgewiesene Flächen eine höhere Befolgungsrate auf. Schilder mit der Aufschrift „eingeschränktes Halteverbot“ werden nach Aussage der Studie, dagegen häufiger nicht beachtet.

Für die Positiv-Beschilderung, als auch die Negativ-Beschilderung sprechen, dass eine einfache Parkraumüberwachung durchgeführt werden kann und zeitliche Einschränkungen als auch Einschränkungen hinsichtlich der Fahrzeugart durch Zusatzschilder einfach umgesetzt werden können. Weiterhin beschreibt die Studie das Ergebnis, dass in 9 von 14 Großstädten in Deutschland (Kreisfreie Städte mit einer Einwohnerzahl größer 500.000 Personen) die Positiv-Beschilderung angewendet wird.

4.6.3 Positiv-Beschilderung im öffentlichen Raum

In Kommunen kann die Verkehrsbelastung durch unnötiges Herumfahren und Suchen von Parkplätzen nach einer E-Ladesäule durch ein einheitliches Konzept bei der Beschilderung reduziert werden. Durch einheitliche Standards, die flächendeckend innerhalb der Kommune angewandt werden, kann der Wiedererkennungswert für Parkplätze mit Ladesäule gestärkt und somit die Akzeptanz gesteigert werden. Eine eindeutige Ausweisung hilft, dass Fahrzeuge nicht widerrechtlich geparkt werden und die Ladesäulen somit E-Mobilisten uneingeschränkt zur Verfügung stehen. Aufgrund der eindeutigen Ausweisbarkeit und dem Fakt, dass die Positiv-Beschilderung in Deutschland die höchste Anwendung in deutschen Großstädten findet, empfiehlt die Studie die positive Beschilderung. Weiterhin hilft die zeitliche Beschränkung durch Zusatzzeichen dabei, dass Elektrofahrzeuge nicht länger als für den Ladevorgang am Parkplatz verweilen.

Repräsentativ zeigt die nachfolgende Abbildung ein Beispiel einer Positiv-Beschilderung. Nebenstehend befindet sich eine Erläuterung zu den wichtigsten Inhalten des Verkehrszeichens.



- Die Stellplatznutzung wird ausschließlich Elektrofahrzeugen, die auch als solche gekennzeichnet sind (E-Kennzeichen) vorbehalten.
- Während der ausgewiesenen Bewirtschaftungszeit (hier: 9-20 Uhr) ist die Parkdauer grundsätzlich auf 2 Stunden (mit Parkscheibe) begrenzt. Mehrere Elektrofahrzeuge können somit täglich die Ladesäule nutzen.
- Außerhalb der angegebenen Bewirtschaftungszeiten ist das Parken für gekennzeichnete Elektrofahrzeuge zeitlich unbegrenzt gestattet.
- Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist es zu jedem Zeitpunkt untersagt die ausgewiesenen Elektro-Stellplätze zu nutzen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass unabhängig der final gewählten Beschilderungsart für Parkflächen, stets eine unmissverständliche und eindeutige Ausweisung erfolgen sollte, die sich in ihrer optischen Ausgestaltung deutlich von anderen Beschilderungen im Straßenraum abhebt.

In Tübingen hat man sich zur Ausweisung von Parkflächen inklusive Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge ebenfalls für eine Positiv-Beschilderung entschieden, sodass entsprechende Parkplätze unter Anwendung der beschriebenen Beschilderung gekennzeichnet sind.

5. Geschlossene Benutzergruppen

Bereits bei der Planung von Ladeinfrastruktur sollte festgelegt werden, wer an den entstehenden Ladestationen die Möglichkeit zum Laden eines Fahrzeugs erhalten soll. Diese Entscheidung sollte bereits im Vorab getroffen werden, sodass bei der finalen Errichtung entsprechende technische Maßnahmen zur Erteilung des Zugriffs sowie der Abrechnung der Ladevorgänge anschließend problemlos durchgeführt werden können. Der Beschränkung des Zugriffs auf LIS durch geschlossene Benutzergruppen, kann entweder durch eine Autorisierung mit einer Kundenkarte, durch Schlüsselsysteme oder mobile Endgeräte erfolgen.

Welche Akteure in Tübingen zu geschlossenen Benutzergruppen gezählt werden kann, wird nachfolgend skizziert, sowie Handlungsempfehlungen rund um das Thema Elektromobilität für geschlossene Benutzergruppen gegeben.

5.1 Öffentlicher Personen Nahverkehr

Der Öffentliche Personen Nahverkehr (ÖPNV) wird innerhalb Tübingens durch die Stadtbuslinien vom Stadtverkehr Tübingen TüBus betrieben. Als Unternehmenssparte der Stadtwerke Tübingen GmbH (swt) ist TüBus für den reibungslosen ÖPNV in Tübingen mit 41 Linien (Stand 2018) verantwortlich. Bereits seit 2002 ist der TüBus in den Verkehrsverbund Neckar-Alb-Donau (naldo) integriert. Seit dem 1. Januar 2011 erbringt der TüBus über 50 Prozent der Fahrleistungen mit eigenen Bussen und Personal der TüBus GmbH, die wiederum eine Tochtergesellschaft der swt ist. Übrige Fahrleistungen werden im Auftrag von mehreren Busunternehmen aus der Region erbracht. Wie aus Tabelle 7 erkennbar wird, besteht der TüBus Fuhrpark aus insgesamt 53 Bussen mit folgenden Größenklassen und Herstellern.

Tabelle 7 Übersicht Bestand Fuhrpark TüBus, Stand Januar 2019

Größenklasse	Hersteller	Modell	Antrieb	Anzahl
Gelenk	Mercedes-Benz	CapaCity	Diesel	6
Gelenk	Mercedes-Benz	Citaro C1	Diesel	5
Gelenk	Mercedes-Benz	Citaro C2	Diesel	22
Gelenk	Mercedes-Benz	Citaro O 530 GDH	Diesel-Hybrid	3
Standard Solo	Mercedes-Benz	Citaro C1	Diesel	6
Standard Solo	Mercedes-Benz	Citaro C2	Diesel	3
Standard Solo	Volvo	7900H	Diesel-Hybrid	3
Standard Solo	VDL	Citea	Diesel	3
Midi-/Solo	Volvo	7900	Diesel-Hybrid	2
-	-	-	Gesamt	53

Da die Reichweite und die Leistung der rein elektrischen Busse für das Stadtprofil Tübingens bisweilen nicht ausreichend waren, fahren seit 2017 als Übergangslösung drei Mercedes-Benz Citaro O 530 GDH Niederflur-Gelenkbusse mit diesel-elektrischem Antrieb, die von der Hamburger Hochbahn übernommen wurden. Die Fahrzeuge verfügen über je zwei Radnabenmotoren an Mittel- und Hinterachse (Serieller-Hybridantrieb). Der Dieselmotor ist kleiner als in herkömmlichen Bussen, erfüllt die Funktion des Generators und liefert Strom für den E-Motor. Die Batterie dient als Zwischenspeicher. Beim Heranfahen, während der Standzeit sowie bei der Anfahrt an

eine Haltestelle bleibt der Dieselmotor abgeschaltet. Je nach Batterieladung können einige Kilometer im reinen E-Modus zurückgelegt werden.

Seit Juni 2018 ist zudem der erste Volvo Hybrid-Solobus Bestandteil des TüBus Fuhrparks. Er ist besonders für kleinere Straßen und Wohnquartiere geeignet, da er wie die Hybrid-Gelenkbusse bei An- und Abfahrten an Haltestellen nahezu geräuschlos (bis 20 km/h) anfährt. Auf Abschnitten mit starkem Gefälle werden die Batterien durch Rekuperation und Bremsen geladen. Aktuell stellen die Diesel-Hybrid-Busse eine Brückentechnologie dar.

Empfehlung 6 Ausbau klimafreundlicher Busverkehr

Einen Beitrag, die lokalen Luftschadstoffe und Lärmemissionen zu reduzieren und Klimaschutz zu betreiben, kann neben dem Individualverkehr mit großem Effekt auch der ÖPNV leisten. Erfahrungen beim Umstieg auf hybride Busse zeigen hier bereits erste Fortschritte. Die Entwicklung von emissionsfreien Bussen wurde in den vergangenen Jahren nicht mit dem Nachdruck vorangetrieben, wie sich das die Stadt und die Stadtwerke vorgestellt haben. Das Thema klimafreundlicher Busverkehr wird bereits im Verkehrsbeirat und in speziellen Arbeitskreisen verfolgt. Daher ist das Handlungsfeld an dieser Stelle nur kurz umrissen, obgleich die Empfehlung im Rahmen des Elektromobilitätskonzepts aufgrund der relativ großen Klimawirkung als klarer Schwerpunkt erkannt wird.

Ziel:

Ziel ist es, die Tübinger Busflotte kontinuierlich emissionsärmer zu gestalten. Der Erwerb von Hybrid- und reinen E-Bussen steht im Fokus der Überlegungen. Ein Tausch von konventionellen Bussen mit E-Bussen führt neben den hohen Beschaffungskosten ebenso zu Kosten für Ladeinfrastruktur, aber auch zu relativ hohen CO₂-Einsparpotenzialen. Hier ist es wichtig neben dem Plan zur Anschaffung von Bussen die Infrastruktur mit zu berücksichtigen. Ziel sollte sein, eine mittelfristige Planung aufzustellen, um die passende Bus- und Infrastrukturtechnologie für Tübingen zu definieren. Grundvoraussetzung sollte sein, dass sowohl die Stadt als auch die swt handlungsfähig sind, zusätzlich zur Verfügung stehende Fördermittel nutzen zu können.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Formulierung von Anforderungen über Verkehrsbeirat, Berücksichtigung Stadtbahn und alternative Technologien des ÖPNV
Stadtverkehr:	kontinuierliche Ersatzbeschaffung mit emissionsarmen Bussen, mittel- bis langfristige Überlegungen zu E-Bussen und Infrastruktur

Aktueller Stand:

Der TüBus und der Verkehrsbeirat sind seit mehreren Jahren dabei, emissionsfreie Busse zu testen. Ende 2018 wurde erstmalig ein Test eines Elektro-Citaro Busses erfolgreich in Tübingen absolviert. Alle vorherigen Tests mit E-Bussen konnten den Anforderungen in Tübingen nicht bestehen. Der Bus wird Ende 2019 in den Betrieb gehen.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Es sollte ein konkretes „Umstiegskonzept“ für den optimalen Einsatz von Hybrid- und E-Bussen auch unter Berücksichtigung von Brennstoffzellenbussen erarbeitet werden. Zudem ist mittelfristig über das E-Bus-Verkehrskonzept zu entscheiden. Hier geht es darum zu überlegen, ob Nachtladungen oder dezentrale Tagladungen zu bevorzugen sind und welche Umlaufpläne welche Technologien notwendig machen. Dies hat Auswirkungen auf die Auswahl der Busse und der Ladeinfrastruktur. Die Investitionskosten für einen E-Bus belaufen sich auf ca. das Zweifache eines konventionellen Busses. Zusätzlich ist relativ kostspielige Ladeinfrastruktur im sechsstelligen Bereich notwendig. Ein relativ großer Anteil davon kann über Fördermittel refinanziert werden. Die Bestellfristen belaufen sich auf mindestens 12 Monate.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Sehr hoch	Hoch	Hoch

5.2 Car-Sharing, teilAuto und E-Scooter-Sharing (Coup)

Seit mehr als 25 Jahren bietet das Unternehmen teilAuto Neckar-Alb das Angebot, Fahrzeuge eines breitaufgestellten Fahrzeugpools im Sinne des Sharing-Gedankens zu verleihen. Als ökologisch orientierter Verein, reifte er innerhalb weniger Jahre zu einer professionellen Einrichtung für Car-Sharing-Dienstleistungen, die das gemeinschaftliche Nutzen von Fahrzeugen ermöglichen. Durch bewussten und bedarfsorientierten Verkehrseinsatz wird somit die Lebensqualität der Stadt Tübingen verbessert, denn durch ein Car-Sharing Fahrzeug können bis zu 15 Pkws ersetzt werden. Bei guter Auslastung der Fahrzeuge senkt sich die Lärm- und Schadstoffbelastung und Flächen für Fußgänger und Fahrradfahrer werden frei.

Das Unternehmen teilAuto bietet Fahrzeuge verschiedener Größen zum Verleih an, sodass verschiedene Nutzerbedürfnisse möglichst lückenlos abgedeckt werden können. In Abhängigkeit der Fahrzeuggröße sind unterschiedliche Tarife bei der Buchung hinterlegt. Die nachstehende Tabelle 8 zeigt die bestehenden Tarife und beispielhafte Fahrzeugmodelle, die den verschiedenen Fahrzeugtarifen zugeordnet werden.

Tabelle 8 Tarifierung in Abhängigkeit der Fahrzeuggröße und Beispielmodelle der teilAuto in Abhängigkeit des Tarifs

Fahrzeuggröße	Tarife	Modellbeispiele des Tübinger teilAuto-Fuhrparks
Kleinst- und Kleinwagen	XXS	Opel Karl, VW up!, Renault Twingo
	XS	Opel Corsa e, Toyota Yaris (hybrid), Opel Agila, Renault Zoe (el.)
	S	Opel Adam, Skoda Fabia, Renault Kangoo, Opel Meriva
Mittelklassewagen	M	Ranault Kangoo, Renault Grand Kangoo, VW Caddy
	L	Opel Astra Kombi
Mehrzweck-Fahrzeuge	XL	Opel Vivaro Transporter
	XXL	Opel Vivaro Transporter 9-Sitzer, Ford Transit Kasten

Das Angebot der teilAuto erstreckt sich dabei sowohl auf das Stadtzentrum Tübingens als auch die nähere Umgebung. Insgesamt umfasst das aktuelle Angebot rund 135 Fahrzeuge (Stand 08/2019). Um einen Überblick über die Fahrzeuge zu schaffen, die im Tübinger Stadtzentrum zur Verfügung stehen, werden nachfolgend in Tabelle 9 Fahrzeuge aufgelistet, die im Tübinger Stadtzentrum stationiert sind.

Tabelle 9 Standorte teilAuto-Fahrzeuge im Stadtzentrum Tübingen (Stand 08/2019)

Fahrzeugstandorte im Tübinger Stadtzentrum	Fahrzeug-Modell	Tarif
Hauptbahnhof (Hbf)	Opel Corsa E Automatik	XS
Hbf	Opel Adam Open Air	S
Hbf	Opel Corsa E	XS
Hbf	Opel Corsa E	XS
Hbf	Renault Kangoo	M
Käsenbachstraße 8	Opel Corsa CDTI	XS
Wilhelmstraße 60	VW up!	XXS
Mohlstraße 11	Toyota Yaris Hybrid	XS
Mörikestraße 4	Opel Agila	XS
Wilhelmstraße 3, Kino Museum	Renault Twingo	XXS
Brunnenstraße 3, Tech. Rathaus	VW up!	XXS
	Renault Kangoo dci	M
Stauffenbergstraße 26,	Opel Corsa CDTI	XS
Doblerstraße 15, "Im Knick"	Opel Corsa E	XS
Doblerstraße 9-11, KSK	VW up!	XXS
Doblerstraße 4-6, KSK Innenhof	Opel Karl	XXS
Schleifmühlweg 4, Haagtor	Opel Corsa CDTI	XS
	Opel Karl	XXS
	Dacia Lodgy	M
Vor dem Haagtor 1	Opel Corsa E Automatik	XS
	Opel Karl	XXS
Bei der Fruchtschranne 1, ggn. Haus Nr. 2	VW up!	XXS
Neckarhalde 38	Opel Corsa CDTI	XS
Gartenstraße 62	Opel Corsa E	XS
Gartenstraße 30	Opel Karl	XXS

TeilAuto versteht sich als Teil des multimodalen Mobilitätsmixes und gilt als ein Baustein für eine nachhaltige Mobilitätswende im Raum Neckar-Alb.

Für die Nutzung von stationsgebundenen Car-Sharing Angeboten gibt es aus Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutzgründen eine Vielzahl von Argumenten, die für den Einsatz von Car-Sharing Angeboten sprechen und nachstehend aufgelistet werden:

- Die Nutzung von Car-Sharing Fahrzeugen bedeutet eine hohe Kostenersparnis gegenüber der Nutzung eines privaten Fahrzeugs. So wird kein Kapital in einem eigenen Fahrzeug gebunden. Auch laufende Kosten wie Aufwendungen für Benzin, Wartungen und Inspektionen und Versicherungen entfallen.
- Car-Sharing ist eine ressourcenschonende und nachhaltige Art der Fortbewegung, denn überwiegend werden kleine Fahrzeuge mit niedrigen Emissionen angeboten.
- Eine positive Umweltwirkung liegt in der Tatsache, dass Car-Sharing Fahrzeuge in der Regel nur dann genutzt werden, wenn diese wirklich gebraucht werden. Unnötige Kurzstrecken können so in der Regel vermieden werden.
- Häufig geht aus Befragungen hervor, dass durch die Nutzung von Car-Sharing häufig eine Anschaffung eines Zweitwagens vermieden werden konnte oder ein bestehendes Zweitfahrzeug durch ein vorhandenes Car-Sharing Angebot überflüssig gemacht hat und dieses daher abgeschafft wurde.

Wie groß die Wirkung sein kann, durch ein funktionierendes und flächendeckendes Car-Sharing Angebot eine maßgebliche Reduktion der Verkehrs- und Schadstoffbelastung zu erwirken, zeigt zudem eine Studie zur Auswirkung des Einsatzes von Car-Sharing aus der Hansestadt Bremen.

Nach Aussage der Studie kann in Bremen durch die flächendeckende Verbreitung von Car-Sharing-Angeboten, ein Car-Sharing Fahrzeug bis zu 16 Fahrzeuge im Privatbesitz ersetzen.

Weiterhin ergab die Untersuchung der dortigen Car-Sharing Angebote, dass dadurch in Summe rund 5.000 Fahrzeuge durch Car-Sharing vermieden werden können und somit ein beträchtlicher Effekt auf die Reduktion der Park- und Verkehrsbelastung erwirkt wird. Entlastungseffekte im ruhenden Verkehr zeigen sich vor allem durch deutlich geringere Standzeiten der Car-Sharing Fahrzeuge, als auch durch die Abschaffung bzw. nicht getätigte Anschaffung privater Fahrzeuge.

Die weitere Befragung von Haushalten, die Car-Sharing regelmäßig nutzen, ergab, dass die Pkw-Fahrleistung dort über 50 Prozent geringer ausfällt, als in durchschnittlichen Bremer Haushalten. Im Rahmen der Studie in Bremen wurden erstmals auch die Wechselwirkungen zwischen Car-Sharing Angeboten und dem Konsumverhalten der Bevölkerung untersucht. Es kann festgehalten werden, dass Car-Sharing nicht nur einen direkten Einfluss auf verkehrsbedingte Messgrößen hat, sondern auch Wechselwirkungen mit weiteren Lebensbereichen aufzeigt. Demnach zeigen die Ergebnisse der Studie auf, dass Nutzer von Car-Sharing Angeboten wesentlich häufiger auf Verkehrsmittel des ÖPNV zurückgreifen um Einkäufe zu erledigen. Nach Aussagen der Studie hat dies Auswirkungen auf den geographischen Aktionsradius, in dem die Einkäufe getätigt werden. Es wurde festgestellt, dass Einkäufe häufiger vor Ort stattfinden und somit die mit Car-Sharing Angeboten einhergehende Lebensweise auch einen wichtigen Beitrag zur Stärkung des lokalen Einzelhandels leisten kann.

Werden die zuvor getätigten Aussagen auf den Einsatz von Car-Sharing Angeboten in Kombination mit dem Einsatz von Elektrofahrzeugen adaptiert, so zeigt sich, dass die ohnehin schon positiven Umwelt- und Klimawirkungen durch Car-Sharing sogar noch weiter gehoben werden können. Aufgrund der Tatsache, dass Car-Sharing Angebote die Gesamt-Fahrzeuganzahl bedeutend reduzieren können, reduziert sich dadurch nicht nur der Stellplatzbedarf und somit das Verkehrsaufkommen im ruhenden Verkehr, auch die bestehende Ladeinfrastruktur an den Car-Sharing Stationen kann dadurch deutlich stärker ausgelastet werden.

Da Car-Sharing Fahrzeuge deutlich höhere Nutzungszeiten als private Fahrzeuge aufweisen, zeigen sich hier positive Effekte auf die Klimabilanz der Elektrofahrzeuge. Der größte Anteil der Schadstoffemissionen entsteht bei Elektrofahrzeugen in der Produktion der Fahrzeugbatterien. Durch eine höhere Ausnutzung von Elektrofahrzeugen die zu 100 Prozent mit Ökostrom betankt werden, können die zunächst hohen Emissionen bei der Fahrzeugproduktion durch hohe Fahrleistungen und hohe Nutzungszeiten teilweise relativiert werden.

Ein Vorteil im Angebot von Car-Sharing ist, dass die Nutzung der Fahrzeuge zu meist exakt dokumentiert und auch für zukünftige Verleihvorgänge vorausschauend geplant wird. Damit ist es möglich, dass der Einsatz der Fahrzeuge bereits frühzeitig festgelegt wird und entsprechend auf die Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer angepasst werden kann. Im Hinblick auf Elektrofahr-

zeuge, bei den länger andauernde Tank- bzw. Ladevorgänge berücksichtigt werden müssen, bietet die frühzeitige Einsatzplanung die Möglichkeit diese Tatsache zu berücksichtigen und die Fahrzeuge in der Einsatzplanung dementsprechend einzusetzen.

Das örtliche Car-Sharing Unternehmen teilAuto hat schon frühzeitig einen Schritt in die Richtung der Elektrifizierung von Teilen seines Fahrzeugbestandes getätigt. Im Jahr 2015 erfolgte die Anschaffung zweier rein batterieelektrischer Renault Zoe, die nach einer Pilotphase in den TüBus-Fuhrpark integriert wurden. Während das Angebot von Elektrofahrzeugen zur Einführung 2015 zunächst weniger in Anspruch genommen wurde, begann im Frühjahr 2017 der zweite Anlauf. Ein Renault Zoe wurde auf einem festen Parkplatz inklusive Wallbox in der Derendinger Straße platziert. Zwei weitere Elektrofahrzeuge hat der Anbieter teilAuto in der Brunnenstraße im Tübinger Stadtgebiet stationiert und baut damit sein Angebotsportfolio für Elektrofahrzeuge weiter aus. Anhand von Tabelle 9 lässt sich zudem an der Anzahl der Fahrzeuge, die im Tübinger Stadtzentrum stationiert sind, erkennen, welches Potenzial an dieser Stelle besteht, Geräusch- und Schadstoffemissionen durch einen sukzessiven Umstieg auf Elektrofahrzeuge zukünftig weiter zu reduzieren.

Empfehlung 7a Aufbau/ Erweiterung E-Car Sharing

Das Angebot an stationsgebundenen Elektrofahrzeugen ist zum aktuellen Zeitpunkt nur in geringem Umfang vorhanden. Dies liegt unter anderem an vergangenen negativen Erfahrungen seitens teilAuto hinsichtlich der Akzeptanz der Kunden in Bezug auf Elektrofahrzeuge. Es sollte daher eine Ergänzung des Fahrzeugbestands um Elektrofahrzeuge in Kombination mit einer modernen Buchungsplattform erfolgen.

Ziel:

Mit den neuen Möglichkeiten von modernen Buchungsplattformen, sollte mittelfristig an geeigneten Standorten gezielt die Ergänzung von E-Car-Sharing stattfinden. Neue Quartiere sollten in der Planung immer mindestens diese Option prüfen. Die Stellplatzverordnung kann hier auch Treiber dieses Angebots werden. Ebenso ist für eine breite Akzeptanz und Nutzung zu sorgen, wie bspw. Testangebote und Vorbildfunktion durch Stadt und Stadtwerke.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

teilAuto:	Anbietende von E-Car-Sharing, Dienstleistungen
Stadt:	Genehmigung Stellplätze, Stellplatzverordnung, Parken im öffentlichen Raum, Beratung, Stadtplanung
swt:	Unterstützung Sharing-Angebote bis zum Betrieb der Mobilitätsplattform

Aktueller Stand:

Mit teilAuto steht den Bürgerinnen und Bürgern in Tübingen ein stationsgebundenes Autoverleihsystem zu Verfügung. Die Nutzer dieses Angebotes tragen damit bereits heute dazu bei, eine moderne und ökologische Mobilitätskultur in Tübingen zu leben und zu entwickeln. Im Vordergrund steht dabei nicht mehr der Besitz eines Autos, sondern dieses mit einer Vielzahl anderer Personen zu teilen. Der Platzbedarf für ruhenden Verkehr ist geringer und sorgt damit für ein nachhaltigeres Stadtbild in Quartieren in Tübingen und Umgebung.

Die ersten E-Fahrzeuge im Tübinger Sharingsystem von teilAuto gab es schon vor einigen Jahren mit zwei Renault Zoe für die mittlere Reichweite bis 100 km. Die ersten Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass diese Technik für Nutzende hohe Hemmnisse darstellt. Daher wurde auch das E-Fahrzeugangebot zurückgefahren. Mittlerweile haben sich aber die Hemmnisse durch Erfahrungen und Imagegewinne, sowie Erhöhung der Reichweiten bei der Elektromobilität verringert. Mit Coup hat 2018 das zweirädrige E-Roller-Sharing Einzug gehalten. Die Erfahrungen an der Stelle sind in der Nutzung positiv, ein wirtschaftlicher Betrieb erscheint momentan jedoch noch schwierig. Dennoch sollten Erfahrungen aus dem E-Roller-Sharing von Anfang an in die Umsetzung eines Elektrofahrzeug-Sharings einbezogen und berücksichtigt werden. Zum aktuellen Zeitpunkt können drei E-teilAutos an zwei verschiedenen Standorten ausgeliehen werden. Zudem ist die teilAuto mit den swt und der Wohnungswirtschaft zu weiteren Standorten in Austausch.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

E-Car-Sharing ist an den aktuellen Standorten auszuprobieren. Parallel haben sich die swt im Rahmen des „urbanen Mobilitätskonzepts“ vorgenommen zunächst gemeinsam mit teilAuto die Buchungsplattform zu modernisieren, ggf. eine umfassende Mobilitätsplattform aufzubauen, welche die Hürden und die Ängste bei den potentiellen Nutzern von E-Car-Sharing verringern sollen.

Stadt, Stadtwerke und teilAuto sollten im Zusammenhang mit der geplanten und bereits vorhandenen (halb) öffentlichen LIS überlegen, wie Synergien zur erhöhten Nutzung der LIS und des E-Car-Sharings geschaffen werden können.

Die Kosten für die Bereitstellung von einem E-Auto für E-Car-Sharing inklusive Infrastruktur ohne Synergien aus bestehender Infrastruktur belaufen sich auf ca. 20.000 EUR/Fahrzeug und 5.000 bis 10.000 EUR für die LIS. Fördermittel können den Mehrkostenbetrag ggü. konventionellen Pkw um 40 bis 80 Prozent verringern.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Hoch	Hoch	Mittel

E-Scooter-Sharing Coup

Seit Juni 2018 ist Tübingen nach Berlin, Paris und Madrid, die vierte Stadt in der der E-Scooter-Verleih Coup aktiv ist. Gemeinsam mit teilAuto Neckar-Alb und den swt hat Coup 30 E-Roller in Tübingen testweise im Einsatz. Coup, eine hundertprozentige Tochter der Robert Bosch GmbH, bietet eine Alternative zu öffentlichen Verkehrsmitteln und dem Auto. Die Leihroller mit einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 45 km/h, stehen den Nutzenden rund um die Uhr zur Verfügung. Die Roller sind kostengünstig und erzeugen lokal keine Lärm- oder Schadstoffemissionen. Weiterhin ermöglichen sie es Besuchern, Gelegenheitsfahrenden und Pendelnden ohne Parkplatznot sich innerhalb eines festgelegten Ausleih- und Rückgabegebietes in Tübingen zu bewegen. Das Buchen und Aufschließen der Scooter erfolgt über eine Smartphone-App. Der Austausch und die Beladung der Akkus übernehmen Angestellte von teilAuto.

Insgesamt hat Coup in den drei Metropolen 3.500 E-Scooter im Einsatz. Tübingen dient hierbei als Pilotprojekt, um ein neues Geschäftsmodell und den Service in Zusammenarbeit durch lokale Kooperationspartner mit anderen Unternehmen und Beteiligten in einer Stadt mit knapp 100.000 Einwohnern zu testen. 2019 wurde das Coup Gebiet etwas vergrößert, sodass insgesamt 40 Roller zur Verfügung stehen. Aus Klimaschutztechnischer Sichtweise, sowie in Bezug auf die Reduktion der lokalen Geräusch- und Schadstoffemissionen ist der Einsatz von Elektrorollern zu begrüßen, wenn dies nicht durch eine Steigerung des Individualverkehrs führt und somit die allgemeine Verkehrsbelastung weiter ansteigt.

Den technischen Betrieb sowie die Betreuung der Buchungsplattform der Coup-Sharing Plattform in Tübingen unterliegt teilAuto Neckar-Alb. Gleichwohl aktuell keine Einblicke in die Wirtschaftlichkeit des Coup-Angebots bestehen, kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesem Geschäftsfeld aktuell noch um einen defizitären Geschäftsbereich handelt, dessen weitere Entwicklung abzuwarten bleibt. In Anbetracht einer langfristigen Entwicklung nachhaltiger Mobilitätsangebote bleibt dennoch festzuhalten, dass das Sharing-Angebot für E-Roller eine innovative Ergänzung zukünftiger Mobilitätslösungen darstellt und das damit verbundene Potenzial zur Reduktion von Emissions-/ Lärm- und Verkehrsbelastung gehoben werden sollte.

Empfehlung 7b Aufbau/ Erweiterung E-Roller-Sharing

E-Roller die im Rahmen eines Sharing-Systems zur Verfügung gestellt werden, ermöglichen ein flächendeckendes Mobilitätsangebot und können dazu beitragen, Emissionen vorwiegend im motorisierten Individualverkehr deutlich zu senken. Bereits heute lässt sich aus aktuellen Entwicklungen eine Tendenz zu sogenannten multimodalen Mobilitätslösungen erkennen. Die multimodale Mobilität beschreibt, dass im Gegensatz zur Vergangenheit, in der eine Strecke zumeist mit einem einzigen Fortbewegungsmittel zurückgelegt wurde, zukünftig mehrere Verkehrsmittel verwendet werden um eine Strecke zu absolvieren. Mit Hilfe intelligenter Plattformlösungen wird es Anwendern ermöglicht, mit nur einer Anwendung, Verkehrsmittel unterschiedlicher Anbieter unkompliziert und schnell zu buchen und zu bezahlen.

Speziell vor diesem Hintergrund sollte das E-Roller-Sharing bereits heute weiter ausgebaut und die Buchungsplattformen für den zukünftigen Einsatz im Umfeld multimodaler Buchungsplattformen so konzipiert werden, dass diese auch nachträglich in jene integriert werden können. E-Roller entfalten ihr Umweltschutz-Potenzial speziell dann, wenn brennstoffbetriebene Fahrzeuge durch E-Roller ersetzt werden. Ein weiterer positiver Effekt entsteht durch die Reduktion des Flächenbedarfs des ruhenden Verkehrs, wenn Autos durch, in ihren Abmessungen deutlich kleinere E-Roller ersetzt werden.

Ziel:

Mit den neuen Möglichkeiten von modernen Buchungsplattformen sollte gezielt an geeigneten Standorten mittelfristig die Ergänzung von E-Car-Sharing stattfinden. Neue Quartiere sollten in der Planung immer mindestens diese Option prüfen. Die Stellplatzverordnung kann hier auch Treiber dieses Angebots werden. Ebenso ist für eine breite Akzeptanz und Nutzung zu sorgen, wie bspw. Testangebote und Vorbildfunktion durch Stadt und Stadtwerke. Mit Coup haben die Tübinger bereits einen Anbieter eines E-Roller Verleihers. Nach der Testphase im Jahre 2018 soll das Angebot auch 2019 zur Verfügung stehen und ggf. erweitert werden. Inwieweit das Angebot in der Form auch mittelfristig angeboten werden kann, ist abzuwarten.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Coup/weitere:	Anbieter E-Roller Sharing
Stadt:	Genehmigung Stellplätze, Stellplatzverordnung, Parken im öffentlichen Raum, Beratung, Stadtplanung
swt:	Unterstützung Sharing-Angebote bis Betreiber Mobilitätsplattform

Aktueller Stand:

Neben Sharing-Angeboten für Fahrzeuge gibt es seit 2018 ein Angebot zum Verleih von E-Rollern. In Tübingen ist es das Unternehmen Coup, das E-Roller nach dem sogenannten „Free-Floating“ Prinzip zur Verfügung stellt. Dabei können die Fahrzeuge nach der Nutzung am Ort des Fahrtenendes abgestellt werden und müssen nicht an speziell dafür vorgesehene Stationen zurückgebracht werden. Die einzige Voraussetzung ist dabei, dass der Roller innerhalb des festgelegten Geschäftsgebiets abgestellt wird. Zur weiteren Nutzung haben die Fahrgäste die Möglichkeit, die Fahrzeuge via Smartphone-App zu orten und diese somit zu lokalisieren. Die kooperierenden Unternehmen teilAuto und swt sorgen für einen reibungslosen und effizienten Ablauf. Das Angebot richtet sich gezielt an Nutzende, die punktuell kurze Wege in Tübingen auf zwei Rädern zurücklegen wollen. Die steigenden Reichweiten bei der Elektromobilität, verringern dabei zunehmend

die Sorge fehlender Streckentauglichkeit bei den Nutzenden. Die Erfahrungen an der Stelle sind in der Nutzung positiv, ein wirtschaftlicher Betrieb erscheint schwierig und es gibt an dieser Stelle Optimierungspotenzial.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Das E-Roller-Sharing ist zu beobachten und nach Möglichkeit wirtschaftlich zu optimieren, das Geschäftsgebiet nach Möglichkeit zu erweitern.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Hoch	Hoch	Mittel

5.3 Taxiunternehmen

Taxi-Fahrdienstleistungen werden in Tübingen derzeit mit Mittelklasselimousinen und Kombis bzw. Großraumtaxen überwiegend mit Dieselantrieb durchgeführt. Zur Fahrzeuggröße gibt es eine gesetzliche Mindeststandardregelung (BOKraft). Den Tübinger Markt teilen sich einige Klein- und Kleinstunternehmen, die die Fahrten über eine gemeinsame Funkzentrale organisieren. Die durchschnittliche Tagesfahrleistung liegt bei 50-150 km pro Tag (km/d) mit Spitzen an Feiertagen von 150-200 km/d. Wichtige Entscheidungskriterien für die Wahl eines (E)-Fahrzeugs sind Gesamtkosten inkl. Gebrauchtwagenerlös, Reichweite, Zuverlässigkeit, sowie Akzeptanz der Nutzer des Antriebs. Das Marktumfeld bietet aktuell (noch) keine inländischen E-Fahrzeuge der o. g. Größenklassen mit hinreichender Spitzenreichweite von >200 km/d.

Allerdings werden heute schon Pilotprojekte mit E-Taxis durchgeführt. Als Beispiel dient hier das Taxi Zentrum München, das seit August 2018 zehn batterieelektrische Taxis eines britischen Herstellers betreibt. Im Wechsel laden fünf an den Schnellladesäulen auf dem eigenen Betriebs- hof und die anderen sind stets zur Fahrgastbeförderung unterwegs. Die Reichweite liegt bei 480 km bei einer Akkukapazität von 90 kWh. Der bayrische Taxibetreiber betrachtet den Einsatz der Fahrzeuge vor allem unter ökonomischen Gesichtspunkten, da Bremsbeläge und -scheiben geschont, weniger oft gewechselt werden müssen und sich die Reichweite durch Rekuperation vergrößert. Bereits seit einigen Jahren nutzt ein Tübinger Taxiunternehmen eine batterieelektrische Oberklasselimousine im regulären Taxibetrieb. Dazu lädt er sie u.a. an den swt-Ladesäulen sowie an der eigenen Wallbox zu Hause.

5.4 Ambulante Pflegedienste/Sozialstationen

In Tübingen gibt es etwas über 20 Pflegedienste, die ihre Kunden überwiegend mit Kleinwägen besuchen. Pflegedienste und Sozialstationen sind Einrichtungen von privaten oder öffentlichen Trägern, die betreuungsbedürftige Menschen in der jeweils eigenen Wohnung, Alten- oder Krankenpflege gegen Entgelt zukommen lassen. Oftmals liegen die Ziele - je nach Planung und Uhrzeiten - weiter auseinander, wodurch ein spezielles Fahrtenprofil zustande kommt. Diese Benutzergruppe bietet für die Elektromobilität einige Chancen, da die Strecken und Einsätze gut im Voraus geplant sind. Allerdings existieren aufgrund der unterschiedlichen Orte auch Herausforderungen bezüglich der Wiederaufladezeit.

5.5 Lieferdienste Speisen und Lebensmittel/Food-Delivery

Rund 30 verschiedene Lieferdienste für Speisen gibt es in Tübingen. Hierunter sind beispielsweise Kurier-, Express-, und Paket-Dienste, sowie Milchliefer-service, Pizzaservice oder Essen auf Rädern zu verstehen.

Diese liefern ihre Produkte entweder mit konventionellen Kleinfahrzeugen oder z.T. mit Pedelecs zum Kunden. Ein Tübinger Logistik-Unternehmen bot im Auftrag eines Fleischwarenunternehmens in einer Testphase einen Lieferservice mit einem Cargo-E-Bike an. Des Weiteren bietet das Unternehmen Speditionen und Paketdienstleister an, ihre Sendungen am City-HUB abzuliefern und die Zustellung auf der „Letzten Meile“ zu übernehmen. Diese Nutzergruppe bietet vor allem für E-Zweiräder und E-Kleinstfahrzeuge gute Einsatzmöglichkeiten, da die Fahrstrecken meist recht kurz sind und die Fahrzeuge immer wieder zu einem bestimmten Ort zurückkehren.

5.6 Fahrschulen

In Tübingen gibt es ca. 20 Fahrschulen. Zumeist sind es Einpersonengesellschaften oder kleinere Unternehmen bis zehn Mitarbeiter. Für die Fahrschulen besteht das Problem bei Elektrofahrzeugen, dass sie kein manuelles Getriebe besitzen. Wenn Kunden der Fahrschule das Fahren ausschließlich mit Fahrzeugen erlernen, die über ein Automatikgetriebe verfügen, dürfen diese laut der Gesetzeslage nur Automatik-Fahrzeuge fahren. Trotzdem könnten E-Autos vereinzelt regulär in Fahrstunden eingesetzt werden. Denn wer in den ersten Stunden mit einem E-Auto lernt, kann

sich ganz auf das Fahren und den Verkehr konzentrieren. Im zweiten Teil der Ausbildung kann auf Fahrzeuge mit Handschaltung umgesattelt werden.

5.7 Rettungsdienste, Feuerwehr, Polizei, Hilfsorganisationen

Diese Benutzergruppe stellt für die Elektromobilität eine hohe Herausforderung dar, da die betroffenen Fahrzeuge zu jeder Zeit bereitstehen müssen. Zumeist handelt es sich bei den Fahrzeugen dieser Anwendungsgruppe meist ausschließlich um Sonderfahrzeuge. Von Vorteil ist, dass die Fahrzeuge zumeist in geschlossenen Garagen geparkt werden, die oftmals über einen Stromanschluss bzw. Lademöglichkeiten verfügen.

In naher Zukunft ist daher der Einsatz von Hybrid-Fahrzeugen realistisch. So entwickeln aktuell ein deutsches Feuerwehrgeräteunternehmen und eine deutsche Berufsfeuerwehr gemeinsam ein Löschfahrzeug mit Diesel-Hybridantrieb. Konkret wird eine Schadstoffreduktion um rund 14 t/a CO₂ im Vergleich zu dieselbetriebenen Lösch- und Hilfeleistungsfahrzeugen anvisiert. Zudem sind die Reduktion von Lärmemissionen sowie eine Verbesserung des betrieblichen Gesundheitsschutzes vorgesehen. Das Hauptanwendungsgebiet des „Concept Fire Trucks“ wird im Bereich kommunaler Löschfahrzeuge gesehen, wobei die Technologie später auf andere Fahrzeugtypen übertragen werden soll. Den weltweiten Markt schätzt der Hersteller auf rund 3.200 Fahrzeuge bis 2030. In Europa könnten im Jahr 2025 nach Einschätzung von Experten bereits 700 - 800 dieser Fahrzeuge im Einsatz sein.

5.8 Fuhrpark der Stadtverwaltung Tübingen und der Tochterunternehmen

Der Bereich Fuhrpark ist dem städtischen Eigenbetrieb Kommunale Servicebetriebe Tübingen (KST) untergeordnet. Dieser wartet, pflegt und repariert rund 131 Fahrzeuge (exklusive Anhänger) für die Stadtverwaltung Tübingen. Davon sind etwa 50 Prozent der Fahrzeuge Sonderfahrzeuge zum Beispiel der Stadtreinigung. Nachfolgend gibt Tabelle 10 eine Übersicht über alle Bestandsfahrzeuge im Fuhrpark der Stadtverwaltung. Die Umrüstung des Fuhrparks der Tübinger Stadtverwaltung von konventionellen auf Fahrzeuge mit E-Antrieb gestaltet sich als schwierig. Eine komplette Umstellung des Fuhrparks auf E-Antrieb ist nicht möglich, da viele Sonderfahrzeuge vorhanden sind und die produzierenden Unternehmen in diesem Bereich zumeist noch

keine E-Fahrzeuge anbieten, die diesen Sondereinsatzgebieten gerecht werden. Dennoch wäre es bereits ein großer Schritt in Richtung Schadstoffreduktion, wenn im Bereich Individualverkehr mittel- bis langfristig, stufenweise die Fahrzeuge, die nicht unter die Kategorie „Sonderfahrzeuge“ fallen, elektrifiziert werden.

Tabelle 10 Bestandsaufnahme Fuhrpark Stadtverwaltung Tübingen

Größenklasse	Kraftstoffart	Anzahl Fahrzeuge	Beispiel Fahrzeuge
kleinst	Benzin	6	VW up!
klein	Benzin	7	VW Polo
mittel	Benzin	5	VW Golf / VW Caddy
Gesamt	Benzin	18	-
kleinst	Diesel	1	VW up! / Smart
klein	Diesel	12	Fiat Panda / Multicar Fumo
mittel	Diesel	16	VW Golf / VW Caddy
mittelgroß	Diesel	20	VW T6 / Mercedes Vito
groß	Diesel	32	Mercedes Sprinter / Inveco
sehr groß	Diesel	20	MAN TGS / Unimog
Gesamt	Diesel	101	-
Roller	Elektro	4	2 x Kumpan; 1 x Kreidler; NIU
kleinst	Elektro	6	5x VW up! + 1x Renault Twizy
klein	Elektro	2	Goupil/Hybrid
Gesamt	Elektro	12	-
Gesamt	Alle Antriebe	131	

Weiterhin ist eine gesamt betrachtete Untersuchung des Fuhrparks zu empfehlen. Hierbei kann der Bedarf der einzelnen Fahrzeuge abgeschätzt werden. Einige Sonderfahrzeuge und mobile Maschinen können mit einem Hersteller aus Meerbusch in Nordrhein-Westfalen realisiert werden (vgl. Abbildung 13).

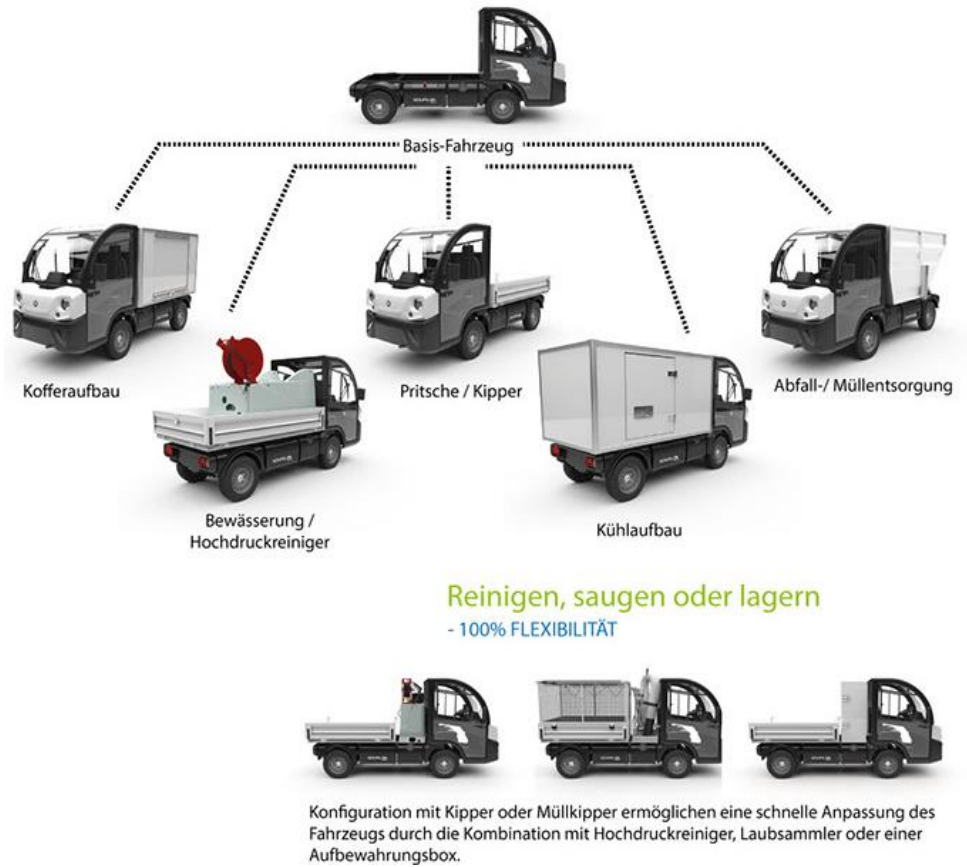


Abbildung 13 Konfigurationen Goupil G4)

5.8.1 Stadtwerke Tübingen (swt)

Der Fuhrpark der Stadtwerke Tübingen umfasst, wie Tabelle 11 zeigt, neben Dienst-Pkw auch einige Sonderfahrzeuge. Insgesamt sind 130 Fahrzeuge im Einsatz. Außerdem besitzen die swt 10 Pedelecs, um kurze städtische Strecken mit dem Zweirad zu erledigen.

Tabelle 11 Übersicht Fuhrpark swt nach Größenklassen und Antriebsart

Größenklasse	Antriebsart	Anzahl Fahrzeuge	Beispiel Fahrzeuge
klein	Benzin	1	Skoda Fabia
mittel	Benzin	1	VW Golf
mittelgroß	Benzin	1	VW T6
Gesamt Benzin		3	
kleinst	Diesel	1	Smart
klein	Diesel	2	Kehrmaschine
mittel	Diesel	11	VW Passat / VW Caddy
mittelgroß	Diesel	29	VW T4/T5/T6
groß	Diesel	19	Mercedes Sprinter / Crafter
sehr groß	Diesel	5	MAN TGMS / Steiger
Gesamt Diesel		67	
kleinst	Erdgas	14	VW up! / Frontstabler
klein	Erdgas	1	Fiat Punto
mittel	Erdgas	33	Passat / Caddy / Combo
Gesamt Erdgas		48	
mittel	Hybrid/Benzin	1	Toyota Prius
mittel	Plug-in-Hybrid	1	VW Passat GTE
Gesamt (Plug-in)-Hybride		2	
Roller	Elektro	2	E-Roller NIU M1 Pro
kleinst	Elektro	5	VW up! / Golf-Caddy
sonder	Elektro	3	E-Frontstapler & Hubwagen
Gesamt Elektro		10	
Gesamt: Alle Antriebsarten		130	-

Nach und nach werden die Diesel-Fahrzeuge mit Euro 4 ausgemustert und wenn möglich durch neue Euro 6d-temp ersetzt. Durch die hohe Anzahl an Sonder- und Spezialfahrzeugen ist derzeit

kein vollständiger Umstieg auf elektrische Antriebe möglich. In den letzten Jahren wurde der Umstieg auf Erdgas vorangetrieben. Hierbei spielen die Vorteile der niedrigeren Kraftstoffkosten und eines geringeren Steuersatzes für den Kraftstoff eine Rolle. Zudem stoßen Erdgasfahrzeuge (H-Gas) im Vergleich zum Benziner bis zu 25 Prozent weniger CO₂ aus.

Die swt besitzt 10 Ladepunkte auf dem Betriebsgelände, die für Mitarbeiter und teilweise auch von Gästen genutzt werden können. In den kommenden Jahren werden diese bedarfsorientiert weiter ausgebaut.

5.8.2 GWG - Gesellschaft für Wohnungs- und Gewerbebau Tübingen mbH

Die GWG ist eine Tochtergesellschaft der Universitätsstadt Tübingen. Dadurch ist diese ein mehrheitlich kommunales Wohnungs- und Dienstleistungsunternehmen mit rund 2.000 eigenen Wohnungen und Geschäftsräumen. Darüber hinaus verwaltet die GWG Wohnraum von Eigentümergemeinschaften und ist in der Auftragsverwaltung für Dritte tätig. Als Beitrag zum Klimaschutz und zur Verbesserung der Wohnsituation hat die GWG in den vergangenen Jahren ein umfangreiches Sanierungs- und Modernisierungsprogramm für ihre Gebäudebestände aufgelegt, um den kompletten Wohnungsbestand auf den neuesten Stand zu bringen. Der Fuhrpark besteht aus 4 Fahrzeugen sowie einem Fahrrad und einem Pedelec. (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12 Bestand Fuhrpark GWG

Größenklasse	Kraftstoffart	Anzahl Fahrzeuge	Beispiel Fahrzeuge
Zweirad	-	2	-
klein	Benzin	2	VW Polo
mittel	Erdgas/Benzin	1	VW Golf / VW Caddy
mittel	Diesel	1	VW Caddy
Gesamt	Alle Antriebe	4	

Die GWG hat sich zum Ziel gesetzt ihre Kunden und Objekte weitestgehend emissionsfrei zu erreichen. Die Planungen sehen daher vor, nach und nach auf E- bzw. Plug-In-Hybrid-Modelle umzustellen und weitere Pedelecs anzuschaffen. Die zukünftigen Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge oder batterieelektrischen Fahrzeuge werden an zwei Wallboxen am Unternehmenssitz geladen, wo sie zeitnah in Kooperation mit der swt installiert werden könnten.

Empfehlung 8 Entwicklung von Angeboten für geschlossene Benutzergruppen

Für Tübinger Unternehmen die mit der öffentlichen Daseinsvorsorge betraut sind und selbst einen Mobilitätsbedarf haben, sollen passende Lösungen erarbeitet werden, die auf Umweltverträglichkeit abzielen. Dies umfasst unter anderem das Flottenmanagement, sowie das Betriebliche Mobilitätsmanagement (BMM). Erleichterungen bzgl. des Zugangs zu öffentlicher LIS können eingeräumt werden. Um eine mittel- bis langfristige Verkehrsminderung im Tübinger Stadtraum zu erreichen, sollte auch die Vorbildfunktion von städtischen Angestellten, sowie Angestellten der Tochterunternehmen wahrgenommen werden. Dies umfasst zum Beispiel die Nutzung alternativer Verkehrsmittel, wie die Inanspruchnahme des Tübinger ÖPNV oder den Umstieg auf Pedelecs durch städtische Angestellte.

Ziel:

Die Bereitstellung von Mobilitätsangeboten im öffentlichen Bereich beinhaltet auch das Serviceangebot rund um den Zugang zu öffentlicher und halböffentlicher LIS. Dennoch sollte auch hier für E-Fahrzeuge gelten, dass dort LIS vorgehalten wird, wo diese Fahrzeuge eine lange Verweildauer haben. Meist ist das nachts auf den Betriebshöfen der Fall. Das Mobilitätsangebot ist aber auch in geeigneter Weise mit dem BMM zu verknüpfen. So braucht es klare Vorgaben hinsichtlich einer optimalen Wahl der Verkehrsmittel für eine umweltschonende Mobilität. Das Mittel der Wahl sollte nicht immer MIV sein. Die Ansprache der Dienste und Bereitstellung von Informationen (z. B. Rahmenbedingungen, Voraussetzungen, Vorteile) und die Umstellung der Dienstfahrzeuge der öffentlichen Verwaltung sollen zur Zielerreichung ebenso beitragen, wie die Ergänzung und Erweiterung der Fuhrparks durch Pedelecs und E-Lastenräder. Die Ausweitung auf das vorhandene Mobilitätsangebot des städtischen ÖPNV und Car-Sharing von teilAuto spielt zudem eine wichtige Rolle. Das bereits vorhandene Know-How und die gesammelten Informationen und Erfahrungen seitens der Stadt und der swt können zudem für die Beratung interessierter Unternehmen dienlich sein, sodass diesen zwei Beteiligten im Rahmen der Mobilitätswende eine Schlüsselposition zukommt.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Beratungsangebote, BMM und Flotte
EVU:	Beratung, vereinfachter Zugang zu öffentlicher LIS und ggf. Genehmigung

Aktueller Stand:

Bei der Stadt Tübingen und den swt gibt es seit längerem Erfahrungen im Hinblick auf den Einsatz von E-Fahrzeugen. Diese Fahrzeuge sind sowohl konventionelle E-Pkw als auch E-Roller und E-Bikes. In der Öffentlichkeit werden Stadt und swt als Vorbild wahrgenommen. Die im Rahmen des Einsatzes gesammelten Informationen und Erfahrungen seitens der Stadt Tübingen und swt können für die Beratung interessierter Benutzergruppen dienlich sein. Zudem verfügen die Stadtwerke Tübingen über ein ausgiebiges Beratungsangebot bezüglich bestehender Fördermöglichkeiten des Bundes sowie des Landes.

Um die verkehrsbedingte Emissions- und Verkehrsbelastung im Tübinger Stadtgebiet noch weiter zu reduzieren, sollte neben der Elektrifizierung von Fahrzeugen auch eine grundsätzliche Reduktion der Anzahl von Fahrzeugen im Tübinger Stadtgebiet angestrebt werden. Um dies zu erreichen werden bestehende Car-Sharing Angebote weiterhin ausgebaut.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

- Einführung einer Informationsplattform und erweitertes Beratungsangebot für geschlossene Benutzergruppen.
- Installation von LIS an den Geschäftsräumen bzw. Einsatzzentralen der Behörden.
- Weitere strukturelle Maßnahmen stärken die Nutzung von E-Fahrzeugen, Pedelecs, ÖPNV-Nutzung und Car-Sharing-Angebote.
- Vereinfachter und günstiger Zugang zu öffentlicher und halböffentlicher LIS für Unternehmen des öffentlichen Bereichs.
- Sinnvoll erscheint es zudem, dass geschlossene Benutzergruppen insofern diese über eigene LIS verfügen, diese zu Zeiten in den diesen nicht benötigt wird, auch privaten Elektrofahrzeugnutzenden zur Verfügung stellen. Ein störungsfreier Geschäftsbetrieb der Unternehmen ist dabei unter allen Umständen zu gewährleisten.
- Im Bereich der Rettungsdienste, Feuerwehren und Polizeifahrzeugen ist eine Umstellung auf elektrische Antriebskonzepte besonders schwierig. Diese Fahrzeuge haben gemein, dass es sich häufig um Einzelanfertigungen handelt die zu jeder Zeit uneingeschränkt verfügbar, betriebsbereit und funktionstüchtig sein müssen. Die Feuerwehr ist im Gegensatz zu den Rettungsdiensten und Polizeibehörden eine städtische Einrichtung. Auf den Entscheidungsprozess das genannte Konzept des „Concept Fire Truck“ weiterzuverfolgen, hat diese somit direkten Einfluss und könnte das Ziel einer Einführung dieser Fahrzeuge weiter vorantreiben.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Mittel	Mittel	Mittel

6. Betriebliches Mobilitätsmanagement

Das betriebliche Mobilitätsmanagement (BMM) zielt darauf ab, Liefer- und Kundenverkehr, Dienstreisen und Mobilität von Angestellten effizient und umweltgerecht zu gestalten. Insbesondere durch den Umstieg vom Auto auf andere Verkehrsmittel ergeben sich für das Unternehmen Vorteile: Sie müssen weniger Parkplätze bereitstellen und instandhalten und Unfälle auf dem Weg zur Arbeit, Krankheitstage sowie Verspätungen durch Staus werden reduziert. Auch Personen in einem angestellten Verhältnis spielen eine Schlüsselrolle bei der Wahl alternativer, ökologischer Transportmittel, denn oftmals werden für Dienstfahrten oder für die Fahrt zur Arbeit aus reiner Routine das Auto genutzt, obwohl es Alternativen gibt.

Seit einigen Jahren gibt es bei der Universitätsstadt Tübingen unter der Klimaschutzkampagne „Tübingen macht blau“ ein Informationsangebot für betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM) in Unternehmen. Zudem wurde das „Forum BMM“ eingerichtet, das den unternehmensübergreifenden Austausch unter Moderation der Stadtverwaltung ermöglicht.

Durch die Aktualität und den Wandel hin zu Elektrofahrzeugen, spielt die E-Mobilität auch im betrieblichen Mobilitätsmanagement eine wichtige Rolle. Immer mehr Beschäftigte erkundigen sich über Lademöglichkeiten beim Unternehmen in dem diese arbeiten und auch bei den Unternehmen selbst, besteht häufig ein reges Interesse ihren Fuhrpark mit Elektrofahrzeugen auszurüsten.

Es sollte daher das Ziel sein, dieses Mobilitätsmanagement durch die Elektromobilität zu ergänzen. Hier sollte auch das Thema Elektromobilität „Vorbild und erleben“ eine Rolle spielen, da somit auch der Umstieg im privaten Leben der Beschäftigten vorangetrieben wird. Denn durch das Erlebnis und die Möglichkeit alternative Fortbewegungsmittel im eigenen Unternehmen testen zu können, ermöglicht es, dass Themen wie die noch immer weitverbreitete Reichweitenangst verringert werden und somit der Einsatz von E-Fahrzeugen gesteigert werden kann.

Der Geschäftsleitung eines Unternehmens obliegt somit die Möglichkeit, mit sogenannten „weichen Maßnahmen“ das Verhalten der Belegschaft nachhaltig zu verändern. Dabei können im speziellen Fall der Elektromobilität, Informationen durch das Unternehmen bereitgestellt werden, die rund um das Thema Elektromobilität einen erläuternden Einblick in dieses Themengebiet ermöglichen. Zudem besteht die Option, dass gezielt Fördermöglichkeiten für E-Autos und Pedelecs

aufgezeigt werden oder sogar durch das Unternehmen selbst gefördert werden. Dies alles dient dazu Bewusstsein für die Elektromobilität zu schaffen und den Einsatz von Elektrofahrzeugen zu erhöhen.

Außer diesen genannten und vergleichsweise einfachen und kostengünstigen Maßnahmen können so genannte „Harte Maßnahmen“ wie beispielsweise Ladeinfrastruktur, E-Autos sowie Pedelecs im Fuhrpark, umgesetzt werden.

Empfehlung 9 Betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM)

Ein betriebliches Mobilitätsmanagement untersucht und beeinflusst das Mobilitätsverhalten von Unternehmen und deren Angestellten, um mit Hilfe der Ergebnisse und daraus abgeleiteten Maßnahmen, die Belastungen auf das Klima, die Umwelt, Infrastruktur und um Kosten zu senken. Aufgrund der großen Anzahl der in Tübingen ansässigen Unternehmen und der damit verbundenen hohen Anzahl von Firmen- und Nutzfahrzeugen, ergibt sich an dieser Stelle ein hohes Emissionseinsparpotenzial. Dieses sollte nachhaltig durch eine aktive Umsetzung von Mobilitätsmanagementmaßnahmen in den Unternehmen gehoben werden.

Ziel:

Das Ziel sollte es sein, ein betriebliches Mobilitätsmanagement bei den hiesigen Unternehmen zu implementieren und auszuführen. Ziel des BMM ist es, nutzerorientierte Vorgaben für die Angestellten eines Unternehmens zugunsten der Umwelt und Gesundheit zu dokumentieren und auf geeignete Weise auch in das Unternehmen zu transportieren. Die zugrundeliegende Fragestellung sollte dabei stetig sein, wie man betriebsbedingte Verkehre kosteneffizienter, sozialverträglich und umweltschonend gestalten und gleichzeitig bereits angewandte und funktionierende Geschäftsprozesse in gleichem Qualitätsstandard beibehalten kann.

Der Anteil MIV sollte maßgeblich zu Gunsten des ÖPNV, Car-Sharing und Zweirädern verschoben werden.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Beratung hinsichtlich betrieblichem Mobilitätsmanagement
Unternehmen:	Potentialanalyse, Strategieentwicklung und Umsetzung in die Praxis

Aktueller Stand:

Weiterführende Informationen zum BMM können schon heute auf der Internetseite der Stadt Tübingen eingesehen werden. Im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung im Februar 2018 wurden zudem bereits Maßnahmen für ein funktionierendes BMM vorgestellt.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Im nächsten Schritt ist es von großer Bedeutung Unternehmen zunächst hinsichtlich betrieblichen Mobilitätsmanagements zu sensibilisieren um somit sowohl Potenziale in der effizienten Fahrzeugnutzung, als auch bezüglich potenzieller Kosteneinsparungen zu heben. Weiterhin sollten Unternehmen zum Thema BMM untereinander vernetzt sein um die Einführung eines BMM möglichst effizient und kostengünstig erreichen zu können. Bei einer erfolgreichen Einführung eines BMM im Unternehmen, sollte dieses auch langfristig im Unternehmen verankert bleiben um somit auch mittel- bis langfristig weiterhin von den positiven Effekten des BMM profitieren zu können. Konkreter Handlungsbedarf besteht daher vorwiegend in folgenden Punkten:

Folgende Maßnahmen sollten vorgenommen werden:

- Schaffung eines externen Beratungsangebots für Mobilität in Unternehmen durch die Stadt.
- Aufbau eines integrierten BMM für Mitarbeiter der Stadt.
- Ansiedlung des städtischen BMM möglichst in einem Fachbereich → Bündelungswirkung der Beratungskompetenzen zu diesem Thema in einer zentralen Einrichtung/ Abteilung.

- Zur Wahrnehmung und aktiven Unterstützung der Vorbildfunktion der Angestellten im öffentlichen Dienst sollte die Stadt, sowie verbundene Tochterunternehmen ein eigenes betriebliches Mobilitätsmanagement einführen

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Sehr hoch	Hoch	laufend

Empfehlung 10 Fahrzeugflotten in Unternehmen elektrifizieren

Viele der in Tübingen und im Umland ansässigen Unternehmen nutzen mit Verbrennungsmotoren ausgestattete Pkw oder Transportfahrzeuge zur Ausführung ihrer unternehmerischen Tätigkeiten. Geschäftsbereiche, zu denen die Mobilität im Allgemeinen als Grundvoraussetzung zur Ausführung der Tätigkeit zählen, sind zum Beispiel die Stadtverwaltung und Stadtreinigung, Energieversorgungsunternehmen, der öffentliche Nahverkehr, Taxiunternehmen, ambulante Pflegedienste, Fahrschulen, Speise- und Getränkelieferdienste, sowie alle Art von Transportdienstleistungen. Häufig werden in diesen Unternehmen zwar sehr viele Fahrten durchgeführt, diese umfassen jedoch häufig nur kurze Wegstrecken. Hinzu kommt, dass vor allem bei der Verwendung von Pkws häufig weder der verfügbare Fahrgast- noch der Laderaum zur Sachgegenstandsbeförderung vollständig ausgenutzt werden und so eine ineffiziente Ausnutzung der Fortbewegungsmittel stattfindet. Aus diversen Gründen, zum Beispiel wegen Skepsis hinsichtlich der Reichweite von E-Fahrzeugen, schrecken heute noch Unternehmen vor der Anschaffung von E-Fahrzeugen zurück. Nicht immer ist die Anschaffung eines E-Fahrzeugs das einzige Mittel, um Emissionen einzusparen. Auch in der Fahrzeugart, die zum Transport von Waren im innerstädtischen Bereich verwendet wird, steckt Potenzial klimaschädliche Emissionen zu vermeiden, indem tendenziell kleinere Fahrzeuge in Leichtbauweise verwendet werden. Haben Unternehmen einen großen Fahrzeugbestand, kann ein erster Schritt hin zur Emissionsreduktion, ein Monitoring des aktuellen Flottenmanagements durch die gezielte Erfassung und Auswertung des aktuellen Fahrzeugeinsatzes, Rückschlüsse über vorhandene Einsparpotenziale sowie aus betriebswirtschaftlicher Sicht die gezielte Steigerung der Einsatzauslastung einzelner Fahrzeuge ermöglichen. Mit Hilfe einer Analyse sollten die Potentiale zugeschnitten auf die jeweiligen Unternehmen aufgezeigt werden.

Ziel:

Ziel soll es sein, die Flotte entsprechend praxistauglich auf E-Mobilität umrüsten zu können. Dabei muss geklärt werden, wie der individuelle Mobilitätsbedarf maßgeschneidert auf nachhaltige Mobilität umgestellt werden kann. Dies gelingt nur mit einer entsprechenden Mobilitätsanalyse des Fuhrparks unter Betrachtung folgender beispielhafter Fragestellungen:

- Welche Fahrzeuge sind auf welchen Strecken im Einsatz (Tages km/ Wochen km)?
- Analyse der Nutzung hinsichtlich Dienstfahrten, Geschäftswagen (gewerblich, privat)?
- Gibt es Transportbedarf oder Sonderfahrzeuge?
- Welche alternativen Mobilitätsangebote wie z.B. Car-Sharing, E-Bikes, Lastenräder etc. gibt es?
- Gibt es Möglichkeiten notwendige LIS vorzuhalten (Platz/ Stromanschluss)?
- Gibt es ggf. Verknüpfungspunkte von Mobilitätsangeboten für Gäste/Kunden und Angestellten?

Aus den Antworten zu den Fragestellungen lassen sich entsprechende Umsetzungsvorgaben zur LIS und möglichen E-Fahrzeugen ableiten.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Anreizprogramme für Unternehmen, z.B. für zu genehmigende Stellplätze, Beratung, Flottenstrategie Stadt +Töchter, Vorbildwirkung
Unternehmen:	Potentialanalyse, Strategieentwicklung, Umsetzung

Aktueller Stand:

Bei der Stadt Tübingen und den swt gibt es seit längerem Erfahrungen im Hinblick auf den Einsatz von E-Fahrzeugen. Diese Fahrzeuge sind sowohl konventionelle E-Pkw als auch E-Roller und E-Bikes. In der Öffentlichkeit werden Stadt und swt als Vorbild wahrgenommen. Die im Rahmen des Einsatzes gesammelten Informationen und Erfahrungen seitens der Stadt Tübingen und swt können für die Beratung interessierter Unternehmen dienlich sein. Zusammen mit Fragestellungen zum Stromnetz, Technik, und Genehmigung ergibt das eine Schlüsselposition dieser beiden Beteiligten in der Elektromobilität.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Zunächst ist es nahliegend die bestehenden Fuhrparks der angesprochenen Unternehmen weiter zu elektrifizierenden und mit einem intelligenten Flottenmanagement zu beginnen. Konkrete Handlungen diesbezüglich sollten sein:

- Potentialanalyse Unternehmensfuhrparks
- Umstellung der Dienstfahrzeuge auf emissionsfreien Antrieb
- Erweiterung oder Ersatz von Teilen des Fuhrparks durch Pedelecs und E-Lastenräder und E-Roller
- Ausrollen von Beratungsangeboten oder Anreizprogrammen an Tübinger Unternehmen

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Hoch	Hoch	Mittel

7. Bauen, Wohnen und Mobilitätsstationen

Tübingen besitzt im Wohnbereich ein breites Spektrum an städtebaulichen Charakteristika, diese reichen von modernen Quartieren und einer historischen Altstadt, über dichtbesiedelte Wohnblöcke hin zu von Einfamilienhäusern geprägten Teilen der Stadt. Da dieser Bereich das wichtigste Einsatzgebiet der Elektromobilität darstellt, müssen hier bedarfsgerechte Lösungen erarbeitet werden. Aufgrund der unterschiedlichsten Wohnstrukturen entstehen hier immer neue Herausforderungen, wofür Lösungen gezielt für städtische Quartiere, einzelne Wohngebäude und Wohnbaugesellschaften entwickelt werden müssen.

7.1 Wohngebäude

Bei Wohngebäuden ist allen voran die richtige Dimensionierung der Hausanschlussleistung maßgebend. Folglich müssen bei der Planung der Ladeinfrastruktur folgende Punkte beachtet werden:

- die Art und Anzahl der Fahrzeuge, die für diesen Standort zu erwarten sind
- die Ladeleistung der anzuschließenden Fahrzeuge
- die erwartete durchschnittliche Parkdauer
- das Ladeverhalten der Fahrzeugbesitzer

Da die meisten Hausanschlüsse üblicherweise dreiphasig mit 35 bis 100 Ampere abgesichert sind, stehen dem Wohngebäude 25 kW bis 70 kW zur Verfügung. Daher kann das Potential eines Hausanschlusses bei einer hohen gleichzeitigen Belastung durch Elektrofahrzeuge schnell erreicht sein.

Im Bereich des Neubaus sollte daher von Anfang an die Elektromobilität berücksichtigt werden, auch wenn bei Baubeginn noch keine Ladestationen benötigt werden, denn eine Nachrüstung des Hausanschlusses ist sehr kostenintensiv.

Bei Bestandsgebäuden stellt es sich schwieriger dar, da der Hausanschluss bereits begrenzt ist und meist nicht auf zusätzliche Ladeleistungen eines Elektrofahrzeugs ausgelegt wurde. Daher kann es durchaus notwendig sein, den Hausanschluss für die Versorgung der Elektrofahrzeuge zu verstärken oder einen separaten Hausanschluss für das Laden zu installieren. Auch ein intelligentes

Lastmanagement kann zusätzliche Ladestationen ermöglichen. Nachfolgend ist der für die jeweilige Ladeart benötigte Netzanschluss dargestellt (vgl. Abbildung 14)


Fahrzeuge	Lade-technologie	Ladeleistung (kW)	Ladestrom (A)	Netzanschluss der Ladeinfrastruktur
 Elektrofahrzeuge BEV und PHEV	AC 1-phasig	Bis 3,7	Bis 16	AC, 1-phasig 230 V, 16 A
	AC 3-phasig	Bis 43	Bis 63	AC, 3-phasig 400 V, 3 x 63 A
	DC	Bis 80	Bis 200	AC, 3-phasig 400 V, 3 x 125 A

Abbildung 14 Aktuell typische Werte beim Laden von Elektrofahrzeugen

Weiterhin ist zu der allgemeinen Dimensionierung der Ladeinfrastruktur und des daraus resultierenden Hausanschlusses die Unterscheidung zwischen Ein- bzw. Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern wichtig. Hieraus resultieren unterschiedliche Lösungsanforderungen.

Ein- und Zweifamilienhäuser

In der Regel haben die Gebäudebewohner eigene Park- oder Stellplätze, die entweder offen oder geschlossen sind. Dadurch können die Nutzer eigene Lademöglichkeiten für E-Fahrzeuge relativ einfach über den Hausanschluss realisieren. Hier sind einfache Wallboxen zu empfehlen die mit Ladeleistungen von bis zu 11 kW das Elektrofahrzeug laden können (siehe auch Kap. 2.4).

Mehrfamilienhäuser oder Wohnungseigentümergeinschaften

Bei Mehrfamilienhäusern gestaltet sich das Thema Ladeinfrastruktur komplexer. Zum einen muss die benötigte Ladeleistung durch den Netzanschluss des Gebäudes an das vorgelagerte Stromnetz erbringen können. Ist dies nicht möglich, muss die maximale Anschlussleistung des Hausanschlusses, insofern dieses netzseitig möglich ist, erweitert werden oder die realisierbaren Ladepunkte müssen durch ein Parkplatz- und Ladestationen-Sharing gelöst werden.

Zum anderen ist in Mehrfamilienhäusern die Eigentümerstruktur zu beachten. Befindet sich das Gebäude im Eigentum nur einer Person, so bedarf es ausschließlich dessen Genehmigung und der Realisierung einer Ladelösung stehen keine weiteren eigentumsrechtlichen Hindernisse ent-

gegen. Bei einer Wohnungseigentümergeinschaft (WEG) bedarf es hingegen meist einer Zustimmung der Mehrheit aller im Gebäude wohnender Personen, um bauliche Maßnahmen wie bspw. die Errichtung von Ladestationen durchführen zu können. Dies gilt auch dann, wenn die Nutzenden eigene Stellplätze in einer Tiefgarage oder auf Gemeinschaftsflächen der WEG besitzen.

Ein gutes Beispiel für Neubauprojekte ist der Mehrfamilienkomplex in der Corrensstraße. Hier haben die swt gemeinsam mit dem Eigentümer ein vollumfängliches Ladeinfrastrukturkonzept entwickelt. So wurde von Beginn an die Elektromobilität hausanschlussseitig berücksichtigt, so dass jede Person in einem Mietverhältnis oder Personen die selbst über Wohneigentum verfügen entscheiden kann, ob deren festgelegter Stellplatz eine Ladestation erhalten soll oder nicht. Die Ladestation wird bei Bedarf von den swt installiert und über die swt (inkl. Strombezug) gemietet. Dies zeigt eine vorbildliche Integration in die Planungsphase von Neubauprojekten, welche das Gelingen der Elektromobilität weiter voranbringt.

7.1.1 Vorgelagerte Infrastruktur

Ein wichtiger Aspekt bei der Auslegung der Wohngebäude sind zudem so genannte vorgelagerte Infrastrukturmaßnahmen. Da die einzelnen Hausanschlüsse über einen Ortsnetztransformator⁶ versorgt werden, muss auch dieser für den Bedarf der Häuser ausgelegt werden.

7.1.2 Lastmanagement

Alternativ oder ergänzend zu einer Verstärkung des Netzanschlusses kann ein sogenanntes Lastmanagement⁷ eingesetzt werden. Durch ein solches Lastmanagementsystem können verschiedene Parameter der Ladevorgänge, wie z. B. die Maximalleistung oder die Priorisierung hinsichtlich der Reihenfolge von Ladevorgängen, festgelegt werden. Ein Lastmanagement kann, gerade bei größeren Wohngebäuden in einem Quartier, zur Vermeidung oder Reduzierung von kostenintensiven Lastspitzen beitragen. Bei mehreren gleichzeitig ablaufenden Ladevorgängen wird

⁶ In einer Transformatorstation wird elektrische Energie aus dem Mittelspannungsnetz mit einer elektrischen Spannung von 10 kV bis 20 kV auf die in Niederspannungsnetzen (Ortsnetzen) verwendeten 400/230 V zur allgemeinen Versorgung transformiert (umgewandelt).

⁷ Unter Lastmanagement versteht man eine aktive Steuerung des Stromverbrauchs

durch den Einsatz eines Lastmanagements die Überlastung der Elektroinstallation verhindert. Ein Lastmanagementsystem kann zu einer Herabsetzung des Gleichzeitigkeitsfaktors führen, wodurch die Anforderungen an die Belastbarkeit der Installation reduziert werden. Insbesondere in Gebäuden mit mehreren Nutzern, z. B. in Tiefgaragen von Mehrfamilienhäusern, ist ein Lastmanagement zu empfehlen, um eine teure Überdimensionierung des Netzanschlusses und der Elektroinstallation zu vermeiden.

Auch mit dem Einsatz von stationären Batteriespeichern kann man dem Problem entgegenwirken. Dann wird die Leistung nicht aus dem Netz bezogen, sondern aus dem Batteriespeicher vor Ort.

Empfehlung 11 Stromnetz

Durch das Auftreten neuartiger Mobilitätsansprüche, wie die zunehmende Elektrifizierung aller Arten von Fortbewegungsmitteln, besteht die Notwendigkeit auch die vorgelagerte Infrastruktur, die Stromnetze an die Herausforderung steigender Stromtransportkapazitäten anzupassen. Allgemein wachsen mit der Zunahme an Stromlasten, resultierend aus der Beladung von E-Fahrzeugen, auch die Anforderungen an das Stromnetz. Um den notwendigen Netzausbau ggf. temporär entgegen zu wirken, können Punkte wie:

- Netzentlastung durch Lademanagement
- Spitzenlastmanagement mit Speichern
- Einsatz regelbarer Ortsnetztransformatoren
- Ausbau und Investitionen in Netzverstärkungsmaßnahmen
- Vorhaltung/ Vorbereitung von Netzverstärkung durch Leerrohre bei Tiefbaumaßnahmen
- Erweiterung/ Vergrößerung/ Zubau von Trafos
- Innovative Smart City unter Smart Grid Lösungen unter Einbezug aller Beteiligten

für Abhilfe sorgen. Dennoch wird es gerade im Niederspannungsnetz mittel- bis langfristig einen Netzausbau geben müssen.

Ziel:

Das Ziel ist eine möglichst wirtschaftliche und bedarfsorientierte Anpassung der Netzinfrastruktur an die neuartigen Nutzungsansprüche an das Stromnetz durch die zunehmende Elektrifizierung von Fortbewegungsmitteln. Der Energiebedarf der Elektromobilität in Deutschland wird von Experten auf 3,6 TWh/ bei 3,3 Mio. Fahrzeugen im Jahre 2030 geschätzt. Bei einem jährlichen Gesamtstrombedarf von 550 TWh/a in Deutschland, ist der Anteil resultierend aus der Elektromobilität somit vergleichsweise eher als gering einzuschätzen. Die zukünftig zu erwartende Entwicklung, sowie die dezentralen Erzeugungsanlagen stellen das Tübinger Stromverteilnetz vor neue Herausforderungen. Das ungesteuerte Laden einer großen Anzahl an Elektrofahrzeugen, kann nicht nur zusätzliche Lastspitzen erzeugen, sondern auch zu einer Erhöhung bestehender Spitzen führen, wodurch es in Niederspannungsnetzen zu Problemen bei der Spannungshaltung oder zu überhöhter Betriebsmittelbelastung kommen kann. Ziel ist es, die Nutzerbedürfnisse mit einem volkswirtschaftlich vertretbaren Aufwand zu decken und die Netzbelastungen ausgehend von den Netzkunden im Stromnetz Tübingens in Grenzen zu halten.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt:	Genehmigung und Beratung sowie Einbindung in die Stadtplanung zu Netzinfrasturkturmaßnahmen
EVU:	Planung, Koordination und Ausführung von Netzinfrasturktur Maßnahmen

Aktueller Stand:

Aktuell führen die Belastungen im Stromnetz Tübingens durch die Elektromobilität noch zu keinen nennenswerten Netzbelastungen. Im Rahmen der Konzepterstellung wurde eine simulative Untersuchung des Tübinger Stromnetzes erstellt, um Schwachpunkte aufzudecken. Diese ergab, dass bei einer hohen Verbreitung der Elektromobilität stellenweise Überlastungen in schwach ausgebauten Niederspannungsnetzen auftreten können.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

- Potentialanalyse Städtischer Fuhrpark und Töchter der Stadt
- Umstellung der Dienstfahrzeuge
- Erweiterung des Fuhrparks durch Pedelecs, E-Lastenräder und E-Roller
- Einbeziehung BMM
- Ständige Marktbeobachtung hinsichtlich neuer Entwicklungen
- Ausrollung von Angeboten an Tübinger Unternehmen

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Hoch	Mittel	Mittel

7.2 Quartiere/ Quartiersentwicklung

In Tübingen werden seit vielen Jahren brachliegende Flächen nicht nur für den Wohnungsbau verwendet, sondern es sollen vielfältige und lebendige Quartiere mit hohem Lebens- und Identifikationswert für die Bevölkerung geschaffen werden. Jede Kommune definiert die Quartiersabgrenzung entsprechend lokaler Gegebenheiten selbst. Prägend für das Quartierskonzept in Tübingen ist das Französische Viertel. Hier wurde Pionierarbeit geleistet, was dazu führte, dass das französische Viertel für die weiteren acht Wohnquartiere in Tübingen nach wie vor als Vorbild betrachtet wird.

Zumeist werden in Quartierskonzepten Energieeinsparpotentiale aufgezeigt oder in einem neuen Quartier innovative (Erneuerbare Energien-) Konzepte geplant und umgesetzt. Durch eine frühzeitige Einbeziehung relevanter Beteiligter und die fokussierte Betrachtung eines Quartiers werden die Umsetzungschancen weiter verbessert. Folgende Aspekte sollen in die Untersuchung einfließen:

- vorhandene städtebauliche Gegebenheiten
- Stadtbildqualitäten
- Kostenanalyse
- Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit
- Informationen und Öffentlichkeitsarbeit.

Die nachfolgende Grafik (vgl. Abbildung 15) zeigt zur Schaffung eines besseren Verständnisses zudem eine Kategorisierung zur Realisierbarkeit von LIS an den Orten Eigenheim, in Bestandsquartieren, Quartiere im Neubau und Laternenparker in Abhängigkeit des erforderlichen Aufwands, der Kosten und der Machbarkeit.





















	Eigenheim	Quartier im Bestand	Quartier im Neubau	Laternenparker
	 Einzel-/Doppelgarage bzw. Stellplatz beim Eigenheim	 Parkplätze bzw. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks	 Parkplätze bzw. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks	 Straßenrand/ öffentliche Parkplätze
Leistung				
Kosten				
Machbarkeit				
Komfort				

Abbildung 15 Realisierbarkeit von LIS in Quartieren

Empfehlung 12 Quartiere: Elektromobilität sinnvoll integrieren

Im hochverdichteten Tübinger Wohnraum ist neben der grundsätzlichen Reduktion des Individualverkehrs die Schaffung von intelligenter LIS essentiell für das Gelingen der Mobilitätswende. Hierfür sind die Pkw Stellflächen meist mit nur kleiner Ladeleistung, aber intelligentem Lademanagement auszustatten. Dabei sollte das Thema Elektromobilität sowohl im Bestand als auch bei der Planung neuer Quartiere bereits frühzeitig in Betracht gezogen und in Planungsprozessen sinnvoll integriert werden. Wesentlicher Unterschied zu den Empfehlungen I und II ist, dass die LIS in Quartieren innerhalb von privaten Grundstücken realisiert werden muss und damit die Komplexität weiter zunimmt.

Ziel:

Ziel ist es, eine Differenzierung der Bedarfe und Lösungsmöglichkeiten für Quartiere vorzunehmen und entsprechende Handlungsempfehlungen auszusprechen. Das besondere Augenmerk dieser Empfehlung rührt von den in Planung befindlichen Quartieren im Rahmen der Außenentwicklungsplanung der Stadt und den regen innerstädtischen Bautätigkeiten. Mit Blick auf den Tübinger Wohnraum lassen sich im Wesentlichen drei Herausforderungen skizzieren:

1. LIS im Ein- und Zweifamilienhaus
2. LIS in Quartiersbestand
 - a. Im Bestand
 - b. Im Neubau
3. Laternenparker

Gerade im Ein- und Zweifamilienhausbestand ist es deutlich einfacher LIS zu planen und zu installieren. Die Anzahl der beteiligten Parteien ist überschaubar und die Stellflächen sind meist vorhanden und dazu geeignet, erschlossen zu werden. Mit der Verlegung einer Stromleitung zum Stellplatz mit möglichst 400 V Drehstrom ist die Aufladung eines E-Fahrzeugs möglich. Im Quartiersbereich wird es auf Grund einer Vielzahl an Parteien oft komplexer und aufwändiger. Daher wird auf die Empfehlungen im Umgang mit 2. und 3. im Detail an nachfolgender Stelle genauer eingegangen.

Empfehlung 12a LIS im Quartiersbestand

Auf Grund der Vielzahl von Anfragen aus bestehenden Quartieren von Wohnungseigentümergeinschaften (WEG), Wohnbaugesellschaften, Wohnungsverwaltungen und Bewohnenden lässt sich ableiten, dass der Bedarf nach privatem Laden des E- Fahrzeugs mittelfristig besteht. Hürden für die Umsetzung sind nahezu immer die relativ hohen zusätzlichen Kosten für den Einzelnen und die Umsetzung des Vorhabens in einer bestehenden Mieter- und Eigentümerstruktur. Zukünftig sollten im Zuge von Sanierungen oder Ersterschließungen große Teile von Stellflächen mit LIS ausgestattet werden bzw. die entsprechenden Vorbereitungen getroffen werden.

Ziel:

Der größte Teil der privaten Parkplätze und Tiefgaragen in Tübingen wurde ohne Betrachtung der E-Mobilitätsentwicklung geplant und errichtet. Eine nachträgliche Errichtung von LIS ist in dem Umfeld mit zusätzlichen Investitionen und hohen eigentumsrechtlichen Hürden verbunden. Dennoch wird es zukünftig immer wichtiger auch diese Flächen für LIS zu erschließen.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

WEG/ SP-Besitzende:	Schaffung Voraussetzung per einstimmigem Beschluss
Stadt:	Empfehlung / Unterstützung Wohnbau- Tochter GWG
EVU:	Netzanschluss, Genehmigung, Beratung
CPO/EMP:	Bau und Betrieb; Abrechnung Strom

Aktueller Stand:

Die swt bieten ein breites Beratungsangebot für Anfragen bzgl. der Schaffung von LIS in Bestandswohnanlagen. Das Angebot erstreckt sich dabei auf die initiale Beratung hinsichtlich Netzanfragen zum Hausanschluss (ggf. Erweiterung des Hausanschlusses), Hinweise zur grundsätzlichen Planung, zielführende Ausstattungsmerkmale bis hin zur Vor-Ort Besichtigung und einholen notwendiger Stromnetzgenehmigungen.

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Wesentlicher Handlungsbedarf besteht beim Gesetzgeber, der für die Errichtung von LIS in privaten Tiefgaragen o.ä. von der Regelung abkommen sollte, dass es sich bei der Errichtung um eine bauliche Änderung handelt und somit ein einstimmiger Beschluss der Personen, in deren Eigentum sich ein Stellplatz befindet, notwendig wird. Häufig ist zudem das Einverständnis der Person nötig, in deren Eigentum sich die betroffene Wohnung befindet. Ohne eine Änderung in Richtung qualifizierter Mehrheiten, bspw. 75 Prozent, ist im Bestand eine Umsetzung von LIS meist in nur sehr kleinen WEG oder in Gebäuden von Wohnbaugesellschaften mit 100 prozentigen Anteil von vermietenden Personen umsetzbar. Die Kosten für die Umsetzung in Bestandsimmobilien sind äußerst unterschiedlich, liegen aber meist im fünfstelligen Bereich.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Sehr Hoch	Sehr Hoch	Hoch

Empfehlung 12b LIS bei Neubauvorhaben

Im Neubau ist dafür Sorge zu tragen, dass die Gebäudebewohner, hinsichtlich aktueller und zukünftiger E-Mobilitätsentwicklungen LIS zur Verfügung gestellt bekommen. Dies gilt sowohl für die E-Planung von Quartieren oder von einzelnen Mehrfamilienhäusern (MFH) als auch für die Planung für das vorgelagerte Stromnetz. Dabei sollten zukünftige Entwicklungen Berücksichtigung finden (ggf. Standort für zusätzlichen Trafo, Leerrohre, Verteilerkästen). Der Fokus sollte neben der technischen Ausführung auf der eigentumsrechtlich sauberen Umsetzung liegen. Im Neubau sind planerische und technische Vorbereitungen für eine sofortige oder spätere Umsetzung von LIS häufig einfacher und kostengünstiger umzusetzen als nachträglich entsprechende Vorkehrungen treffen zu müssen.

Ziel:

Ziel ist es, die Möglichkeiten bei Neuerrichtung von MFH oder Quartieren und eine bedarfsorientierte Planung von internem und öffentlichem Netz zu nutzen. Besonderes Augenmerk ist auf den tatsächlichen Bedarf zu legen und den meist durch Unerfahrenheit gereiften „gefühlten Bedarf“, der meist deutlich über dem tatsächlichen Bedarf intelligenter LIS liegt, mit sachlicher Argumentation auszuräumen.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

WEG/ Projektentw.:	Schaffung der Voraussetzung per Teilungserklärung, ggf. Dienstbarkeiten für CPO (Leerrohr-/ Kabelsicherung, etc.)
Stadt:	Berücksichtigung bei Erschließungsplanung, Hinweise an GWG
EVU:	Netzanschluss, Genehmigung, Beratung
CPO/EMP:	Bau und Betrieb; Abrechnung Strom

Aktueller Stand:

Die swt haben bereits heute in vier konkreten Neubauprojekten bei der Planung, der Ausführung der grundlegenden Infrastruktur sowie bei einer maßgeschneiderten LIS mitgewirkt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auf ähnliche Projekte adaptieren und umfassen:

- Planungshinweise, grundlegende Infrastruktur auf Zielszenario und eigentumsrechtliche Absicherung bei Wohnbaugesellschaft
- Optimierung Hausanschlusskapazität
- Flyer und Vertragswerk für Personen, die über Wohneigentum verfügen und LIS-Nutzende
- Angebot Miet-LIS inkl. Installation, Stromversorgung und Wartung
- Abrechnung gegenüber den Nutzenden
- Lastmanagement

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

Der Umstand der Zustimmungspflicht durch die WEG im Bestandsbau ist bei Neubauten nicht erforderlich, wenn die Bereitstellung der LIS in neuen Tiefgaragen bereits vor dem Verkauf von Wohnungen durch die Personen die den Bauauftrag vergeben, selbst oder einen CPO ermöglicht wurde. Ein Pflichtanteil an zu elektrifizierenden Parkplätzen – oder zumindest eine ausreichende Vorbereitung für die schnelle, unkomplizierte Nachrüstung von Stellplätzen mit Ladepunkten -

wäre aber ein weiterer Baustein, um hier die für Jahre sich ergebende einmalige Chance im Neubau für LIS zu sorgen, nicht verstreichen zu lassen. Der Vergleich zu dem verpflichtenden Bau einer PV- Anlage erscheint an dieser Stelle passend.

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Umsetzung	Sehr Hoch	Hoch	Hoch

Ausblick für die Entwicklung von Quartieren und Neubaugebieten

Eine integrierte Quartiersentwicklung sollte über Einflüsse aus Wohnraumbedarf, Lärm- und Umweltschutz, Gestaltung und Infrastruktur hinaus auch das Thema Mobilität, und hier insbesondere Elektromobilität, berücksichtigen. In dem Zusammenhang sei erwähnt, dass gerade in neuen Quartieren dem Thema Zweirad, Lastenrad- oder Car-Sharing unter Elektrifizierungsaspekten Rechnung getragen werden sollte. Quartiersentwicklungen sollten sich nicht im ersten Schritt nach den vermeintlichen automobilen Bedürfnissen richten.

Die swt hat für die Quartierentwicklung eine Einheit gegründet, die die Dienstleistungen und Infrastrukturleistungen, gerade auch rund um die Angebote im Bereich Mobilität, bündeln soll. Die Stadtverwaltung hat ihrerseits einen Lenkungskreis“ Außenentwicklung“ gegründet, der sich den in den 20er Jahren zu errichtenden Quartieren in Tübingen widmen soll.

7.3 Mobilitätsstationen

Eine Mobilitätsstation verknüpft die verschiedenen Verkehrsangebote im Straßenraum. Entscheidend für die Integration in den Alltagsverkehr ist eine Vielzahl von Stationen, die auch Wohnquartiere erschließen. Ergänzend kann eine großzügige, zentrale Mobilitätsstation mit umfangreicherem Angebot sowie einem Mobilitätszentrum mit persönlicher Beratung den Einstieg in die Angebote erleichtern. Das bereits bestehende Angebot der persönlichen Mobilitätsberatung unter der Klimaschutzkampagne „Tübingen macht blau“ sollte hier mit einbezogen bzw. hiermit verknüpft werden.

Nachfolgend werden anhand von bereits umgesetzten Beispielen in Deutschland Vorschläge für klimagerechtes Tübinger Quartier vorgestellt.

Pionier für Mobilitätsstationen im Quartier ist das in Bremen existierende Modell mobil.punkt. Hier ist je nach Standort eine Bus-/Straßenbahnhaltestelle mit einem Bike- und Car-Sharing-Angebot sowie mit Fahrradbügeln für Privaträder aufgebaut. In einer Tübinger Mobilitätsstation könnten ergänzend Transporträder, ähnlich wie im Projekt TINK (Transportrad Initiative Nachhaltiger Kommunen) in Konstanz und Norderstedt, integriert werden. Auf mindestens zwei Standorte aufgeteilt, könnten Transporträder mittels App ausgeliehen werden. Entweder sind Terminals mit großen Displays, die die Räder freischalten vorhanden oder kleine Bordcomputer am Transportrad, die das Schloss nach Eingabe eines Codes oder mit RFID-Chip öffnen. Als erweiterte Option könnten - ähnlich wie die in München eröffneten (E-)Mobilitätsstationen - gesehen werden. An diesen können Nutzer neben Pedelecs, eTrikes oder E-Car-Sharing auch zusätzlich ihr E-Fahrzeug an einer öffentlichen Ladesäule aufladen, sowie eine Quartiersbox nutzen. Sie bietet die Möglichkeit, Waren in Raumtemperatur-, Kühl- und Tiefkühlfächer zwischenzulagern. Für Pedelecs könnten zudem smarte E-Bike-Ladestationen installiert werden. Dabei ist jedes Schließfach standardmäßig mit einer Schuko Steckdose ausgestattet, jede Station lässt sich mit bis zu 18 unterschiedlich großen Schließfächern ausstatten.

Mobilitätsstationen sind nicht nur in Wohnquartieren ideal, sondern auch in (Haupt-)Bahnhofs Nähe oder an Fernbusterminalen. Hier könnte durch Bahn- oder Fernbusreisende (Touristen) ein erweiterter Nutzerkreis miteinbezogen und somit ein weiteres Kundensegment eingeschlossen werden.

Mobilitätsstationen sind keine revolutionäre Erfindung neuartiger Mobilität, sondern „nur“ die sichtbare Ausprägung eines multimodalen Mobilitätskonzeptes mit (im Regelfall) Car-Sharing als

zentralem Element. Vielerorts bringen sie die Dienstleistung Car-Sharing erst nachfrageorientiert in die dicht bebauten Wohngebiete, wo sonst aufgrund der räumlichen Gegebenheiten keine Car-Sharing-Stationen möglich wären. Daneben sind sie auch Marketinginstrumente, die bestehende Konzepte örtlich bündeln und öffentlichkeitswirksam präsentieren. Mobilitätsstationen eignen sich besonders dann als kommunale Strategie, wenn ein gesamtintegrativer Ansatz zur Förderung aller Formen des Umweltverbunds verfolgt und dies sichtbar vor Ort dokumentiert werden soll. Mit Mobilitätsstationen können unter Umständen weitere Zusatznutzen generiert werden (z.B. Ordnung des ruhenden Verkehrs, soziale Treffpunkte im Quartier).

Empfehlung 13 Mobilitätsstationen

Mobilitätsstationen sollen eine Masse von Mobilitätsanwendungen verknüpfen. Ob und wo es lohnt, sollte durch eine Machbarkeitsstudie untersucht werden. An der Stelle können auch Erfahrungswerte von bereits realisierten Projekten genutzt werden.

Ziel:

Das Ziel einer Mobilitätsstation ist es, mehrere Verkehrsmittel und Mobilitätsangebote im räumlichen Zusammenhang miteinander zu verknüpfen. Den Anwendern solcher Mobilitätsstationen in Tübingen soll ein ganzheitliches Angebot zur Verfügung gestellt werden. Als Verknüpfungspunkte kommen Standorte, die zwischen MIV, Parkraum, dem öffentlichen Verkehr sowie Sharingangeboten (Car, Bike, etc.) verbinden, in Frage. In Tübingen können das zentrale Standorte, Nutzungsgemischte Quartiere, Standorte großer Arbeitgeber und die Uni Tübingen sein. Das multimodale Mobilitätsverhalten soll dadurch maßgeblich gefördert werden.

Konkret wären folgende Standorte in Tübingen für Mobilitätsstationen sinnvoll:

- Tübinger Bahnhof/ Busbahnhof Europlatz (generell Nähe zu ÖPNV-Stationen).
- In den Bestands- und Neubau-Quartieren.
- Am Klinikum Tal/Berg.
- Nahe der Uni Tübingen.
- Subsituierte öffentliche Pkw-Stellplätze.

Folgende Ausstattungsmerkmale sollten die Mobilitätsstationen haben:

- Stellplätze für mind. 2 Car-Sharing-Fahrzeuge und 5 Leihfahrräder.
- Fahrradbügel für private Fahrräder.
- Gut sichtbare Positionierung mit Informationstafeln zu wesentlichen Mobilitätsangeboten.
- Station ist überdacht, barrierefrei und in naher Umgebung ausgeschildert
- Fahrzeuge, Station und Beschilderung in einheitlichem Design und Logo
- dezentral im Stadtgebiet verteilt

Die Mobilitätsstationen sollten von der Gestaltung her optisch klar erkennbar und im regionalen Tübinger Kontext wahrgenommen werden.

Beteiligte und ihre Aufgaben:

Stadt: Potenzialanalyse und Machbarkeitsstudie sowie Erfahrungsaustausch mit weiteren Beteiligten.

Aktueller Stand:

Aktuell gibt es für interessierte Personen und diejenigen, die von Mobilitätsstationen bereits Gebrauch machen, breitgefächerte Informations- sowie Beratungsangebote auf den Webseiten örtlicher:

- Car-Sharing-Anbieter
- Des Tübinger ÖPNV
- Internetauftritt der Stadt Tübingen

Ersichtlicher Handlungsbedarf und Auswirkungen:

- Einführung einer gemeinsamen Diskussionsplattform mit der Stadt, EVUs sowie Wohnbaugesellschaften
- Projektbezogene Planungsvorgaben seitens der Kommune

Umsetzungsstatus	Aufwand	Klimawirkung	Akzeptanz / Handlungsdruck
In Planung	Mittel	Mittel	Mittelfristig

8. Stakeholder Elektromobilität

Zukünftige Ladevorgänge finden primär nicht öffentlich, sondern wie bereits erläutert aufgrund der hohen Verweilzeit Zuhause oder am Arbeitsplatz statt. Es ist davon auszugehen, dass beim Aufbau einer flächendeckenden, sinnvollen Ladeinfrastruktur, eine Kooperation mit Tübinger Unternehmen unumgänglich ist.

8.1 Auftaktveranstaltung zur Erstellung des Elektromobilitätskonzepts

Bei der vom Arbeitskreis Elektromobilität initiierten Veranstaltung „Stakeholder-Beteiligung“ im Rathaus am 20.11.2017 signalisierten Tübinger Unternehmen grundsätzlich Interesse am Thema. Hier erhielten Unternehmen aus Tübingen erste Einblicke in die Sichtweise der Stadt Tübingen und der swt auf die Elektromobilität, sowie die Ideen zum geplanten Elektromobilitätskonzept. Eingeladen wurden zu dieser Veranstaltung Autohäuser, Umweltverbände, Mitglieder des Gemeinderates, Eigentümer großer Parkflächen (Einzelhandel, große Arbeitgeber) und alle Mitglieder aus dem arbeitgeberübergreifenden „Forum BMM“. Auf der Veranstaltung wurden Rahmenbedingungen, Erfahrungen und Hemmnisse rund um die Elektromobilität diskutiert. Genannt wurden dabei u. a. das Lastenmanagement und Abfederung von Lastspitzen, fehlende Schnellladesäulen, zu geringe Reichweite der Fahrzeuge, fehlendes flächendeckendes Netz, fehlende Ladeinfrastruktur in Neubauten oder die wahrgenommene fehlende Akzeptanz der E-Mobilität bei Stadt und swt. Bereits im Vorfeld der Veranstaltung erhielten die Stadtverwaltung und die swt Anfragen von Unternehmen zu Informationen zum Thema E-Mobilität, sowie zur Unterstützung zur Planung und Errichtung von Lademöglichkeiten.

8.2 Online-Befragung der Stakeholder

Aufgrund der positiven Resonanz und der Diskussionen auf der Auftaktveranstaltung entstand die Idee, eine für Tübinger Unternehmen zugeschnittene Befragung für das Elektromobilitätskonzept zu entwickeln.

Um die Entwicklung und das Engagement in Sachen Elektromobilität im halböffentlichen bzw. privat-unternehmerischen Bereich besser einschätzen zu können, wurden anschließend mittels

einer Online Befragung Tübinger Unternehmen befragt. Ziel war es, die zukünftigen Entwicklungen bezüglich Akzeptanz und Investitionsbereitschaft der Tübinger Unternehmen, sowie den Zuwachs von E-Fahrzeugen und Lademöglichkeiten in Tübingen abzuschätzen und gegebenenfalls Lösungen seitens der Stadt und der Stadtwerke hierfür anzubieten. Über die Kenntnisse, die Nutzerakzeptanz und vor allem auch die Investitionsbereitschaft der Unternehmen war vor der Befragung noch wenig bekannt.

8.3 Aufbau und Ablauf der Befragung

Bei der Befragung wurden nur Firmen mit mehr als zehn Mitarbeitern ausgewählt. Von den Unternehmen soll stellvertretend ein Mitarbeiter befragt werden, dieser soll alle Angaben zu Fuhrpark, Mitarbeitern und Gästen/Kunden auf den Standort Tübingen beziehen, selbst wenn das Unternehmen außerhalb weitere Standorte hat.

Die Online Befragung wurde mithilfe des Online-Umfrage-Tool SoSci Survey⁸ erstellt. Die Befragung war zwischen dem 8. August und dem 19. September 2018 freigeschaltet. Eine Beteiligungsquote von 10 bis 15 Prozent wurde als Zielvorgabe vorgesehen. Das Ausfüllen erfolgte anonym, nur bei der freiwilligen Angabe der E-Mail-Adresse konnte dies aufgehoben werden.

Um für die Hochrechnungen einen Gesamteindruck von privater, gewerblicher sowie potentieller halböffentlicher Ladeinfrastruktur in Tübingen zu bekommen, orientiert sich die Erhebung überwiegend an geschlossenen Fragen, in denen die Antwortmöglichkeiten, z.T. stark kategorisiert, vorgegeben sind. Das gewährleistet eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse und ermöglicht im weiteren Verlauf deren Zusammenführung. Der Großteil der Antwortmöglichkeiten ist als Einfachauswahl entwickelt. In einzelnen Fällen gibt es die Möglichkeit der Mehrfachnennung sowie bei offener Fragestellung Optionen zur Eintragung von Zahlen oder Einschätzungen. Die Bearbeitungsdauer sollte, je nach Pfad, nicht länger als zehn bis zwölf Minuten in Anspruch nehmen. Im Kern zielt die Erhebung auf die drei Bereiche der Handlungsbedarfe. Neben einem standardisierten Teil hatte jeder Bereich eine eigene Ausprägung. Die Erhebung ist in fünf Abschnitte gegliedert:

- Allgemeine Angaben
- Lademöglichkeiten für Unternehmensfuhrpark
- Lademöglichkeiten für Mitarbeiter
- Lademöglichkeiten für Gäste/Kunden
- Abschlussfragen

⁸ Es bietet eine kostenfreie Verwendung für qualitativ hochwertige und wissenschaftliche Befragungen ohne kommerziellen Hintergrund an.

8.4 Ergebnisse der Umfrage

Insgesamt haben 76 Unternehmen (gültige Datensätze) bei der Befragung teilgenommen, dies entspricht einer Beteiligungsquote von 40 Prozent. Rund ein Drittel der Unternehmen haben zwischen 20 und 49 Angestellte und die meisten (mehr als 80 Prozent) der befragten Personen führen das Amt einer Führungskraft aus.

Hinsichtlich Erfahrungen mit E-Fahrzeugen geben knapp 50 Prozent der befragten Unternehmen an, ein E-Fahrzeug einmal, gelegentlich oder regelmäßig zu fahren. Ein Fünftel besitzt ein E-Fahrzeug (batterieelektrisch oder Plug-in-Hybrid). Ein Drittel der Befragten ist noch nie elektrisch gefahren.

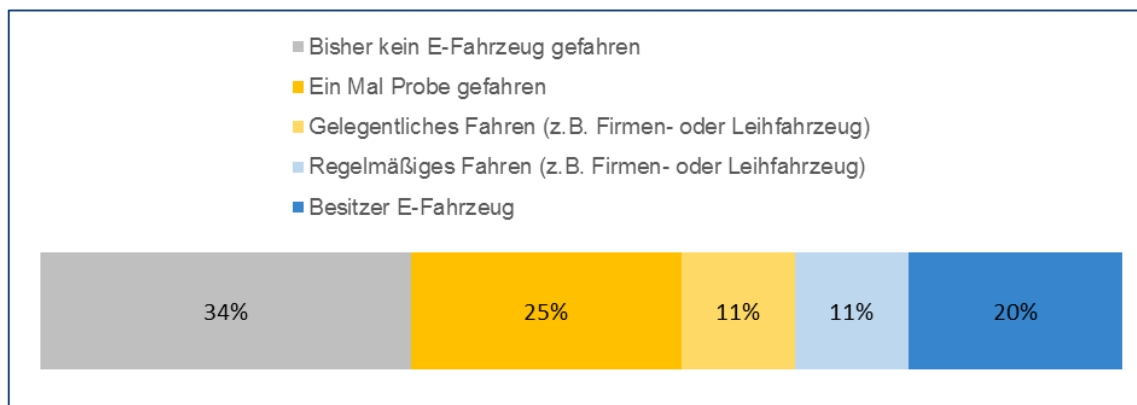


Abbildung 16 Erfahrung mit E-Fahrzeugen

Äußerst interessant für das Elektromobilitätskonzept ist, dass 84 Prozent der befragten Unternehmen Handlungsbedarf in Sachen Elektromobilität sehen. Die befragten Unternehmen haben unterschiedlichste Bedürfnisse, die sich für das Laden im Fuhrpark, für Mitarbeiter und für Gäste/Kunden unterscheiden.

Fuhrpark

Von den 76 befragten Unternehmen sehen 42⁹ einen Handlungsbedarf in dem Bereich Fuhrpark. Diese 42 Unternehmen haben laut Befragung zusammen 689 vierrädrige Fahrzeuge im Einsatz. Es zeigt sich, dass fast alle dieser Unternehmen (95 Prozent) mindestens ein vierrädriges und die

⁹ Alle nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf diese 42 Unternehmen

Hälfte zusätzlich noch zweirädrige Fahrzeuge besitzen. Im Durchschnitt fahren 53 Prozent Fuhrparkfahrzeuge zwischen 10.000 – 30.000 Kilometer im Jahr.

Wie die nachfolgende Abbildung 17 zeigt, haben gut 30 Prozent der befragten Fuhrparks momentan ein bis zwei E-Fahrzeuge in ihrem Bestand, hier wird allerdings nicht zwischen zwei- und vier-rädrigen Fahrzeugen unterschieden.

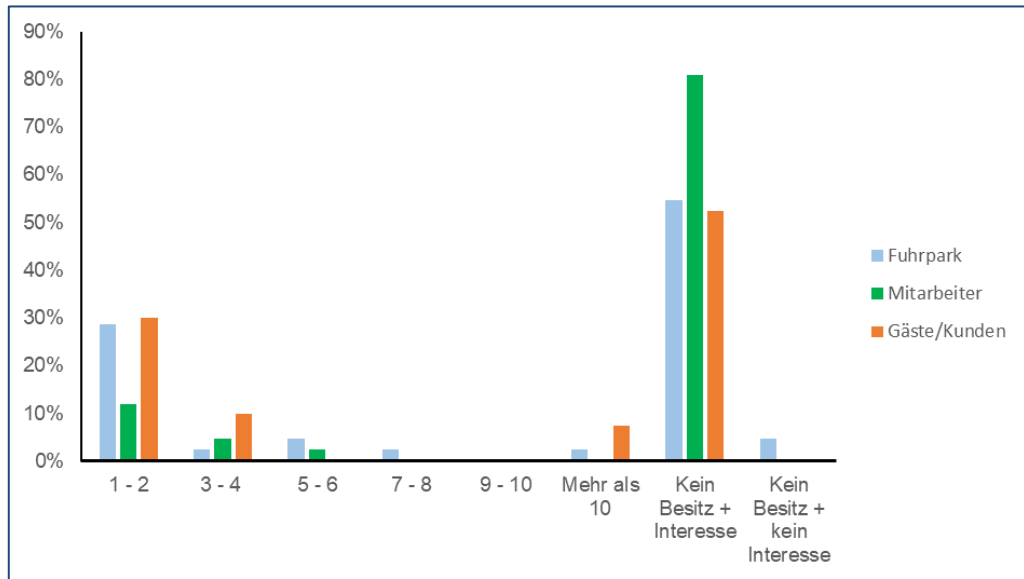


Abbildung 17 Aktueller Besitz von Elektrofahrzeugen im Fuhrpark

Perspektivisch zeigt sich, dass in zwei Jahren mehr als 80 Prozent, mindestens ein eher sogar zwei bis vier E-Fahrzeuge besitzen werden. Hier wird ein deutlich erhöhter Bedarf an Ladestationen entstehen, da 60 Prozent der Befragten hier Interesse zeigen.

Angestellte der Unternehmen

Ebenfalls 42¹⁰ der befragten Unternehmen sehen Handlungsbedarf im Hinblick auf die Angestellten und das Thema Elektromobilität. Zu beachten ist, dass Mehrfachnennungen möglich waren, sodass ein Unternehmen, das einen Fuhrpark besitzt und hier Interesse anmeldet, ebenso im Bereich „Angestellte“ Handlungsbedarf sieht.

Die 42 Unternehmen beschäftigen insgesamt rund 3.716¹¹ Personen, dies entspricht knapp 8 der 45.000 Angestellten, die in Tübingen sozialversicherungspflichtig beschäftigt sind. Mehrheitlich

¹⁰ Nachfolgende Ergebnisse beziehen sich auf diese 42 Unternehmen

¹¹ Da die Anzahl der Mitarbeiter kategorisch erfasst wurde, wurde die Gesamtzahl jeweils mit dem Mittelwert der Betriebsgrößenklasse hochgerechnet

70 bis 90 der Angestellten fahren mit ihrem Fahrzeug zum Unternehmen. Bezogen auf das Laden der Angestelltenfahrzeuge, geben knapp die Hälfte an, dies kostenlos den Angestellten zur Verfügung zu stellen. Für Pedelecs und E-Roller geben sogar knapp 70 Prozent der Unternehmen an, diese kostenlos anzubieten.

Wie die nachfolgende Abbildung 18 zeigt, sind 55 Prozent der Unternehmen bereit, die Ladeinfrastruktur auch Ihren Kunden und Gästen anzubieten. Allerdings möchte kaum ein Unternehmen die Ladesäule öffentlich, also auch externen Ladekunden zur Verfügung stellen.

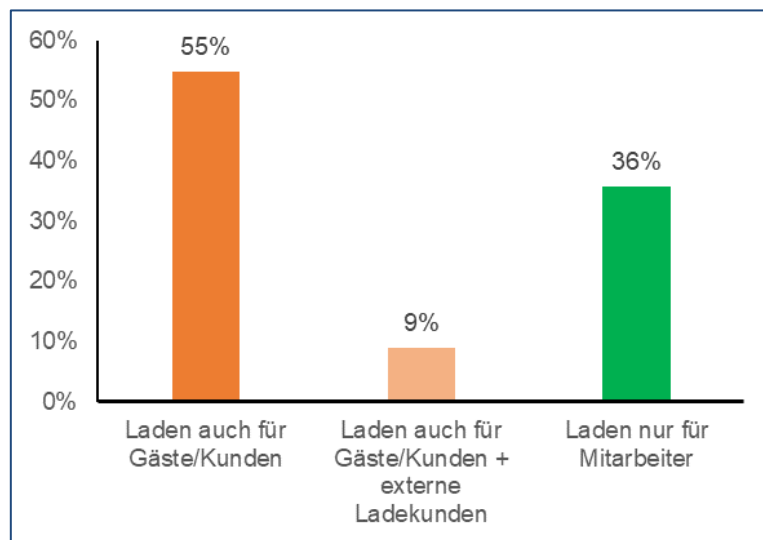


Abbildung 18 Bereitschaft der Unternehmen Kunden LIS bereitzustellen

Gäste und Kundschaft

Rund 40¹² der befragten Unternehmen sehen Handlungsbedarf im Bereich der Gäste und der Kundschaft. Dies entspricht 4.205¹³ Gästen und Kunden bei den Unternehmen. Der Handlungsbedarf in diesem Bereich besteht hauptsächlich in der Bereitstellung einer passenden Ladeinfrastruktur. Mehr als 90 Prozent der Gäste besuchen das Unternehmen mit dem Auto. Hieraus ergeben sich 3.785 Autofahrten zu den entsprechenden Unternehmen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt zudem, dass im Gegensatz zu den Ladestationen für Angestellte, die Bereitschaft existiert, Ladestationen für Gäste und die Kundschaft auch für externe Ladekunden zur Verfügung zu stellen.

¹² Nachfolgende Ergebnisse beziehen sich auf diese 40 Unternehmen

¹³ Da die Anzahl der Gäste/Kunden ebenfalls kategorisch erfasst wurde, wurde die Gesamtzahl jeweils mit dem Mittelwert der Gäste/Kunden-Klasse hochgerechnet.

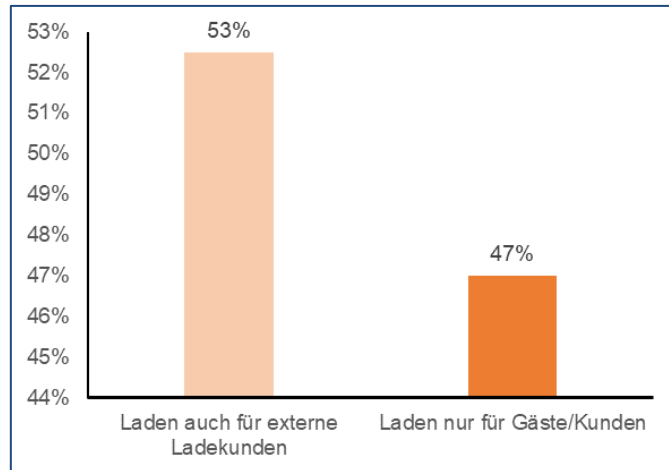


Abbildung 19 Bereitschaft der Unternehmen Kunden LIS bereitzustellen

Zusammenfassend zeigt sich, dass fast alle Unternehmen in mindestens einem der drei Bereiche Interesse bzw. Handlungsbedarf zeigen. Außerdem sind die Unternehmen aufgeschlossen, die Lademöglichkeiten mehreren Nutzergruppen zur Verfügung zu stellen. Allerdings benötigen mehr als die Hälfte keine Unterstützung oder Beratung.

Wie die nachfolgende Grafik (vgl. Abbildung 20) zeigt, sind die Unternehmen insgesamt bereit, in Ladeinfrastruktur zu investieren. Insbesondere sind die Unternehmen bereit, für ihre Gäste und Kundschaft in Ladeinfrastruktur zu investieren. Die Investitionsbereitschaft der Unternehmen bezogen auf Investitionen in öffentliche bzw. halb öffentliche Ladeinfrastruktur ist hingegen deutlich weniger ausgeprägt.

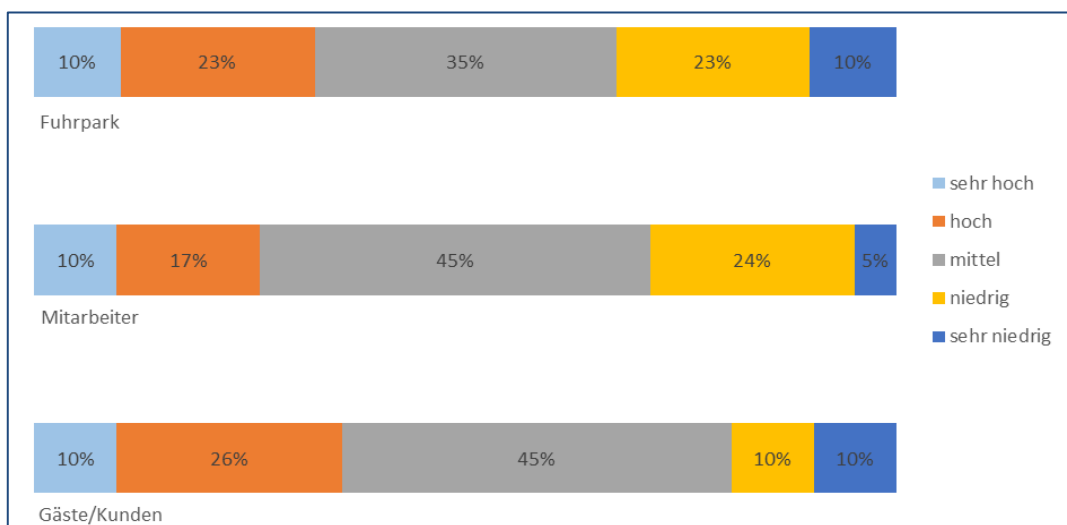


Abbildung 20 Investitionsbereitschaft in LIS pro Kategorie

Bezogen auf die Hemmnisse zeigt die Umfrage, dass es für knapp ein Fünftel aller teilnehmenden Unternehmen keinen Hauptgrund gibt, um nicht in E-Mobilität zu investieren. Die Gründe sind auch bei den Tübinger Unternehmen, wie allgemein bereits bekannt, die geringe Reichweite sowie die hohen Investitionskosten in Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur.

8.5 Diskussion

Die Erhebung zeigt, dass sowohl Interesse als auch Bereitschaft für Investitionen im Bereich der E-Mobilität besteht. Dies spiegelt sich auch in der überdurchschnittlich hohen Rücklaufquote der Befragung von ca. 40 Prozent wieder, was die Zielsetzung und Erwartungen übertroffen hat. Des Weiteren lassen die hohe Beteiligung aus der Geschäftsleitung der Unternehmen (61 Prozent) sowie solide Kenntnisse im Bereich E-Mobilität und Erfahrungen in der Nutzung von E-Fahrzeugen aller Befragten auf eine fundierte Aussagekraft und Glaubwürdigkeit der Angaben schließen. Offen bleibt, wie gut die 76 teilnehmenden Unternehmen die Unternehmen in Tübingen allgemein repräsentieren, da es wahrscheinlich ist, dass vermehrt Unternehmen an der Befragung teilgenommen haben, die auch ein Interesse an der Thematik haben. Dies könnte zu einer Verzerrung der Ergebnisse zugunsten der Elektromobilität geführt haben. Das wird auch durch die Tatsache angedeutet, dass fast 90 Prozent der teilnehmenden Unternehmen Handlungsbedarf im Bereich E-Mobilität sehen. Dieser Anteil fällt womöglich bei den nicht teilnehmenden Unternehmen geringer aus.

Aus der Befragung ergeben sich Erkenntnisse zur Nutzung der Verkehrsmittel von Angestellten und Gästen/Kunden. Ein Großteil beider Gruppen nutzt das Auto, um die befragten Unternehmen zu erreichen. Im Umkehrschluss bedeutet dies eine nur etwa 20 Prozentige Nutzung alternativer Verkehrsmittel, wie Fahrrad/Pedelec, Fuß oder ÖPNV. Bei den betroffenen Unternehmen spielt also der ÖPNV kaum eine Rolle. Hierfür sollten im Bereich des Betrieblichen Mobilitätsmanagement Lösungen mit den Unternehmen erarbeitet werden. Es sollten Lademöglichkeiten bei Unternehmen realisiert werden. Auch Kooperationen mit Stadt oder den swt kann für die Unternehmen angestrebt werden.

Aktuell weisen die 76 Unternehmen eine niedrige Zahl von E-Fahrzeugen und Lademöglichkeiten auf. Jedoch lassen die Ergebnisse bezüglich einer grundlegenden Bereitschaft zu Investitionen Rückschlüsse auf einen zukünftigen Zuwachs von E-Fahrzeugen zu. Mit der vorliegenden Hochrechnung konnten ca. 1.150 E-Fahrzeuge für Tübingen bis 2020 prognostiziert werden.

9. Klimaschutz und CO₂-Bilanz

Die Stadt Tübingen hat sich ambitionierte Ziele für den Klimaschutz gesteckt. Hierfür leitete die Stadt, mit Beginn der UN-Klimakonferenz in Paris 2015, ein energie- und klima-politisches Leitbild ab, das vorsieht, die energiebedingten CO₂-Emissionen pro Kopf in Tübingen bis zum Jahr 2022 gegenüber dem Wert von 2014 um 25 Prozent zu reduzieren.

Wie das Teil-Klimaschutzkonzept „Mobilität 2030 Tübingen“, dessen Erstellung in den Jahren 2009/10 durch die Nationale Klimaschutzinitiative gefördert wurde, zeigt, liegt dabei im Sektor Mobilität ein relevantes Potenzial für die CO₂-Reduktion. Dabei steht die Universitätsstadt nicht nur vor der Herausforderung eines erfolgreichen kommunalen Klimaschutzes, sondern Tübingen ist aufgrund der Überschreitung der EU-Luftqualitätsgrenzwerte für Stickoxide auch Luftreinhalteplangebiet.

Für die Klimaschutzziele der Stadt ist zu erwarten, dass mit der E-Mobilität ein relevanter Anteil für die kommunalen Reduktionsziele erbracht wird. Zum einen kann mit Blick auf die Luftreinigung im Stadtgebiet ein großer Erfolg durch die E-Mobilität erwartet werden, da E-Autos grundsätzlich lokal abgasfrei fahren, was insbesondere in von Fahrverboten bedrohten Innenstädten ein Vorteil ist. Ebenso sind bei der Stromproduktion diese Schadstoffemissionen wenig relevant, da selbst Kohlekraftwerke über entsprechende Abgasreinigungsanlagen verfügen. Zum anderen kann auch eine Minderung der CO₂-Emissionen erzielt werden, allerdings sind hier einige Faktoren in der CO₂-Bilanz zu berücksichtigen bzw. abzugrenzen.

Aus einer Studie des Umweltbundesministeriums geht hervor, dass bei der Umweltbilanz eines Elektroautos, nicht nur die direkt emittierten Emissionen am Auspuff gemessen werden müssen, sondern auch die Strombereitstellung und die Herstellung des Autos inklusive Antriebsbatterie und Elektromotor berücksichtigt werden muss.

Der große Vorteil des Elektroautos an sich ist, dass Strom immer „grüner“ und somit mit geringeren CO₂-Emissionen produziert werden kann. Der Anteil im Strommix an erneuerbaren Energie Quellen steigt zunehmend und somit verbessert sich auch sukzessive die CO₂ Bilanz der Fahrzeuge. Bereits heute hat der Tübinger (swt) Strommix einen erneuerbaren Energie-Anteil von über 50 Prozent, dies ist im Vergleich von 33 Prozent beim deutschlandweiten Mix deutlich positiver, wie in Abbildung 21 ersichtlich.

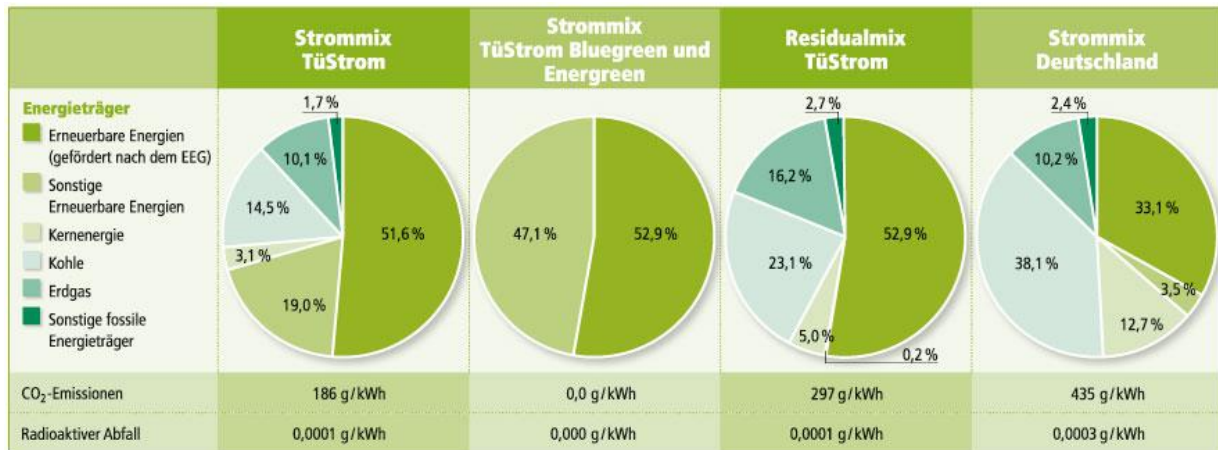


Abbildung 21 Strommix swt und Strommix Deutschland

Allerdings ist neben dem Vorteil der erneuerbaren Strombereitstellung der hohe Energie- und Ressourcenaufwand bei der Batterieproduktion zu beachten. Bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, der sogenannten Well-to-Wheel-Analyse, zeigt sich, dass batterieelektrische Fahrzeuge erst nach einer gewissen Zeit die Nachteile bei der Batterieherstellung im Durchschnitt ausgleichen können. Die Zeit ist vor allem von der Größe der Batterie und damit der Menge der verwendeten Materialien wie Nickel, Graphit, Kupfer, Kobalt oder Lithium abhängig.

Klar ist jedoch, dass die Batterien den Startnachteil bei den CO₂-Emissionen innerhalb ihrer Lebensdauer, ausgeglichen haben. Wird reiner Ökostrom verwendet, ist der benötigte Zeitraum noch einmal deutlich kürzer. Mit jedem gefahrenen Kilometer holen also die Fahrzeuge mit E-Antrieb dieses Starthemmnis sukzessive wieder auf. Hier kommt unter anderem die höhere Effizienz des Elektromotors ins Spiel. Während ein Fahrzeug der Kompaktklasse mit Verbrennungsmotor etwa 6 l Benzin auf 100 km verfährt, was einem Energiegehalt von etwa 65 bis 70 kWh entspricht, benötigt ein adäquates Elektroauto für die gleiche Strecke nur etwa 15 kWh in Form von elektrischem Strom.

Doch nicht nur die Klimarelevanz, sondern auch andere Umweltfaktoren müssen bei der Gegenüberstellung von Verbrennern und E-Autos differenziert betrachtet werden. Dazu zählen die Emissionen gesundheitsgefährdender Schadstoffe wie Stickoxide oder Feinstaub. Auch hier gilt es, einen Blick auf den gesamten Lebenszyklus zu werfen

Im Betrieb besitzt die Stromvariante neben der lokalen Emissionsfreiheit weitere Vorteile. So reduziert die Rekuperation den Abrieb der Bremse während des Bremsvorgangs und damit die Freisetzung von Feinstaub.

Für ein Gesamtfazit lässt die Lebenszyklus-Analyse erkennen, wie komplex die Thematik der Umstellung von Verbrennungsmotoren auf Elektroantriebe tatsächlich ist.

Daher wurde nachfolgend für Tübingen eine CO₂ Bilanz anhand dreier Szenarien aufgestellt, die nur unter den getroffenen Annahmen relevant ist.

9.1 CO₂-Bilanz Tübingen

Für die nachfolgend aufgestellte CO₂-Bilanz wurden folgende 3 Szenarien angewendet, diese beziehen sich auf die Anzahl der E-Fahrzeuge im Vergleich zur Anzahl der Verbrennerfahrzeuge. So beschreibt beispielsweise Szenario 1, dass 1.000 Verbrenner Fahrzeuge durch 1.000 Elektrofahrzeuge ersetzt werden.

- Szenario 1: 1.000 Fahrzeuge
- Szenario 2: 6.000 Fahrzeuge (2030 Ziel der Regierung)
- Szenario 3: 22.000 Fahrzeuge (ca. 50 Prozent E-Fahrzeuge in Tübingen)

Die Tabelle 13 zeigt die Datengrundlage des ifeu¹⁴, auf dem die Berechnungen beruhen. Es werden die Emissionen bei der Herstellung und der Entsorgung pro Fahrzeugklasse und Fahrzeug in Tonnen CO₂ angegeben, sowie der CO₂ Ausstoß bei der Fahrt. Hierbei bezieht sich der CO₂ Ausstoß bei der Fahrt beim Elektrofahrzeug auf die Stromproduktion.

Tabelle 13 Datengrundlage CO₂ Bilanz nach ifeu

Treibstoff	Fahrzeugklasse	Treibhausemissionen bei der Herstellung und Entsorgung [t CO ₂] pro Fzg	CO ₂ Ausstoß bei der Fahrt [g CO ₂ /km] pro Fzg
Benzin	Kleines Auto	5,1	203
	Mittleres Auto	6,3	249
	Großes Auto	9,2	297
Diesel	Kleines Auto	5,2	164
	Mittleres Auto	6,4	219
	Großes Auto	9,3	225
Elektro Strommix	Kleines Auto	8,4	101
	Mittleres Auto	10,2	120
	Großes Auto	14	144
Elektro Ökostrom	Kleines Auto	8,4	0
	Mittleres Auto	10,2	0
	Großes Auto	14	0

¹⁴ Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Weiter müssen für die Bilanz folgende Annahmen getroffen werden:

- Durchschnittliche Jahresfahrleistung in Deutschland: 13.992 km¹⁵
- Lebenszeit Auto: 7 Jahre¹⁶

Es zeigt sich, dass die Elektroautos bei den CO₂ Emissionen in der Herstellung und Entsorgung schlechter abschneiden als die klassischen Verbrenner. Jedoch sind die Emissionen bei der Fahrt deutlich geringer bzw. nicht vorhanden, wenn 100 Prozent Ökostrom verwendet wird. Diese Erkenntnisse spiegeln sich auch in der Lebenswegbetrachtung wieder, da die Elektroautos sukzessive die Nachteile der Herstellung mit jedem gefahrenen Kilometer ausgleichen. Dies zeigt sich in Tabelle 14.

Tabelle 14 CO₂ Emissionen je Szenario

Fahrzeugart	Emission bei Fahrt pro Jahr [t CO ₂ /a]			Gesamt Emission inkl. Herstellung [t CO ₂]			Gesamt Emission Lebensweg [t CO ₂]		
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Verbrennerfahrzeuge	3.241	19.447	71.306	9.897	59.383	217.738	29.344	176.066	645.574
Elektro Strommix	1.678	10.070	36.925	12.231	73.387	269.086	22.302	133.809	490.635
Elektro Ökostrom	0,00	0,00	0,00	10.553	63.317	232.162	10.553	63.317	232.162

Wird nur die Fahrt des Fahrzeugs betrachtet, so können, wie beschrieben, die direkten Emissionen im Verkehr drastisch gesenkt werden. Im Szenario 1 bedeutet dies, eine Einsparung von 3.241 Tonnen CO₂ pro Jahr. Im Szenario 3 sind es über 71.000 Tonnen CO₂-Emissionen im direkten Stadtverkehr.

Allerdings sollte bei dieser Bilanz die Herstellung berücksichtigt werden. Hierbei schneiden die Verbrennerfahrzeuge im 1. Jahr noch ein bisschen besser ab. Wird hier hingegen der gesamte Lebensweg betrachtet, so kann durch den Einsatz von E-Fahrzeugen mit 100 Prozent Ökostrom die CO₂-Emission um über 35 Prozent vermindert werden.

¹⁵ Quelle: Kraftfahrtbundesamt

¹⁶ Bundesdurchschnitt nach wie vielen Jahren die Deutschen ihr Auto wechseln

10. Herausforderungen des Stromnetzes

In einer Studie der Stadtwerke Tübingen wurden die durch die Elektromobilität entstehenden Herausforderungen im Verteilnetz der Stadt Tübingen dargestellt. Zu diesem Zweck wurde ein Modell entwickelt, das eine erste Einschätzung der Verbreitung der Elektromobilität in Kombination mit einer bestehenden Netzstruktur liefert. In einer einfachen visuellen Rasterdarstellung (rot, gelb, grün) lässt sich so die Aufnahmefähigkeit privater Ladestationen in einzelnen Verteilnetzgebieten darstellen. Hiermit kann aufgezeigt werden, wie viele Elektrofahrzeuge bis zu einem gewissen Zeitpunkt in das bestehende Ortsnetz integrierbar sind.¹⁷ Für das Modell wurden für Tübingen drei Szenarien (1.000 Elektrofahrzeuge, 6.000 Elektrofahrzeuge und 22.000 E-Fahrzeuge) verwendet. Die Szenarien entsprechen jeweils den Zielen der Bundesregierung (1 Mio. bzw. 6 Mio. E-Fahrzeuge) bzw. einem E-Fahrzeug Anteil von rund 50 Prozent in der Stadt.

10.1 Herausforderungen für das bestehende Stromnetz

Eine stabile Stromversorgung ist für das Gelingen der Elektromobilität unumgänglich. Daher soll in diesem Kapitel dargestellt werden, welche Herausforderungen auf das bestehende Netz zukommen und welche Probleme hierbei entstehen.

Um diese stabile Stromversorgung zu gewährleisten, müssen einige Rahmenbedingungen im Netz eingehalten werden. Hierbei beziehen sich diese Rahmenbedingungen auf die Spannung und den Strom in den einzelnen Betriebsmitteln. Eine Überschreitung des thermischen Grenzstroms¹⁸ kann die Netzkomponenten, wie Leitungen und Transformatoren schädigen und ausfallen lassen. Dies wird über eine fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien oder einen erhöhten Verbrauch durch Elektrofahrzeuge erreicht.

Neben der Grenzstromeinhaltung stellt die Spannungshaltung das größte Problem bei der Gewährleistung des sicheren Netzbetriebs dar. Hierbei muss die Spannungsqualität in gewissem Maße vorhanden sein. Dies wird in der DIN-Norm (DIN-EN-50160) festgelegt. Das darin festgelegte Spannungsband im Niederspannungsnetz von ± 10 Prozent der Bemessungsspannung darf

¹⁷ Es ist zu beachten, dass das Modell von einigen Annahmen gestützt wird, welche dem aktuellen Trend der privaten Ladestationen und Bevölkerungsstruktur geschuldet sind. Verändern sich diese Rahmenbedingungen, werden die Ergebnisse variieren, so dass manche Gebiete evtl. mehr oder weniger überlastet sind als angenommen

¹⁸ maximal zulässiger Strom für ein Betriebsmittel, bevor dieses überhitzt und überlastet wird

nicht verletzt werden. Diese Verletzung wird ebenfalls über eine verstärkte Einspeisung dezentraler Erzeuger oder zu hohen Verbraucherleistungen erreicht.

Somit stellen Elektrofahrzeuge durch ihre hohen Ladeleistungen große Herausforderungen für diese Rahmenbedingungen dar. Denn die Elektrofahrzeuge werden überwiegend mit einer Ladeleistung zwischen 3,6 – 22 kW zu Hause geladen. Damit sind die Elektrofahrzeuge eine der größten Verbraucher an den Hausanschlüssen. Verfügt nun die Ladestation wie aktuell üblich nicht über eine geregelte Ladung, so beginnt der Ladevorgang direkt beim Anschluss an das Netz und somit meist in den frühen Abendstunden zwischen 18 Uhr und 20 Uhr. Hier sind wie Abbildung 22 zeigt auch die üblichen Spitzenlastzeiten der Haushalte. Daher erhöht sich in diesen Zeiten, laut einer Simulationen der Forschungsstelle für Energiewirtschaft, die abendliche Lastspitze der Haushalte um bis zu 77 Prozent.

Ab einer gewissen Anzahl an Elektrofahrzeugen kann dies dann zu Problemen in der Spannungs- bzw. der Grenzstromhaltung der Niederspannungsnetze führen.

Da die einzelnen Hausanschlüsse über einen Ortsnetztransformator versorgt werden, ist dieser

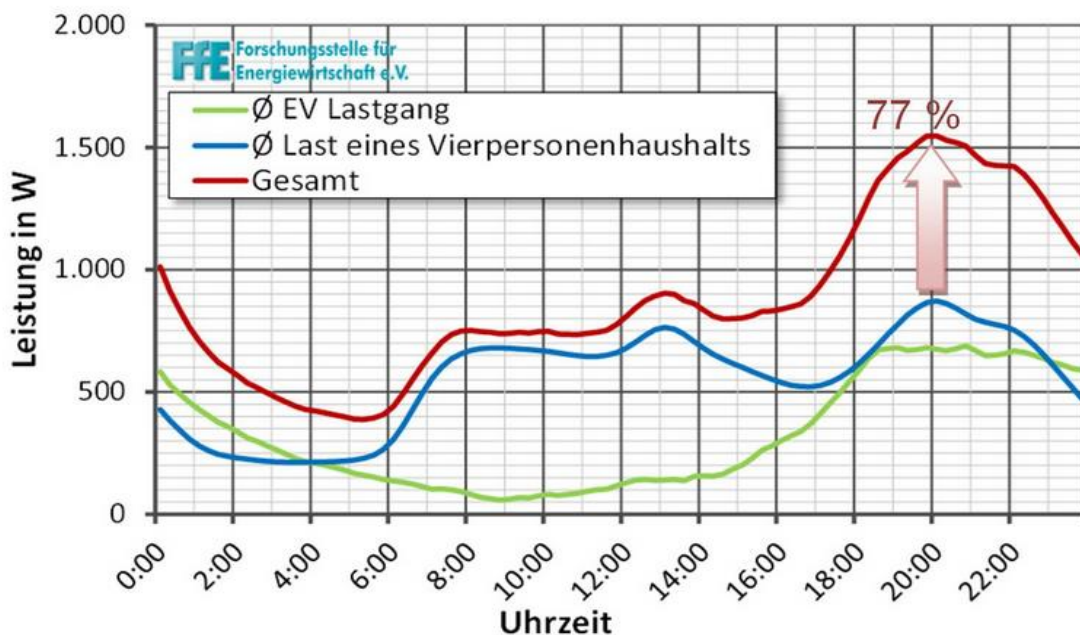


Abbildung 22 Lastgang eines Vierpersonenhaushalts mit Elektrofahrzeug

bis zu einer gewissen Leistung abgesichert. Wird diese Leistungsgrenze der jeweiligen Ortsnetzstation überschritten, so wird die Trafostation automatisch vom Netz getrennt damit die Versorgungssicherheit weiterhin gegeben ist. Folglich kommen Ortsnetztransformatoren durch die Elektromobilität und einer damit verbundenen Erhöhung der Spitzenlast und einem hohen Gleichzeitigkeitsfaktor schnell an ihre Leistungsgrenze.

Zusätzlich zu den Transformatoren können auch die einzelnen Hausanschlüsse, an die die Ladestationen angeschlossen werden, an ihre Grenzen stoßen. Heutige Hausanschlüsse sind üblicherweise dreiphasig mit 35 bis 100 Ampere abgesichert. Damit stehen einer Wohneinheit 25 kW bis 70 kW zur Verfügung. Wird dieser Wert überschritten, so trennt die Sicherung die Versorgung des Hausanschlusses vom Netz. Daher kann das Potential eines Hausanschlusses bei einer hohen gleichzeitigen Belastung durch Elektrofahrzeuge schnell erreicht sein. Es kann durchaus notwendig sein, den Hausanschluss für die Versorgung der Elektrofahrzeuge zu verstärken oder einen separaten Hausanschluss für das Laden zu installieren. Denn durch eine Verstärkung des Hausanschlusses oder Installation eines separaten Anschlusses wird diesem Problem direkt entgegengewirkt. Allerdings kann dies nicht immer durchgeführt werden und somit muss der bestehende Hausanschluss verwendet werden.

Aus diesen beschriebenen Herausforderungen resultiert, dass durch die Elektromobilität entweder die einzelnen Hausanschlüsse, die Leitungen oder der Transformator an ihre jeweiligen Grenzen stoßen.

Ein weiterer Blick richtet sich auf die zusätzlich durch Elektrofahrzeuge benötigte Energiemenge. Würde hier die im Jahr benötigte Energiemenge deutlich erhöht werden, so müssten bspw. neue Großkraftwerke gebaut werden, um die zusätzliche Energie zu erzeugen. Hierfür wird nachfolgend eine kurze Beispielrechnung durchgeführt. Um die zusätzlich benötigte Energiemenge für Deutschland und Tübingen zu bestimmen, werden eine durchschnittliche Fahrleistung von 14.015 km pro Jahr und ein Verbrauch von 18 kWh/100 km angesetzt. Hieraus ergibt sich eine Energiemenge pro Elektrofahrzeug von 2522,7 kWh pro Jahr. Tabelle 15 zeigt die berechneten Energiemengen bezogen auf unterschiedliche Fahrzeuganzahlen, vereinfacht wird Tübingen als ein Tausendstel von Deutschland gerechnet. Weiterhin wird die berechnete Energiemenge anteilig am Gesamtstromverbrauch von Deutschland (516 TWh) bzw. Tübingen (394,98 GWh) dargestellt.

Es geht hervor, dass bis zu den gesetzten Zielen 2030 keine signifikante Erhöhung des Energieverbrauchs in Deutschland bzw. Tübingen zu erwarten ist. Es zeigt sich, dass die zusätzlich benötigte Energiemenge für das Stromnetz bzw. die Bereitstellung der Energie kein Problem darstellen wird. Allerdings ist zu beachten, dass für einen einzelnen Haushalt die zusätzlichen 2522,7 kWh eine Verdopplung des Stromverbrauchs bedeuten kann.

Tabelle 15 Zusätzlich benötigte Energiemenge in Deutschland und Tübingen

Betrachtungsgebiet	Anzahl EFZ	Energiemenge [GWh]	Anteil [%]
Deutschland	1.000.000	2.522,70	0,49%
	6.000.000	15.136,20	2,93%
	45.800.000	115.539,66	22,39%
Tübingen	1.000	2,52	0,64%
	6.000	15,14	3,83%
	45.800	115,54	29,25%

10.2 Methodik der Studie

Um die Netzproblematik darzustellen, wurde ein Modell entwickelt, welches das bestehende Netz bewertet und visuell darstellt. Hierzu werden unterschiedliche Dimensionen als Grundlage gewählt, wobei das Netz und die Bevölkerung als fixe Parameter dienen und die Elektromobilität in unterschiedlichen Szenarien darübergerlegt wird. Als Grundgerüst des Modells dienen drei Hochlaufsznarien, die auf die Stadt Tübingen heruntergebrochen werden. Auf diesen Szenarien beruht die Berechnung bzw. der Verteilschlüssel der einzelnen Elektrofahrzeuge. Um das bestehende Netz einschätzen und bewerten zu können, werden Bewertungskriterien festgelegt. Die einzelnen Bausteine werden so ausgewählt, dass die bestehende Datengrundlage der Stadtwerke Tübingen verwendet werden kann. Hierfür werden teilweise auch begründete Annahmen getroffen. Das entwickelte Modell wird einfach gehalten und soll als Hilfestellung dienen, die Elektromobilität im Netzgebiet der swt darzustellen und die Auswirkungen zu bewerten.

Diese Kriterien werden miteinander kombiniert und mit einem einfachen farblichen Indikator (rot, gelb, grün) bewertet. Über diesen einfachen farblichen Indikator lässt sich ein Überblick über das gesamte Stadtgebiet erstellen. Ist der betrachtete Raum „grün“, so ist der geplante Ausbau in dem jeweiligen Szenario, also die berechnete installierte Leistung, in diesem Netzgebiet möglich. Dies trifft auf Gebiete zu, die eine ausreichende Trafoleistung im Vergleich zur geplanten installierten Ladeleistung sowie eine gute bis mittlere Netzinfrastruktur aufweisen. Ändert sich der betrachtete Raum in „gelb“, so ist der Ausbau noch möglich, wird aber sehr schnell an Grenzen stoßen. Gelbe Gebiete dienen als erste Warnstufe. Hier sollte dann eine genauere Betrachtung der einzelnen Netzelemente erfolgen. In einem „roten“ Gebiet hat das Netz bzw. die Trafostation bereits ihre Leistungsgrenze erreicht. Hierbei sollte bei einer tatsächlichen Umsetzung der Ladestationen umgehend geprüft werden, welches Netzelement betroffen ist und inwiefern die Umsetzung der einzelnen Ladestationen möglich ist.

Für das Modell werden einige Aspekte vernachlässigt bzw. nicht berücksichtigt. Daher werden gewerbliche Flotten nur bedingt berücksichtigt, da diese meist das Versorgungsunternehmen ansprechen, um gemeinsam ein individuelles Konzept zu erstellen. Weiterhin könnte sich ein Gebiet, welches in dem Modell mit geringer Durchdringung angenommen wurde, als ein kritisches Gebiet herausstellen. Allerdings ist Tübingen recht statisch in den Stadtgebieten. Daher sind die einzelnen Anwendungsgebiete relativ fix. Ebenso wird die Eigenerzeugung (hauptsächlich PV-Anlagen) vernachlässigt. Die gewählte Methodik verteilt die einzelnen Fahrzeugzahlen anhand einer prozentualen Verteilung, eine Änderung hier würde die Verteilung deutlich beeinflussen können. Dies hätte zur Folge, dass einzelne Gebiete früher oder evtl. später an die Leistungsgrenzen stoßen und somit die Ergebnisse verschoben werden. Wird das Modell mit aktuellen Daten zu den Fahrzeugen bzw. zu der installierten Ladeleistung versorgt, lässt sich diesem Problem entgegenwirken. Aktuelle Zahlen zeigen schnell, ob der angewendete Verteilschlüssel geändert werden sollte oder nicht, in Zukunft wird das Modell dadurch immer exakter.

10.3 Anwendung und Umsetzung des Modells

Das erstellte Modell wird im Folgenden auf das Stadtgebiet und das Versorgungsnetz der swt angewendet. Hierbei dient ein Raster von 1.000 x 1.000 Meter als Eingrenzung der einzelnen Gebiete. Die einzelnen Raster sind anhand des Indikators farblich gekennzeichnet, nicht markierte Gebiete sind unbewohnt. In Abbildung 23 sind die einzelnen Szenarien dargestellt. Es zeigt sich, dass das Tübinger Netz bei einem immer größer werdenden Elektrofahrzeuganteil an seine Grenzen unter den im Modell angenommenen Bedingungen kommen wird.

Für das erste Szenario (1000 E-Fahrzeuge) ist das Tübinger Stromnetz größtenteils ausgelegt. Der Innenstadtbereich stellt vorerst kein Problem dar. Allerdings wird sichtbar, dass die kleinen Ortschaften, allen voran an den Randbezirken der Orte, bereits 2020 Probleme mit der Ladeleistung bekommen werden. Dies liegt an der geringen Trafoleistung der einzelnen Orte, sowie an dem Vermaschungsgrad der Randbezirke. Hier ist es üblich, dass komplette Straßenzüge meist nur von einer Richtung mit einer Leitung versorgt werden. Dies bringt das Netz durch die hohen Ladeleistungen schnell an seine Grenzen.

Schon im Szenario 2, also einer Versechsfachung von Szenario 1, bekommen die Ortschaften rund um die Kernstadt deutliche Probleme. Die installierten Transformatoren wurden zu einer Zeit

errichtet, wo an Elektrofahrzeuge nicht zu denken war. Daher sind die bestehenden Transformatoren in den Ortschaften meist nur für die damalige Wohnstruktur und eine eventuelle minimale Vergrößerung dieser Struktur ausgelegt worden. Allerdings gibt es auch Ausnahmen, wie etwa der südliche Teil von Hirschau (C11, D11). Hier ist durch den Zubau bzw. die Erweiterung der bestehenden Unternehmen die Transformatoren neu errichtet worden. Es zeigt sich jedoch, dass die Kernstadt den zunehmenden Anteil im Jahr 2030 noch recht gut kompensieren könnte.

Das dritte Szenario zeigt deutlich die bevorstehenden Herausforderungen der Elektromobilität. Denn bei einer Elektrifizierung von 50 Prozent stößt das komplette Tübinger Stromnetz an seine Leistungsgrenzen. Dies liegt an der zu hohen Ladeleistung für die einzelnen Gebiete, welche teilweise die komplette Leistung eines Transformators in Anspruch nehmen werden. Es wird hier in manchen Teilen der Stadt Ladeleistungen von über 2 MW erreicht. Einzig drei Gebiete in der Innenstadt und ein Teil von Derendingen können dem zunehmenden Anteil der Elektromobilität standhalten. In der Innenstadt sind es neue Quartiere, welche bereits eine etwas höhere Leistungsgrenze bei den Ortsnetztransformatoren besitzen und das Netz gut vermascht ist. In Derendingen sind es Industriegebiete, die teilweise zwar bewohnt sind, aber hier das Netz bzw. die Trafostation bereits ausreichend dimensioniert sind.

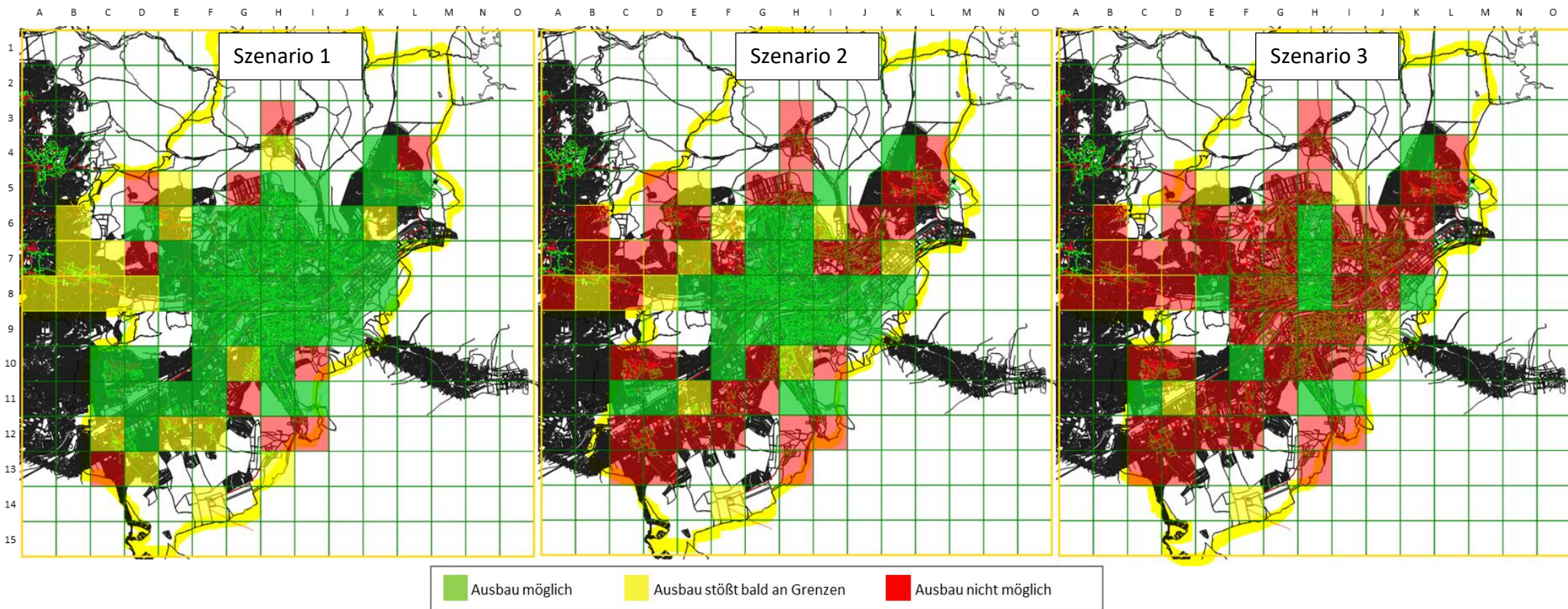


Abbildung 23 Übersicht des Stadtgebiets in den drei Szenarien

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Netz für den heutigen Bedarf bis zum Szenario 2020 gut aufgebaut und ausreichend Trafoleistung vorhanden ist. Allerdings kommt die bestehende, meist historisch bedingte Struktur bei einem starken Wachstum schnell an ihre Grenzen.

Bei Erreichen einer Elektrifizierung von 50 Prozent im Stadtgebiet können diese im Modell dargestellte Struktur des Netzes und der angenommene Ladevorgang so nicht umgesetzt werden. Die drei Szenarien sind zur besseren Darstellung im Anhang nochmals zu finden.

10.4 Lösungsansätze und Handlungsempfehlung

Die Anwendung des Modells auf Tübingen hat die Probleme des Netzes bei einem immer größeren Wachstum der Elektromobilität aufgezeigt. Wird, wie im Modell angenommen, bei einer so hohen Ladeleistung pro Ladepunkt ungesteuert geladen¹⁹, kann der auftretenden Netzproblematik nur mit einem kompletten Netzausbau entgegengewirkt werden. Dies würde dazu führen, dass viele Hausanschlüsse und das gesamte Niederspannungsnetz verstärkt werden müssten. Typischerweise werden diese Verstärkungen des Netzes entweder durch eine weitere parallel verlegte Leitung oder einen neuen Ortsnetztransformator übernommen. Bei Leitungsüberlastungen oder Spannungsproblemen von einzelnen Leitungen werden Parallelleitungen verwendet. Sind mehrere Leitungen hiervon betroffen, so wird ein zweiter Transformator an einer anderen Stelle im Netz eingesetzt, um das zuvor von einem Transformator versorgte Gebiet in zwei getrennte Bereiche zu teilen. Ist der einzelne Transformator überlastet, wird dieser durch einen stärkeren ersetzt bzw. ein zweiter wird direkt parallel betrieben und das Netz bleibt bestehen wie zuvor. Allerdings sind diese Maßnahmen mit erheblichen Kosten verbunden. Diese Kosten fallen am Ende über Netzentgelte oder durch Erhöhung der einzelnen Hausanschlüsse auf den Kunden zurück. Hierbei sollten dann vor allem die entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten ermittelt werden und diese mit den Kosten der Lösungsansätze verglichen werden.

Um diesem kompletten konventionellen Netzausbau entgegen zu wirken, können folgende Lösungsansätze dienen:

- Netzentlastung durch Lademanagement
- Spitzenlastmanagement mit Speichern

¹⁹ Das Elektrofahrzeug lädt mit der gesamten installierten Ladeleistung, sobald das Fahrzeug an das Netz angeschlossen wird

- Einsatz regelbarer Ortsnetztransformatoren

Netzentlastung durch Lademanagement

Ziel dieses Ansatzes ist die Verschiebung des Ladens in Zeiten, zu welchen nicht viel Leistung im Netz benötigt wird, so etwa in der Nacht. So können Spitzenlast-Erhöhungen vermieden werden und die Transformatoren bzw. Leitungen erreichen nicht so schnell ihre Leistungsgrenzen.

In Abbildung 24 ist beispielhaft ein mögliches Lademanagement an einem realen Lastgang (HH-Lastgang „rot“) eines Haushalts der swt dargestellt. Es wird angenommen, dass dieser Haushalt ein Elektrofahrzeug mit 11 kW Ladeleistung zuhause nach der Arbeit um 17:15 Uhr ungesteuert aufladen wird. Die Hausanschlusskapazität beträgt max. 20 kW. Es zeigt sich, dass bei ungesteuertem Laden diese Kapazität überschritten und folglich die Hausanschlusssicherung ausgelöst wird. Ein Lademanagement kann dieses Problem beheben, indem der Ladevorgang komplett in die Nacht verschoben wird. Weiterhin kann das Lademanagement erweitert werden, indem die Ladeleistung von 11 kW auf 3,6 kW in der Nacht gedrosselt wird. Es zeigt sich, dass durch ein intelligentes Lademanagement die Hausanschlusskapazität zu keinem Zeitpunkt gefährdet ist.

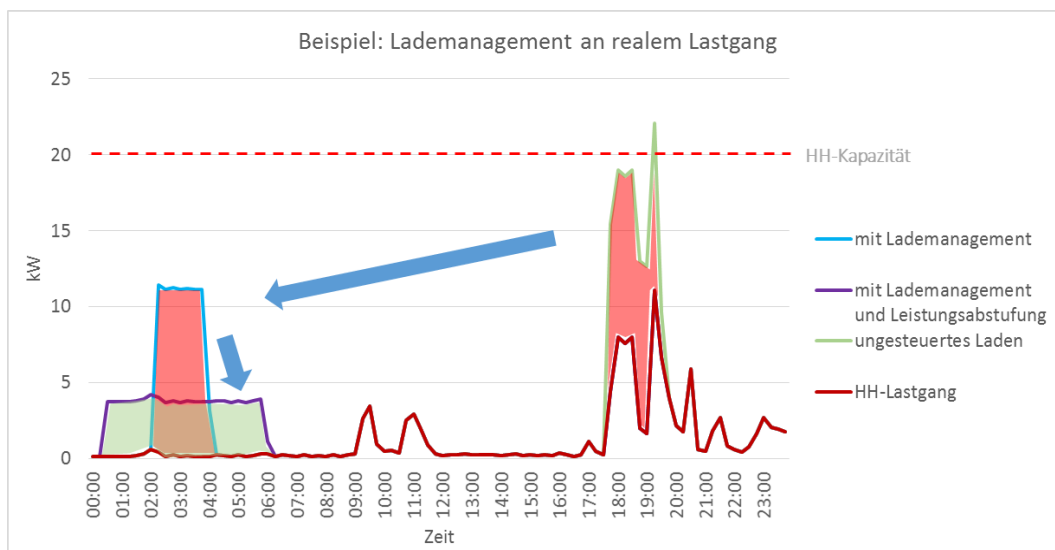


Abbildung 24 Lademanagement an realem Lastgang

Die entstehenden Effekte wirken sich positiv auf die nachfolgenden Betriebsmittel (Leitungen und Trafostationen) aus. Somit kann durch ein intelligentes Lademanagement der Netzausbau vermindert bzw. teilweise auch ganz vermieden werden.

Voraussetzung für ein intelligentes Lademanagement ist es, Anreize bei der Kundschaft zu schaffen, damit er bereit ist, seinen Ladevorgang zu verschieben. Auch eine politische Vorgabe ist

denkbar, die das Lademanagement vorschreibt. Als Anreiz für die Kundschaft kann der Preis dienen, welcher nachts bzw. in Zeiten hoher Einspeisungen erneuerbarer Energien gesenkt wird. Gesteuertes Laden kann in mehreren Ausbaustufen umgesetzt werden, je nach Durchdringung der Elektromobilität. Am Anfang steht ein eher nutzergesteuertes Laden. Hierbei bestimmt die Kundschaft über ihren Tarif (bspw. Nachtstromtarif), sodass der Ladevorgang in einem gewissen Zeitfenster stattfindet. Mit steigender Komplexität und zunehmender Durchdringung sollte das Lademanagement über das Unternehmen das mit dem Netzbetrieb betraut ist, gesteuert werden. Das netzgesteuerte Lademanagement berücksichtigt zusätzlich zu den Kundenbedürfnissen, auch den Zustand des Versorgungsnetzes. Die komplexeste Stufe ist das bidirektionale Lademanagement, welches derzeit eine Zukunftsoption ist. Hierbei wird das Elektrofahrzeug nicht nur geladen, sondern auch entladen. Dabei können Kundenbedürfnisse, Netzzustand und Erzeugungszustand (bspw. EE-Anteil hoch) berücksichtigt werden. Die energiewirtschaftlichen Potenziale steigen mit zunehmendem Komplexitätsgrad. Das Elektrofahrzeug dient letztlich dem Netz zum Ausgleich von Netzschwankungen. Allerdings müssen beim Lademanagement etwaige Rückkopplungseffekte durch die Lastverschiebung berücksichtigt werden, damit nachts nicht plötzlich die Lastspitzen entstehen, die abends vermieden wurden.

Es ist zu beachten, dass aufgrund der aktuellen technischen Anschlussregeln am Niederspannungsnetz ein netzseitiges Lademanagement nicht möglich ist. Daher ist vorerst nur eine kundenseitige Lastverschiebung möglich, welche mit Hilfe der notwendigen Anreize umgesetzt werden kann.

Spitzenlastmanagement mit Speichern

Ein weiterer Ansatz zur Minimierung des Netzausbaus und der Integration der Elektrofahrzeuge ist das Spitzenlastmanagement mittels Energiespeichern. Ziel ist die Spitzenlastsenkung durch Energie aus einem Speicher.

In Abbildung 25 ist hierzu ein mögliches Szenario anhand des bereits zuvor verwendeten Lastgangs und Ladeverhaltens eines Haushalts dargestellt. Es wird angenommen, dass das Spitzenlastmanagement auf 15 kW Bezugslast eingestellt wird.

Dies bedeutet, sobald der Haushalt die 15 kW Grenze erreicht, wird die Energie vom Speicher bezogen und somit die Spitzenlast gesenkt. Wie Abbildung 25 zeigt, werden 5 kWh („rot“ schraf-

fierte Fläche) aus dem Speicher für das Laden bezogen. Normalerweise finden sich solche Lösungen in Kombination mit privaten PV-Anlagen wieder. Hierbei begünstigen die Ladezeit des Fahrzeugs sowie die gegenläufige PV-Strom-Produktion den Ansatz.

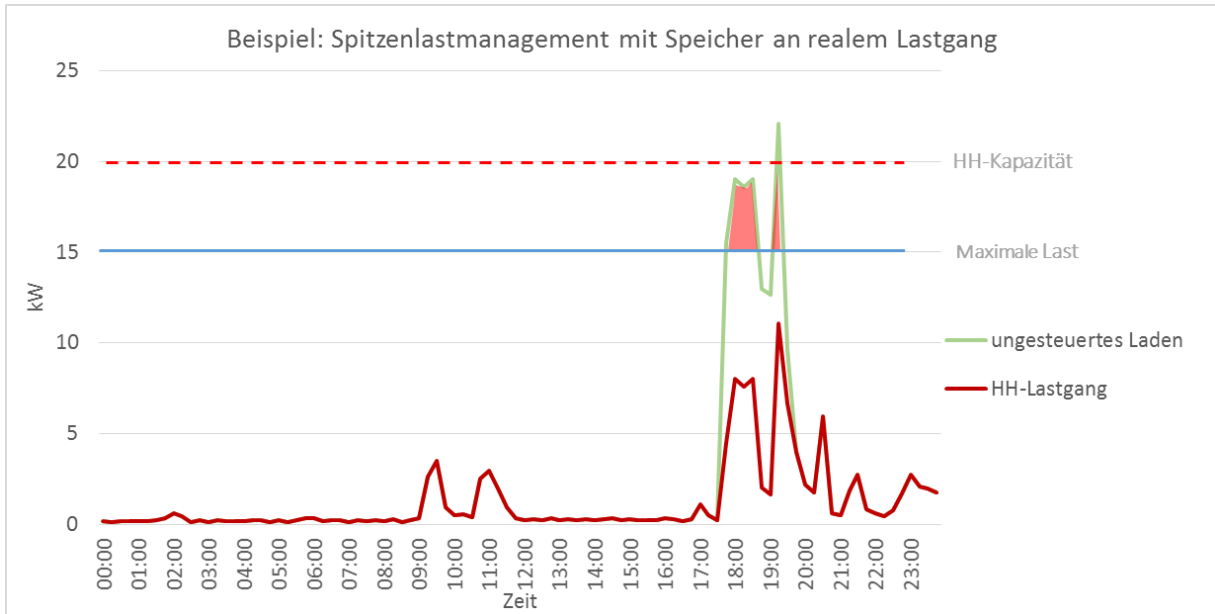


Abbildung 25 Spitzenlastmanagement mit Speicher an realem Lastgang

Der Einsatz von Speichern kann den Netzausbau ebenfalls vermindern, da die gewonnenen Effekte sich auch auf die Transformatoren und Leitungen positiv auswirken können.

Einsatz regelbarer Ortsnetztransformatoren

Um ebenfalls den Ausbau des Netzes zu minimieren, kann der Einsatz von regelbaren Ortsnetztransformatoren dienen. Diese ermöglichen, da sie das Niederspannungs- mit dem Mittelspannungs-Netz nicht starr wie übliche Ortsnetztransformatoren koppeln, eine nahezu konstante Spannung. Dies erreicht der regelbare Ortsnetztransformator über eine unter Last automatisch stattfindende Anpassung des Übersetzungsverhältnisses. Dadurch wird der Niederspannungsebene ermöglicht, das volle Spannungsband von ± 10 Prozent zu verwenden. Dies ermöglicht höhere PV-Leistungen und Lasten, bspw. Elektrofahrzeuge, im Netz zu integrieren, sofern es keine thermischen Engpässe im Netz gibt.

Empfehlung

Die gewonnenen Erkenntnisse haben gezeigt, dass bei den unterschiedlichen Szenarien das Netz bei ungesteuertem Laden an seine Grenzen kommen kann. Da das Modell auf einige Annahmen bezogen wird, können die tatsächlichen Ergebnisse sich durchaus verändern. Jedoch beruhen die Annahmen auf ersten Erfahrungen, welche die swt in Bezug auf privates Laden gemacht haben. Demnach spiegelt die Arbeit Szenarien wieder, die beim Fortführen des ungesteuerten Ladens mit den gleichzeitig hohen Ladeleistungen zutreffen werden.

Daher wird empfohlen, das Modell mit den aktuellen Hochlaufzahlen der Elektromobilität im Stadtgebiet und der Entwicklung der verwendeten Ladeleistung zu vergleichen und zu aktualisieren. Wird das prognostizierte Szenario in einem Gebiet erreicht, so müssen entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen werden, um den Netzengpass in diesem Gebiet zu vermeiden.

Hierbei ist allen voran das intelligente Lademanagement eine geeignete Möglichkeit. Es müssen Anreize geschaffen werden, die die Kundschaft dazu bewegen, dann zu laden, wenn es für das Netz am sinnvollsten ist. Am besten sollte das mit dem Netzbetrieb betraute Unternehmen die einzelnen Ladestationen regeln, sowie komplett zu- und abschalten können. Da dies aufgrund der aktuellen Anschlussregeln nicht möglich ist, sollte der Fokus auf den Anreizen bei der Kundschaft liegen.

In manchen Fällen, bspw. in Gebieten mit hoher PV-Eigenproduktion, ist auch das Spitzenlastmanagement mit separaten Speichern denkbar. Hierfür könnten ebenfalls Produkte durch die Stadtwerke vertrieben werden.

Da das Modell gezeigt hat, dass vor allem die Ortschaften um die Kernstadt schnell auf Probleme stoßen werden, müssen hier Lösungen entwickelt werden. Hierbei könnten regelbare Ortsnetztransformatoren eingesetzt werden, allerdings wird hier beim Erreichen des Wachstums das Netz vermutlich verstärkt werden müssen.

Weiterhin kann durch ein gut aufgebautes Netz an öffentlichen Ladestationen der Bedarf an privaten Ladestationen in manchen Gebieten minimiert werden. Hier gilt es, Ladestationen im öffentlichen Bereich über das gesamte Stadtgebiet zu verteilen und einen unkomplizierten Zugang zu gewährleisten. Dadurch kann die Nutzung der öffentlichen Ladestationen erhöht werden.

Außerdem kann mit einer genaueren Datengrundlage das Modell optimiert werden und so bestimmt werden, wie viel Kapazität das Netz tatsächlich hat. Durch eine komplette Netzberechnung und einem Einsatz von intelligenten Messsystemen kann exakt bestimmt werden, wie viel Kapazität welcher Ortsnetztransformator zu welcher Zeit hat. Mit diesen Informationen können dann notwendige Ausbaumaßnahmen des Netzes frühzeitig geplant werden.

Aktuell können die swt für die einzelnen Ladestationen noch individuelle Maßnahmen treffen, doch mit zunehmendem Wachstum und Installationen von privaten Ladestationen könnten schnell Probleme in einzelnen Netzgebieten auftreten. Durch die aktuellen technischen Anschlussbedingungen (TAB) der swt, welche dazu verpflichten private Ladestationen ab einer Ladeleistung von 4,6 kW anzumelden, bekommen die swt einen ersten Überblick über die Installation der Elektrofahrzeuge im Netz. Allerdings reicht allein die Kenntnis über die Ladestation nicht aus, daher müssen weitere Netzvorgaben ausgesprochen werden.

Weiterhin sollte stets geprüft werden wie stark das Elektromobilitätswachstum ist, um zu vermeiden, dass irgendwann nur noch ausgebaut werden kann oder eine diskriminierungsfreie Installation der Ladestation nicht mehr möglich ist.

10.5 Fazit Verteilnetz

Zusammenfassend kann für Tübingen gesagt werden, dass aktuell mit rund 121 reinen Elektrofahrzeugen noch keine Probleme entstehen werden. Auch mit Blick auf die 2020 Ziele besitzen die swt ein gut ausgestattetes Stromnetz. Allerdings kann schon heute unter der Kombination - schwach ausgebautes Netz und eine hohe Verbreitung der Elektromobilität - das Netz an seine Grenzen stoßen. Dies haben vor allem die dörflichen Gebiete der swt aufgezeigt. Bei einer hohen Verbreitung der Elektromobilität und einem hohen Anteil an privaten Ladestationen werden, wie die Untersuchung aufzeigt, Überlastungen des Netzes entstehen. Wird ungesteuert geladen, so kann nur durch einen kompletten Netzausbau der zusätzlichen Belastung durch Elektrofahrzeuge standgehalten werden. Hier steigen jedoch die volkswirtschaftlichen Kosten erheblich und die Akzeptanz für Elektrofahrzeuge würde sinken. Allerdings kann durch ein intelligentes Lademanagement der Ladevorgang in Schwachlastzeiten verschoben werden und somit den Überbelastungen entgegengewirkt werden. Hierfür müssen Anreize beim Kunden geschaffen werden, da-

mit dieser bereit ist, seinen Ladevorgang zu verschieben. Durch den Einsatz von regelbaren Ortsnetztransformatoren kann der Netzausbau ebenfalls vermindert werden. Die aktuelle Entwicklung der Elektromobilität hat gezeigt, dass das Ziel von einer Million Elektrofahrzeuge bis 2020 vermutlich nicht erreicht wird. Dadurch werden die Szenarien der Untersuchung erst später, als in den Zielen festgelegt, eintreten.

Abschließend kann gesagt werden, dass durch den immer größer werdenden Anteil an Elektrofahrzeugen das Stromnetz bei einer ungesteuerten Aufladung an seine Grenzen stoßen wird. Diesem können die Netzbetreiber mit geeigneten Maßnahmen entgegenwirken, um einem Netzausbau zu vermindern oder gar zu vermeiden

11. Zusammenfassung

Im Elektromobilitätskonzept Tübingen sind umfangreiche Grundlagen zum aktuellen Stand rund um die Elektromobilität zusammengetragen und 14 kommunale Handlungsfelder identifiziert worden, die priorisiert und teilweise miteinander kombiniert wurden. Die wichtigsten Erkenntnisse und die sich daraus ergebenden Handlungsempfehlungen lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

Klimaschutz:

Die Produktion von Elektro-Kfz ist - insbesondere aufgrund der Batterien - sehr energieintensiv und klimawirksam. Elektromobilität kann jedoch einen Beitrag für den Klimaschutz leisten, sofern das E-Fahrzeug viel und anstatt eines Verbrenners genutzt wird, die Batteriekapazität möglichst klein ist und Ökostrom „getankt“ wird (aktuell liegt der Anteil Erneuerbarer Energien im bundesdeutschen Stromnetz noch bei 37,8 Prozent). Daraus folgt, dass bei Elektro-Kfz insbesondere auf kleine und als Flottenfahrzeuge genutzte Fahrzeuge (z. B. Firmenfahrzeuge, klassisches Carsharing, Firmen-Carsharing) gesetzt werden sollte, welche mit Ökostrom betankt werden (Netz oder z. B. PV-Eigenstromanlagen).

Stromnetz:

Aktuell sind 121 Pkw auf 38.511 zugelassene Pkw in Tübingen rein elektrisch angetrieben (Stand Aug. 2019). Die Belastung durch den Ladestrombedarf für das Stromnetz – im Konzept in drei verschiedenen Szenarien analysiert - wird bis zu einer Anzahl von 1000 E-Pkws unproblematisch sein. Voraussetzung hierfür ist ein steuerbares Last- und Lademanagement. Bei weiter steigender Anzahl von E-Pkw und daraus resultierenden Ladevorgängen stößt das Tübinger Stromnetz an seine Grenzen (zuerst in den Randbereichen und Ortschaften). Bei einem ungeordneten Ausbau der Ladeinfrastruktur würden massive Investitionen in das Netz notwendig werden, um der steigenden Netzbelastung standzuhalten. Daraus folgt, dass schon heute möglichst alle Ladepunkte „intelligent“ sein sollten, damit ein zentrales Last- und Lademanagement möglich ist. Zudem sollte die Ladeinfrastruktur zentralisiert an Standorten mit hoher Stromnetzkapazität errichtet

werden. Die Stadtwerke haben zusammen mit der Stadtverwaltung bereits den Aufbau standardisierter öffentlicher Ladeinfrastruktur mit Lastmanagement im öffentlichen Parkraum und den Parkhäusern begonnen.

Strom tanken:

Ladevorgänge mit dem privaten E-Pkw finden hauptsächlich zu Hause oder beim Arbeitgeber statt, Ladevorgänge mit Flotten-Pkw finden i. d. R. beim Arbeitgeber statt. Es sind Unterstützung und Information notwendig, um den Ausbau in diesem Bereich zu fördern. Stadtverwaltung und Stadtwerke haben hierzu bereits Angebote eingerichtet.

Ladeinfrastruktur und Stellplatzmangel:

Ladeinfrastruktur ist teuer und der Raum für öffentlich nutzbare Infrastruktur im Stadtgebiet ist begrenzt. Ferner ist die Entwicklung der Nachfrage nach E-Mobilität schwierig zu prognostizieren. Die Ladeinfrastruktur und der Platz sollten daher optimal ausgelastet und genutzt werden. Somit ist die Ladeinfrastruktur parallel zum Hochlauf der Fahrzeug-Anzahl mit batterie-elektrischem Antrieb auszubauen. Zudem ist es notwendig, dass auch Eigentümer halb-öffentlicher Parkplätze (z. B. Einzelhandel) Ladeinfrastruktur errichten, die von Dritten genutzt werden kann. Außerdem muss Ladeinfrastruktur in der Stadtplanung (z.B. in Form von Leerrohren und Flächen für zukünftige Trafostandorte) bereits heute mitgeplant werden.