

Schlussbericht

**Fortschreibung der Ladeinfrastrukturstrategie
des Freistaates Thüringen bis 2030**

Auftraggeber:

Freistaat Thüringen
Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
Beethovenstraße 3
D-99096 Erfurt

Auftragnehmer:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Plank-Wiedenbeck
Professor für Verkehrssystemplanung an der Bauhaus-Universität Weimar
in Zusammenarbeit mit pwp-systems GmbH Halle (Saale) und JAVIDO GbR Weimar

Fachliche Bearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Plank-Wiedenbeck, Dipl.-Ing. Raimo Harder, Philipp Kohl

Fassung vom: Mittwoch, 17. März 2021

1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
1.1	Einordnung und Zielstellung	1
1.2	Methodik und Vorgehensweise.....	1
2	Gesetzliche und untergesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderung der Elektromobilität	3
2.1	Vorbemerkungen	3
2.2	Rahmenbedingungen und Förderprogramme des Bundes	3
2.3	Rahmenbedingungen und Förderprogramme des Freistaats Thüringen	7
3	Bestands- und Anforderungsanalyse der Ladeinfrastruktur in Thüringen	11
3.1	Fallbeispiele für das Laden von Elektrofahrzeugen	11
3.2	Bestand öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur	11
3.3	Tarifierung.....	14
3.4	Markthochlauf Elektro-Pkw bis 31.12.2020	18
3.5	Thüringen im bundesweiten Vergleich.....	20
3.6	Expertenbefragungen zum Status quo der Elektromobilität in anderen Bundesländern	22
3.7	Nutzerfreundlichkeit bei Ausstattung und Zugang von Ladepunkten.....	24
4	Ladeinfrastrukturausbau in Thüringen	27
4.1	Zielstellung und Methodik	27
4.2	Grundlagenermittlungen für alle Zulassungsbezirke Thüringens.....	28
4.3	Prognose Elektro-Pkw 2030 in Thüringen.....	30
4.4	Abschätzung des erforderlichen Strombedarfs durch Elektro-Pkw und Vorschläge zur Abdeckung aus weitgehend erneuerbaren Energiequellen	37
5	Nachfrage und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum Betrieb von Normal- und Schnellladesäulen	38
5.1	Vorbemerkungen	38
5.2	Auswertung einer Stichprobe von Betreiberdaten von Ladestationen.....	38
5.3	Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Normalladestationen.....	40
5.4	Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Schnellladestationen	42
5.5	Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Lade-Hubs mit Schnellladepunkten.....	42
5.6	Bedarf von Wasserstoff- Tankstellen für Thüringen bis 2030	45
6	Empfehlungen für einen stufenweisen Ausbau der Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2030	49
7	Fazit und Ausblick	52

Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Übersicht über staatliche Förderung im Rahmen der Innovationsprämie	6
Bild 2:	Fallbeispiele für das private und öffentliche Laden von Elektrofahrzeugen	11
Bild 3:	Übersichtskarte über den Ladesäulenbestand in Thüringen (Stand: September 2020, eigene Darstellung)	12
Bild 4:	Anzahl an Ladepunkten pro Landkreis im Vergleich mit der erforderlichen Anzahl an Ladepunkten nach LISS 2020	13
Bild 5:	Ladepunkte in Thüringen nach Betreibern kategorisiert.....	14
Bild 6:	Kostenvergleich mit deutschlandweiten Ladesäulenbetreibern (eigene Darstellung).....	18
Bild 7:	Entwicklung der Anzahl Elektro-Pkw in Deutschland von 2010 bis 2020 (Daten: KBA).....	19
Bild 8:	Entwicklung der Anzahl Elektro-Pkw in Thüringen von 2010 bis 2020 (Daten: KBA)	19
Bild 9:	Neuzulassungen und Bestand von Elektro-Pkw nach Bundesländern (Quelle KBA)	20
Bild 10:	Bundesweiter Vergleich der Anzahl von Elektrofahrzeugen pro Ladepunkt (eigene Darstellung).....	21
Bild 11:	Bundesweiter Vergleich der Anzahl von Ladepunkten pro 1 Mio. Einwohner (eigene Darstellung).....	22
Bild 12:	Hauptgründe bei der Entscheidung für einen Ladestationsanbieter	25
Bild 13:	Anzahl verschiedener Ladekarten im Besitz von E-Pkw-Nutzern (Quelle: EV Driver Survey 2020)	25
Bild 14:	Nutzererfahrung bei der Bepreisung von Ladevorgängen (Quelle: EV Driver Survey)	26
Bild 15:	Methodik zur Ermittlung des zukünftigen Bedarfs an wirtschaftlicher Ladeinfrastruktur je Landkreis und kreisfreie Stadt	28
Bild 16:	E-Golf als Berliner Carsharing Fahrzeug des Anbieters WeShare mit amtlichem Kennzeichen „WE“ für Weimar.....	29
Bild 17:	Gegenüberstellung des prognostizierten Bestands an E-Fahrzeugen im Jahre 2025/2030 (Quelle: NOW 2020)	31
Bild 18:	Anzahl an Elektro-Pkw im Bestand bis 2030.....	32
Bild 19:	Angepasste Prognose für die Anzahl an Elektrofahrzeugen im Bestand bis 2030	32
Bild 20:	Bestand an Elektrofahrzeugen bis 2030 in Thüringen nach angepasster Prognose (eigene Darstellung).....	34
Bild 21:	Verteilung von Ladevorgängen auf private sowie öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur	35
Bild 22:	Strombedarf pro Jahr und Antriebsart in Thüringen (eigene Darstellung).....	36
Bild 23:	Entwicklung der H2-Tankstellen in Deutschland (Quelle: H2 MOBILITY Deutschland GmbH).....	45
Bild 24:	Dimensionierung von Wasserstoff-Tankstellen (Quelle: Shell Wasserstoffstudie, 2017)	47
Bild 25:	Konzept zur Errichtung von Wasserstoff-Betankungs-Infrastruktur in Thüringen (Quelle: Bauhaus-Universität Weimar).....	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Überblick über die drei Nutzerprofile (Quelle: Prognos Ladereport, 2020).....	16
Tabelle 2:	Kostenübersicht mit Ladekarte des jeweiligen Betreibers (eigene Darstellung).....	17
Tabelle 3:	Kostenübersicht (gerundet) ohne Ladekarte des jeweiligen Betreibers (eigene Darstellung).....	17
Tabelle 4:	Bestand an Pkw und Elektro-Pkw in Thüringer Zulassungsbezirken zum 1.1.2020 (Quelle: KBA).....	30
Tabelle 5:	Ergebnisse der Auswertung der Stichprobe von 24 Ladesäulenstandorten in Thüringen.....	39
Tabelle 6:	Dauer des Ladevorgangs und Belegungsdauer ohne Ladevorgang.....	39
Tabelle 7:	Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einer Normalladestation mit 2 Ladepunkten bei unterschiedlichen Margen beim Stromverkauf.....	41
Tabelle 8:	Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einer Schnellladestation 50 kW mit 2 Ladepunkten bei unterschiedlichen Margen beim Stromverkauf.....	42
Tabelle 9:	Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einem Lade-Hub mit 6 50 kW Schnellladepunkten bei unterschiedlichen Margen des Stromverkaufs.....	43
Tabelle 10:	Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einem Lade-Hub mit 8 150 kW Schnellladepunkten bei unterschiedlichen Margen des Stromverkaufs.....	44

Abkürzungsverzeichnis

AC	Wechselstrom (<i>alternating current</i>)
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BEV	Batterie-Elektrofahrzeug (<i>Battery Electric Vehicle</i>)
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
CAPEX	CAPital EXpenditure - Investitionsausgaben
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ äq	CO ₂ -Äquivalente (CO ₂ e) sind eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase
CPO	Charge Point Operator (Ladeinfrastrukturbetreiber)
CS	Carsharing
CsgG	Carsharinggesetz
DC	Gleichstrom (<i>direct current</i>)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EMP	E-Mobility Provider (Elektromobilitätsanbieter)
E-Pkw	Elektro-Personenkraftwagen
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
FCEV	Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug (<i>Fuel Cell Electric Vehicle</i>)
Fraunhofer	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
FRL-LIS	Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland
HPC	High Power Charging
IEKS	Integrierte Energie- und Klimaschutzstrategie (Thüringen)
IVS	Intelligente Verkehrssysteme
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
kWh	Kilowattstunde
LIS	Ladeinfrastruktur
LISS	Ladeinfrastrukturstrategie
LP	Ladepunkt
LSV	Ladesäulenverordnung

MIV	Motorisierter Individualverkehr
NEP	Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität
NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
N-LIS	Normal-Ladeinfrastruktur
NOW GmbH	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NSR	Nationaler Strategierahmen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PHEV	Plug-In-Hybrid Elektrofahrzeug (<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>)
S-LIS	Schnell-Ladeinfrastruktur
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StVG	Straßenverkehrsgesetz
StVO	Straßenverkehrsordnung
TEAG	Thüringer Energie AG
ThEGA	Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur
THG	Treibhausgase
TMIL	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
TMUEN	Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
TMWWDG	Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und digitale Gesellschaft
UN	Vereinten Nationen (United Nations)
UNFCCC	Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (United Nation Framework Convention on Climate Change)

1 Einleitung und Aufgabenstellung

1.1 Einordnung und Zielstellung

Umwelt- und Klimaschutz sind zentrale Ziele aller europäischen Länder und Regionen. Mittlerweile ist auch deutlich geworden, dass damit auch wirtschaftspolitische Akzente gesetzt und neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Insbesondere der Verkehrssektor spielt dabei eine zentrale Rolle. Dabei wird die Förderung der Elektromobilität als wichtiges Energie- und Verkehrspolitisches Ziel angesehen. Zur Entwicklung der Elektromobilität und Unterstützung des Markthochlaufes müssen auf Ebene der Bundesländer elektromobilitätsbezogene Maßnahmen in Verkehr und Logistik unterstützt werden. Dazu gehören vorrangig der Aufbau von Ladeinfrastruktur, die Beschaffung von Elektrofahrzeugen aber auch öffentlich geförderte FuE-Projekte.

Trotz sichtbarer Fortschritte befindet sich die Elektromobilität im Individualverkehr in der Bundesrepublik Deutschland und im Freistaat Thüringen noch am Anfang der aus klimapolitischen Erwägungen wünschenswerten Markthochlaufphase. Auch wenn der vom Bund eingeführte Umweltbonus zu einem deutlichen Schub bei der Neuzulassung von Elektrofahrzeugen im 2. Halbjahr 2020 geführt hat, bleibt der Handlungsdruck in diesem Sektor besonders hoch, da die hier erzeugten Klimagase in der Summe seit 1990 noch nicht abgenommen haben.

Andere vielversprechende Technologien sind in absehbarer Zeit nicht verfügbar oder nicht zu akzeptablen konkurrenzfähigen Produktionskosten herstellbar. Um die auf allen politischen Ebenen beschlossenen Klimaschutzziele zu erreichen, muss daher auch in Thüringen in der kommenden Dekade weiter in den bedarfsgerechten Ausbau der Ladeinfrastruktur investiert werden. Dies ist auch im 2019 verabschiedeten Masterplan Elektromobilität des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) so festgestellt und abgestimmt worden.

Das TMUEN hatte von Oktober 2015 bis Juni 2016 die Ladeinfrastrukturstrategie für den Zeitraum bis 2020 erarbeiten lassen (LISS 2020). Hiernach ist bis Ende 2020 der Aufbau eines Mindestbedarfes von 820 öffentlichen Ladepunkten bzw. 410 Ladesäulen mit jeweils 2 Ladepunkten nötig, um der Reichweitenangst zu begegnen und den Markthochlauf von Elektrofahrzeugen zu unterstützen. Der Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur wird seit 2018 durch das landeseigene Förderprogramm „E-Mobil Invest“ unterstützt. Nunmehr soll die LISS bis 2030 fortgeführt und anhand der inzwischen auf Bundes- und Landesebene beschlossenen übergeordneten Strategien die Ziele für das Jahr 2030 erarbeitet werden.

1.2 Methodik und Vorgehensweise

Zur Bearbeitung der zuvor genannten Zielstellung wurden Arbeitspakete definiert, die sich an der Vorgehensweise der ersten LISS-Studie mit dem Zielhorizont 2020 orientieren, die sich in konzeptioneller und inhaltlicher Weise bewährt haben. Somit sind primär die Themenfelder

- Regulatorischer Rahmen,
- Technologie sowie
- Mengengerüst und Ökonomie

zu bewerten und fortzuschreiben. Aufgrund der außerordentlich guten Erfahrungen der Vorgängerstudie wurden die Thüringer Praxispartner, insbesondere die Thüringer Energieversorger, in den Prozess wieder frühzeitig in Form von Experten-Workshops mit einbezogen.

Im Themenfeld „Regulatorischer Rahmen“ werden aktuelle und geplante gesetzliche und untergesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderung von Elektromobilität und zur Errichtung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge seitens der EU, des Bundes und des Freistaates Thüringen aufgeführt. Mit der Erfassung des Ist-Zustandes an öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur für E-Pkw in Thüringen, des Erfüllungsgrades der Ladesäuleninfrastrukturstrategie 2016 – 2020 sowie der exemplarischen Evaluation der Wirtschaftlichkeit bestehender Ladeinfrastruktur anhand von Normlade- und Schnelladepunkten sollen Vorschläge für gesetzliche und untergesetzliche Regelungen im Freistaat Thüringen zur Unterstützung des weiteren Markthochlaufs der E-Mobilität bis 2030 erarbeitet werden.

Das Themenfeld „Technologie“ thematisiert vorrangig die notwendige Ausstattung der Ladeinfrastruktur, die Tarifierung von öffentlicher Thüringer Ladesäulen sowie die Aspekte des künftigen Strombedarfs und der Energieerzeugungskapazitäten für elektrisch betriebenen Pkw-Flotte auf Grundlage erneuerbarer Energien.

Schließlich befasst sich das dritte Themenfeld „Mengengerüst und Ökonomie“ mit einem betriebswirtschaftlichen Teil, der den Status quo, die voraussichtliche Marktentwicklung, Szenarien, Geschäftsmodelle und Fragen des Wettbewerbs behandelt.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden schließlich Vorschläge für die Weiterentwicklung von Förderinstrumenten des TMUEN zur zielgenauen Unterstützung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2030 abgeleitet.

2 Gesetzliche und untergesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderung der Elektromobilität

2.1 Vorbemerkungen

Die Förderung hin zu einer nachhaltigen, umwelt- und klimafreundlichen Mobilität stellt ein wesentliches Bestreben auf allen politischen Ebenen des Bundes, der Länder und der Kommunen dar. Mit dem Klimaschutzplan 2050 und dem Klimaschutzprogramm 2030 hat Deutschland sich zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Gleichzeitig soll der Primärenergieverbrauch bis 2050 um 50 Prozent gegenüber 2008 gesenkt werden. Für den Verkehrssektor wird eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um rund 40 Prozent bis 2050 gegenüber 2005 angestrebt.

Der Straßenverkehr hat mit etwa 95 Prozent den mit Abstand größten Anteil im Verkehrssektor. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes waren aber die Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor in 2018 noch auf dem gleichen Niveau von 1990. Trotz einer generell emissionsärmeren Fahrzeugtechnik waren der steigende Kraftstoffverbrauch durch deutlich schwerere Fahrzeuge und die Steigerung der Jahresverkehrsleistungen dafür ursächlich.

Um die ambitionierten Ziele in den kommenden Jahren dennoch zu erreichen, ist die Elektrifizierung insbesondere des Straßenverkehrs unerlässlich. Für den Markthochlauf der Elektromobilität bedarf es dafür eine angemessene, verbraucherfreundliche und verlässliche Ladeinfrastruktur. Im Hinblick auf diese Zielstellungen und basierend auf die Europäische Gesetzgebung setzten Bund und Länder die notwendigen gesetzlichen und untergesetzlichen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Entwicklung der Elektromobilität um. Gleichzeitig wurden entsprechende Anreizprogramme initiiert, um den Umstieg von Verbrennern zu Elektrofahrzeugen zu fördern und somit die Nachfrage von emissionsarmen Fahrzeugen zu stärken.

Um die auf allen politischen Ebenen beschlossenen Klimaschutzziele zu erreichen muss daher auch in Thüringen in der kommenden Dekade weiter in den bedarfsgerechten Ausbau der Ladeinfrastruktur investiert werden. Dies ist auch im 2019 verabschiedeten Masterplan Elektromobilität des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) so festgestellt und abgestimmt worden.

In den folgenden Gliederungspunkten werden eine Auswahl kürzlich eingeführter Gesetze, strategischer Dokumente und Förderprogramme mit direktem oder indirektem Bezug zur Thematik kurz vorgestellt.

2.2 Rahmenbedingungen und Förderprogramme des Bundes

2.2.1 Wohneigentumsmodernisierungsgesetz (WENoG)

Das Gesetz zur Förderung der Elektromobilität und zur Modernisierung des Wohnungseigentums-gesetzes und zur Änderung von kosten- und grundbuchrechtlichen Vorschriften Wohnungseigentums-modernisierungsgesetz (WEMoG) ist am 1. Dezember 2020 in Kraft getreten. Die Novellierung des Gesetzes zielt dabei vor allem auf die Vereinfachung von Beschlüssen über die Durchführung von baulichen Veränderungen, wie beispielsweise der Installation von Ladeinfrastruktur ab. Demnach kann nun jeder Wohnungseigentümer innerhalb einer Wohnungseigentümergeinschaft nach § 20 Abs. 2 eine solche bauliche Veränderung verlangen, muss die dafür anfallenden Kosten jedoch grundsätzlich

selbst tragen. Davon ausgeschlossen sind jedoch Baumaßnahmen, deren Durchführung unverhältnismäßig hohe Kosten generieren würden.

In der Vergangenheit bedurften bauliche Veränderungen grundsätzlich immer eines einstimmigen Beschlusses, zukünftig ist hier aber ein Mehrheitsbeschluss aller Eigentümer ausreichend. So würden die Kosten für die Installation einer privat zugänglichen Wallbox nach § 21 Abs. 2 Nr. 1 beispielsweise anteilig auf alle Wohneigentümer aufgeteilt werden, insofern mindestens zwei Drittel der Eigentümer bzw. der Stimmanteil der Hälfte der Eigentumsanteile die für die Baumaßnahme gestimmt haben.

2.2.2 Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG)

Das Gesetz zum Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität (Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz - GEIG) soll die EU-Richtlinie 2018/844 „Ausbau der Leitungs- und Ladeinfrastruktur im Gebäudebereich“ in nationales Recht umsetzen. Das Gesetz soll Anfang 2021 in Kraft treten. Inhaltlich soll das Gesetz die Verpflichtung zur Bereitstellung von Ladeinfrastruktur beim Neubau oder der Renovierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden reglementieren.

So sollen zukünftig neue Wohngebäude und Wohngebäude im Bestand bei Renovierungsarbeiten von mindestens einem Viertel der Gebäudefläche und bei dem Vorhandensein von mehr als 10 Stellplätzen alle vorhandenen Stellplätze zumindest mit Leitungsinfrastruktur für Ladesäulen ausgestattet werden, damit zukünftig die Möglichkeit eines Anschlusses und der Inbetriebnahme von privater Ladeinfrastruktur möglich ist.

Beim Neubau von Nicht-Wohngebäuden oder der Renovierung von Parkplätzen oder elektrischer Infrastruktur von Nicht-Wohngebäuden im Bestand sind demnach bei mehr als 10 vorhandenen Stellplätzen jeder fünfte davon mit Ladeinfrastruktur auszustatten und ein Ladepunkt zu errichten. Ab 2025 soll weiterhin bei Nicht-Wohngebäuden im Bestand mit mehr als 20 Stellplätzen ein Ladepunkt errichtet werden.

2.2.3 Masterplan Ladeinfrastruktur

Im November 2019 wurde vom Bundeskabinett der Masterplan Ladeinfrastruktur für die Jahre bis 2030 vorgelegt, welcher das Vorgehen und die Verstärkung des Aufbaus von öffentlicher Ladeinfrastruktur adressiert. So sollen in Zusammenarbeit mit Betrieben der Industrie und der Beteiligung von Ländern und Kommunen bis Ende 2021 50.000 öffentliche Ladepunkte zur Verfügung stehen. Bis 2023 soll dafür ein Investitionsvolumen von rund 3 Mrd. Euro für Tank- und Ladeinfrastruktur für Fahrzeuge mit batterieelektrischem oder wasserstoffbetriebenem Antrieb zur Verfügung stehen. Weiterhin wird im Masterplan beabsichtigt, erstmals auch private Ladeinfrastruktur flankierend zum Aufbau der öffentlich-zugänglichen Ladeinfrastruktur mit einem angepassten Förderprogramm in Höhe von 50 Mio. Euro zu fördern. Zusätzlich wurde angekündigt, dass auch Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich (beispielsweise auf Supermarktparkplätzen oder an Tankstellen) gefördert werden soll – ein entsprechendes Förderprogramm wurde jedoch bis Stand Januar 2021 noch nicht gestartet.

Der weitere Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur soll sich zukünftig außerdem stärker an bedarfsgerechten und nutzerfreundlichen Aspekten orientieren. So wurde festgehalten, dass die Definition und Einhaltung von einheitlichen Rahmenbedingungen zur Steigerung der Nutzerfreundlichkeit ein weiteres wichtiges Ziel darstellen, das es zu erreichen gilt. Um den künftigen Ausbau der Ladeinfrastruktur besser zu koordinieren wurde am 6.10.2020 die Nationale Leitstelle für

Ladeinfrastruktur innerhalb der NOW GmbH errichtet. Gleichzeitig veröffentlichte das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) das sogenannte StandortTool, das bei der Ermittlung von Bedarfsräumen ein einheitliches Werkzeug als Planungsgrundlage für den Ladeinfrastrukturausbau darstellen soll.

2.2.4 Gesetz zur Bereitstellung flächendeckender Schnellladeinfrastruktur für reine Batterieelektrofahrzeuge - Aktionsprogramm für 1000 Standorte von Schnellladestationen

Mit Inbetriebnahme der Nationalen Leitstelle für Ladeinfrastruktur im Oktober 2020 wurde zeitnah von dieser die Planung für den Aufbau eines bundesweit flächendeckenden Schnellladenetzes verkündet. Ziel der Ausschreibung ist es, den Bedarf an Mittel- und Langstreckenmobilität vor allem an Bundesautobahnen und Bundesstraßen abzudecken. Diese soll als Ergänzung zu bestehenden Förderprogrammen des Bundes von öffentlicher Ladeinfrastruktur dienen, um das Defizit des Ausbaus von Ladestationen im High-Power-Charging-Bereich (HPC) in Deutschland entgegenzuwirken. HPC-Ladeinfrastruktur zeichnet sich durch sehr hohe Ladeleistungen jenseits der 150 kW aus und macht deutschlandweit derzeit einen Anteil von weniger als 2 Prozent der vorhandenen Ladeinfrastruktur aus. Mit berücksichtigt werden soll dabei die Schaffung und Einhaltung bundesweiter Standards mit besonderer Berücksichtigung von Aspekten der Nutzerfreundlichkeit.

Durch Ausgleichszahlungen bzw. Vergütung von Seiten des Bundes an die zukünftigen Betreiber soll der auf kurzfristige Sicht unwirtschaftliche Betrieb von HPC-Stationen ausgeglichen und auch die Erschließung von weniger attraktiven Standorten gesichert werden. Die Bedarfsermittlung erfolgt bei der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur. Sie analysiert diesen Bedarf mit Hilfe des digitalen Instruments namens StandortTOOL und wertet die Mobilitäts- und Ladedaten, Fahrzeugtypen und den Bestand an Ladeinfrastruktur entsprechend aus. Basierend auf den Analysen werden dann jeweils Gebiete zur Errichtung von Schnellladestandorten europaweit ausgeschrieben.

Am 11.2.2021 wurde das „Gesetz zur Bereitstellung flächendeckender Schnellladeinfrastruktur für reine Batterieelektrofahrzeuge“, kurz Schnellladegesetz (SchnellLG), vom Bundeskabinett verabschiedet.

2.2.5 Kaufprämie für Elektrofahrzeuge (Umweltbonus)

Seit 2016 gibt es einen „Umweltbonus“ in Form einer Kaufprämie bei der Anschaffung neuer Elektrofahrzeuge. Die Kaufprämie enthält neben dem Anteil vom Bund einen weiteren Anteil vom Fahrzeughersteller. In Abhängigkeit des BAFA-Listenpreises variiert die Höhe des Umweltbonus. Plug-In-Hybridfahrzeuge werden mit etwas geringeren Zuschüssen versehen als BEV und Wasserstofffahrzeuge.

Im Juni 2020 wurde beschlossen, den Umweltbonus des Bundes in Form einer Innovationsprämie zu verdoppeln. Somit lag die Kaufprämie bei bis zu 9.000 Euro, was zu einer erheblichen Steigerung der Nachfrage für Elektroautos führte. Plug-In Hybride sind nur dann förderfähig, wenn die Fahrzeuge eine elektrische Mindestreichweite von 40 Kilometer erreichen. Ab 2022 erhöht sich diese Anforderung auf 60 Kilometer und ab 2025 dann auf mindestens 80 Kilometer Mindestreichweite. Bild 1 zeigt die Kaufprämien des Bundes für unterschiedliche Konstellationen.

Übersicht der Innovationsprämie für Batterieelektro- oder Brennstoffzellenfahrzeuge

	Staatlicher Anteil der Förderung wenn Nettolistenpreis unter 40.000 Euro	Staatlicher Anteil der Förderung wenn Nettolistenpreis über 40.000 Euro
Kauf	6.000 EUR	5.000 EUR
Leasinglaufzeit: 6-11 Monate	1.500 EUR	1.250 EUR
Leasinglaufzeit: 12-23 Monate	3.000 EUR	2.500 EUR
Leasinglaufzeit: über 23 Monate	6.000 EUR	5.000 EUR

Übersicht der Innovationsprämie für von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge

	Staatlicher Anteil der Förderung wenn Nettolistenpreis unter 40.000 Euro	Staatlicher Anteil der Förderung wenn Nettolistenpreis über 40.000 Euro
Kauf	4.500 EUR	3.750 EUR
Leasinglaufzeit: 6-11 Monate	1.125 EUR	937,50 EUR
Leasinglaufzeit: 12-23 Monate	2.250 EUR	1.875 EUR
Leasinglaufzeit: über 23 Monate	4.500 EUR	3.750 EUR

Bild 1: Übersicht über staatliche Förderung im Rahmen der Innovationsprämie¹

2.2.6 Förderrichtlinie für private Ladeinfrastruktur an Wohngebäuden

Im November 2020 wurde die Förderrichtlinie für private Ladeinfrastruktur an Wohngebäuden mit einer Laufzeit bis Ende 2022 verabschiedet. Im Rahmen eines Gesamtfördervolumens in Höhe von 400 Mio. Euro² kann die Beschaffung und Errichtung von Ladeinfrastruktur (i. d. R. Wallboxen) im privaten Bereich von Wohngebäuden inklusive Netzanschluss und weiterem Installationsaufwand gefördert werden. Ziel der Förderung ist es, den Markthochlauf der Elektromobilität nicht nur im Bereich der öffentlichen Ladeinfrastruktur zu unterstützen, sondern diesen auch im privaten Bereich zu flankieren und so einen Anreiz für den Umstieg auf batterieelektrische Fahrzeuge zu schaffen. Um eine Förderung zu erhalten darf die Ladestation maximal 11 kW Ladeleistung aufweisen, der Strom muss zu 100 Prozent aus regenerativen Energiequellen stammen und sie muss mit einer intelligenten Steuerung versehen sein, damit der Stromanbieter zu bestimmten Zeit das Laden aussetzen oder die Ladeleistung drosseln kann. Die Fördersumme beträgt pauschal 900 € je Ladepunkt und schließt auch die Installationskosten mit ein. Mit Stand Ende Dezember 2020 wurden über das Förderprogramm bereits über 100.000 Anträge eingereicht.

¹ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2020

² BMVI [Pressemitteilung](#) vom 26.2.2021

2.2.7 Förderrichtlinie Elektromobilität

Als Neuauflage der gleichnamigen Förderrichtlinie aus den Jahren 2015 bis 2020 wurde am 24. Dezember 2020 die Förderrichtlinie Elektromobilität vorgestellt, welche bis Ende 2025 gültig sein wird. Mit entsprechenden Förderaufrufen werden folgende drei Förderschwerpunkte unterstützt:

1. Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur für gewerbliche Flotten
2. kommunale Elektromobilitätskonzepte und
3. die Förderung von anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.

Im ersten Förderschwerpunkt stehen besonders kommunale und gewerbliche Flotten mit hohen Verkehrsleistungen im Blickfeld, die auf klimafreundliche E-Mobilität umsteigen wollen. Dazu gehören insbesondere Taxis, Kurier-, Express- und Sharingdienste. Es ist zu beachten, dass neben der Darstellung des ökologischen Vorteils der Betrieb der Fahrzeuge aus vorwiegend regenerativer Energie sichergestellt werden muss, welche vorzugsweise lokal erzeugt wird. Weiterhin müssen E-Fahrzeuge, die im Rahmen der Förderrichtlinie angeschafft werden, mindestens 2 Jahre im Besitz des Antragstellers verbleiben. Dabei ist zusätzlich auch die Höchstgrenze in Bezug auf den Listenpreis der förderfähigen Fahrzeuge zu beachten. Eine Kumulierung der Förderung innerhalb dieser Richtlinie ist nur in Kombination mit Förderungen im Rahmen des Umweltbonus möglich.

Der zweite Förderschwerpunkt zielt auf kommunale und gewerbliche Elektromobilitätskonzepte ab, deren Inhalte von allgemeinen Analysen des Potenzials von Elektromobilität bis hin zu speziellen und auf dem Anwendungsfall zugeschnittenen Umsetzungskonzepten und -studien reichen können.

Der dritte Schwerpunkt liegt auf der Förderung von anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit von Forschungseinrichtungen und der Industrie und zur Bereitstellung einer leistungsfähigen Verkehrs- und Mobilitätsinfrastruktur.

2.2.8 Angekündigte regulatorische Neuerungen und neue Förderprogramme

Folgende Neuerungen in Bezug auf den regulatorischen Rahmen, der strategischen Ausrichtung und den Förderprogrammen stehen seitens des Bundes kurz vor der Einführung.

- Novellierung der Ladesäulenverordnung
- Neuauflage des Förderprogramms Ladeinfrastruktur
- Verabschiedung des Förderprogramms „Laden am Arbeitsplatz“ (geplant Mitte 2021)
- Fortschreibung und Evaluierung des Masterplans Ladeinfrastruktur (geplant im Laufe von 2021)

2.3 Rahmenbedingungen und Förderprogramme des Freistaats Thüringen

2.3.1 Integrierte Energie- und Klimaschutzstrategie Thüringens

Für das TMUEN haben das Leipziger Institut für Energie und die IFOK GmbH in 2018 eine Energie- und Klimaschutzstrategie unter umfassenden Beteiligungsprozessen verfasst. In sieben für den Klimaschutz relevanten Handlungsfeldern wurden konkrete Maßnahmen erarbeitet, die Wege aufzeigen, wie Thüringen seine Energie- und Klimaziele erreichen kann. Demnach sollen die Treibhausgasemissionen in Thüringen bis 2030 um mindestens 60–70 Prozent, bis 2040 um 70–80 Prozent und bis zum Jahr 2050 um 80–95 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert werden.

Der notwendige Minderungsbeitrag des Verkehrssektors beträgt der Studie nach im Jahr 2040 gegenüber dem Jahr 2014 2,97 Mio. Tonnen CO_{2äq}. Um dieses Ziel zu erreichen wurden im Handlungsfeld Verkehr acht Maßnahmen identifiziert, die darauf einen besonderen Einfluss haben. Eine Maßnahme davon ist der flächendeckende Ausbau von Ladestationen für die Elektromobilität. Die Studie hatte einen maßgebenden Einfluss auf das Thüringer Klimagesetz.

2.3.2 Thüringer Klimagesetz

Im Dezember 2018 ist das Thüringer Klimagesetz (ThüKliG) in Kraft getreten. Es vereint Klimaschutz und Klimaanpassung und legt das Ziel fest, den Ausstoß von Treibhausgasen bis 2050 schrittweise um bis zu 95 Prozent zu senken. Damit werden erstmals ein konkreter Rahmen für klimafreundliches Handeln und verbindliche Treibhausgasminderungsziele sowie Anforderungen an die zukünftige Energieversorgung im Freistaat sowie das Vorhaben eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes in Thüringen bis zum Jahr 2050 verankert. Im Paragraph 5 „Nachhaltige Mobilität“ werden dabei Aspekte der Verkehrsvermeidung, der Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsarten und eine verstärkte Auslastung und höhere Effizienz der Verkehrsmittel aufgeführt. Weiterhin wird die systematische Reduktion des Verbrauchs fossiler Energie durch den Wechsel auf erneuerbare Energien gefordert und die Einführung von Maßnahmen eines umfassenden Mobilitätsmanagements unterstützt.

2.3.3 Masterplan Elektromobilität für Thüringen 2030

Im Juni 2019 wurde der Masterplan Elektromobilität für Thüringen als strategische Positionierung bis 2030 veröffentlicht. In diesem wurden auf Grundlage von regulatorischen Rahmenbedingungen, Analysen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie Best Practice-Beispielen Fördermaßnahmen abgeleitet, die den weiteren Markthochlauf der Elektromobilität in Thüringen stützen sollen. Die daraus erarbeiteten zahlreichen Maßnahmen umfassen dabei vor allem folgende Themengebiete:

- fortschreitender Ausbau von öffentlicher, halböffentlicher und privater Ladeinfrastruktur
- Initiierung von Modellprojekten wie beispielsweise Quartierslösungen für den Geschosswohnungsbau
- Förderung der Elektrifizierung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)
- Verstetigung von Informationsangeboten und umfänglicher Öffentlichkeitsarbeit
- Förderung der Elektrifizierung der Fuhrparks von Landesbehörden

Zusätzlich dazu wurde ein Monitoring-System entworfen, um die umgesetzten Maßnahmen regelmäßig hinsichtlich ihrer Wirkung zu evaluieren.

2.3.4 LISS 2020

Die Ladeinfrastrukturstrategie 2020, welche im Frühjahr 2017 veröffentlicht wurde, analysiert den damaligen Stand des öffentlich zugänglichen Ladeinfrastrukturausbaus in Thüringen. Das hatte zum Ziel, den stufenweisen Ausbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur voranzutreiben und damit eine Grundlage für die steigende Marktentwicklung der Elektromobilität zu schaffen. Dabei wurde der benötigte Bedarf an Ladestationen für das Jahr 2020 quantifiziert und die einzelnen Bedarfsräume auf Landkreisebene bzw. Ebene der kreisfreien Städte identifiziert.

Im Fokus dabei war vor allem der flächendeckende Ausbau der Ladeinfrastruktur, der primäre, sekundäre und weitere Bedarfsräume identifizierte:

- Primäre Bedarfsräume: verdichtete Siedlungsräume ohne Ladeinfrastruktur.
- Sekundäre Bedarfsräume: verdichteten Siedlungsräumen ohne eine adäquate Anzahl an Ladesäulen.
- Weiterer Bedarf: touristischer Ziele und verkehrsaufkommensschwerer Bereiche (vor allem Bahnhöfe)

Weiterhin wurde der zukünftig benötigte Strombedarf abgeschätzt und Bereitstellungsmöglichkeiten von diesem aus erneuerbaren Energiequellen ermittelt.

2.3.5 Förderrichtlinie E-Mobil Invest

Die seit 2018 bestehende Förderrichtlinie E-Mobil Invest³ des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz wurde Ende des Jahres 2020 um eine aktualisierte Fassung erweitert. Diese hat das Ziel, Förderprogramme des Bundes hinsichtlich des Ausbaus von öffentlicher Ladeinfrastruktur und der Beschaffung von Elektrofahrzeugen zu flankieren. Im Rahmen der Förderrichtlinie wird die Errichtung und Modernisierung von Ladeinfrastruktur, der Bau von Ladeinfrastruktur für alternative Mobilitätsangebote (wie beispielsweise Car-Sharing Angebote mit elektrisch angetriebener Fahrzeugflotte) gefördert. Weiterhin förderfähig ist der Kauf von Elektrofahrzeugen für bestimmte Zielgruppen, die Umrüstung von Nutzfahrzeugen auf elektrischen Antrieb sowie die Erstellung von Konzepten und Studien im Rahmen des Themenbereichs der Elektromobilität.

Eine kombinierte Förderung mit weiteren öffentlichen Fördermaßnahmen z. B. des Bundes ist ausgeschlossen. Außerdem setzt das Landesministerium mit der E-Mobil Invest Förderrichtlinie auf ein Monitoringsystem, um das Erreichen der vorgegebenen Zielstellung zu überprüfen. Dabei verpflichten sich Fördergeldempfänger dazu auswertbare Betriebsdaten der Vorhabensdurchführung zu übermitteln, um so eine Evaluierung zu ermöglichen. Damit die Errichtung von Ladeinfrastruktur förderfähig ist, muss diese neben einer Mindestbetriebsdauer von 6 Jahren die technischen Standards der jeweils aktuellen Fassung der Ladesäulenverordnung vorweisen können. Des Weiteren muss der Strom für die Energieeinspeisung aus 100 Prozent regenerativen Energiequellen stammen und ein Zugang zu der jeweiligen Ladestation muss rund um die Uhr gewährleistet sein.

2.3.6 Modellprojekt Elektrobussysteme

Im Rahmen der Richtlinie zur Förderung von CO₂-armer Mobilität in Thüringen hat das Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz zusätzlich das Modellprojekt Elektrobussysteme im September 2017 initiiert. Dabei werden Modellvorhaben im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs zur Entwicklung alternativer technischer Lösung in Bezug auf die Antriebsart gefördert. Förderfähig sind hierbei Ausgaben zum Betrieb von elektrisch angetriebenen Bussen inklusive der Oberleitungssysteme und Batteriesysteme, die Umstellung von Busflotten im ÖPNV auf alternative Antriebe sowie Ausgaben bezüglich der Wartung und Reparatur. Die Kombination mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist ebenfalls nicht möglich. Zuwendungsberechtigt sind

³ TMUEN (2019)

Verkehrsunternehmen des öffentlichen Personennahverkehrs, die bei der Anschaffung von Elektrobusen bis zu 75 Prozent und bei weiteren förderfähigen Investitionen bis zu 80 Prozent der förderfähigen Investitionskosten erstattet kriegen. Bis Ende 2019 wurden im Rahmen des Förderaufrufs bereits 21 Elektrobusse beschafft, bis Ende 2020 sollen 9 weitere folgen. Bei einem Gesamtfördervolumen von etwa 14 Mio. € ist das veranschlagte Budget damit aktuell nahezu ausgeschöpft.

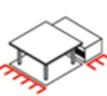
3 Bestands- und Anforderungsanalyse der Ladeinfrastruktur in Thüringen

3.1 Fallbeispiele für das Laden von Elektrofahrzeugen

Die Versorgung der Elektrofahrzeuge mit Strom kann privat oder öffentlich erfolgen. Das private Laden kann entweder am Wohnort oder beim Arbeitsplatz durchgeführt werden. Der Ausbau der privaten Ladeinfrastruktur ist an örtliche Möglichkeiten gebunden. Eigenheimbesitzer oder Firmen mit Parkmöglichkeiten auf dem eigenen Grundstück haben in der Regel die Möglichkeit einen oder mehrere private Ladepunkte zu errichten. Aber es gibt auch Bewohner von Ein- und Zweifamilienhäusern, die keine privaten Parkflächen zur Verfügung haben wie z. B. in Gründervierteln vieler Großstädte und somit keine eigene Lademöglichkeit errichten können.

Ebenso haben Mieter in Geschößwohnhäusern häufig keinen eigenen Parkstand und sind auf öffentlichen Parkraum an der Straße angewiesen. In einer dena-Studie⁴ wurde das private Ladeinfrastrukturpotential in Deutschland untersucht und festgestellt, dass drei Viertel aller Pkw aus deutschen Privathaushalten, ohne Unterscheidung des Antriebs, auf dem Privatgrundstück zu Hause parken können. Dabei ist zu beachten, dass die Quote in ländlichen Gebieten sogar 90 Prozent beträgt, aber in Metropolen auf 50 Prozent sinkt.

Beim öffentlichen Laden gibt es Angebote im öffentlichen Raum aber auch öffentlich zugängliche auf Kundenparkplätzen der Wirtschaft, wie z. B. Lebensmittelhändler, Restaurantbetriebe oder Autohändlern. Das Bild 3 illustriert die Fallbeispiele privater und öffentlich zugänglicher Ladevorgänge.

Verteilung Ladevorgänge	Privater Aufstellort 60-85 %			Öffentlich zugänglicher Aufstellort 15-40 %			
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur							
	Garage bzw. Stellplatz beim Eigenheim	Parkplätze (z.B. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks)	Firmenparkplätze auf eigenem Gelände	Ladestation / Lade-Hub innerorts	Ladestation / Lade-Hub an Achsen (z.B. Autobahn, Bundesstraße)	Kundenparkplätze bzw. Parkhäuser (z.B. Einkaufszentren)	Straßenrand, öffentliche Parkplätze
	regelmäßige oder Nachtladung			Schnellladung		Zwischendurchladen	

Quelle: NPE

Bild 2: Fallbeispiele für das private und öffentliche Laden von Elektrofahrzeugen

3.2 Bestand öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur

Wie bereits in Kapitel 2.3.4 erwähnt, wurden in der ersten LISS Studie Empfehlungen ausgesprochen, wie der Markthochlauf angemessen und flächendeckend unterstützt werden soll. Anhand definierter Kriterien wurden auch Empfehlungen für die Landkreise und kreisfreien Städte ausgesprochen. Zu Beginn der LISS 2030 Studie gilt es festzustellen, in wieweit die in LISS 2020 geforderten insgesamt 820

⁴ Dena (2020), privates Ladeinfrastrukturpotential in Deutschland

öffentlich zugänglichen Ladepunkte mit 24/7 für Thüringen in 2020 erreicht worden sind und ob auch in den einzelnen Kreisen und kreisfreien Städten die Vorgaben erfüllt wurden.

Seit dem Inkrafttreten der Ladesäulenverordnung (LSV) am 17.03.2016 sind Betreiber von öffentlich zugänglichen Ladepunkten nach §5 Abs. 1 und Abs. 4 S.2 LSV dazu verpflichtet, den Aufbau und die Inbetriebnahme von Schnell- und Normalladepunkten bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) anzuzeigen⁵. Ebenfalls anzuzeigen sind Schnellladepunkte, die vor Inkrafttreten der LSV in Betrieb genommen wurden, das Anzeigen von Ladepunkten vor dem genannten Stichtag beruht jedoch auf freiwilliger Basis der Betreiber. Ebenso dazu sind auch öffentliche Ladepunkte mit einer Ladeleistung von bis zu 3,7 kW von der Anzeigepflicht befreit.

Die gemeldeten, öffentlich zugänglichen Ladepunkte werden anschließend im Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur aufgeführt, insofern der Betreiber einer Veröffentlichung zustimmt. Dieses Register dient als Grundlage, um den aktuellen Stand des Ausbaus von öffentlicher Ladeinfrastruktur in Thüringen zu ermitteln. Da eine rückwirkende Meldepflicht für Normalladepunkte nach Inkrafttreten der LSV jedoch nicht verpflichtend ist, muss davon ausgegangen werden, dass das Ladesäulenregister der BNetzA nicht alle Ladesäulen in Thüringen listet. Daher wurden drei weitere Datenquellen zur Recherche hinzugezogen, um einen möglichst vollständigen aktuellen Stand abbilden zu können. Diese sind die Internetplattformen goingelectric.de, lemnet.org und e-stations.de.

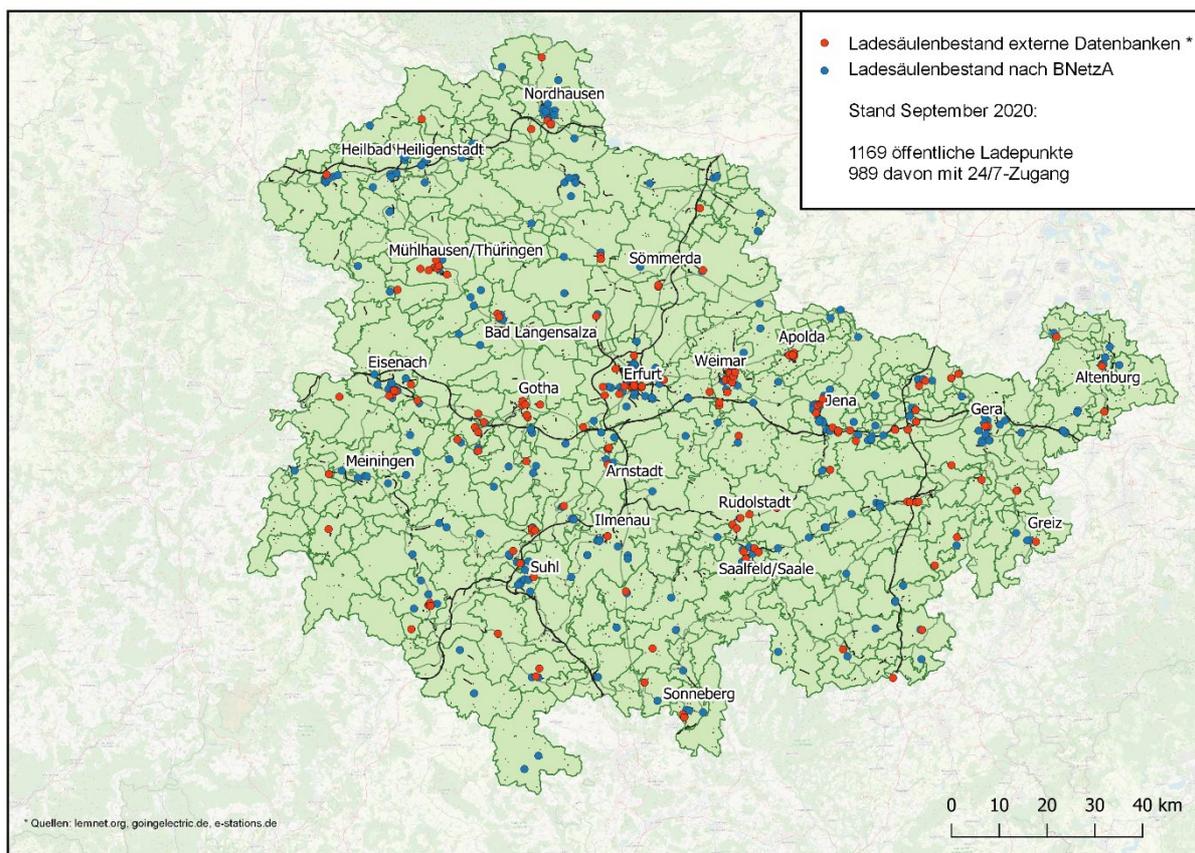


Bild 3: Übersichtskarte über den Ladesäulenbestand in Thüringen (Stand: September 2020, eigene Darstellung)

⁵ Vgl. Ladesäulenverordnung (2017), online

Die Ergebnisse der Recherche wurden anschließend in einer Übersichtskarte (siehe Bild 3) zusammengefasst. Dabei konnten 381 Ladesäulen durch das Ladesäulenregister der BNetzA ermittelt und diese um weitere 156 Ladesäulen der externen Plattformen ergänzt werden. In Summe können in Thüringen somit insgesamt 537 öffentlich zugängliche Ladesäulen mit 1169 Ladepunkten verzeichnet werden. Das Kriterium einer freien Zugänglichkeit rund um die Uhr (24/7-Zugang) erfüllen dabei 451 Ladesäulen bzw. die dazugehörigen 989 Ladepunkte. Der im Schlussbericht der Ladeinfrastrukturstrategie von 2016 empfohlene Gesamtbestand in der Fläche von 410 Ladesäulen ist somit sogar leicht überschritten. Die empfohlene Ladesäulendichte von mindestens einer Ladesäule auf 40 km² für gesamt Thüringen ist ebenfalls eingehalten.

Anschließend wurde jeweils die Anzahl der Ladepunkte in den 17 Landkreisen und 6 kreisfreien Städten Thüringens ermittelt (siehe Bild 4).

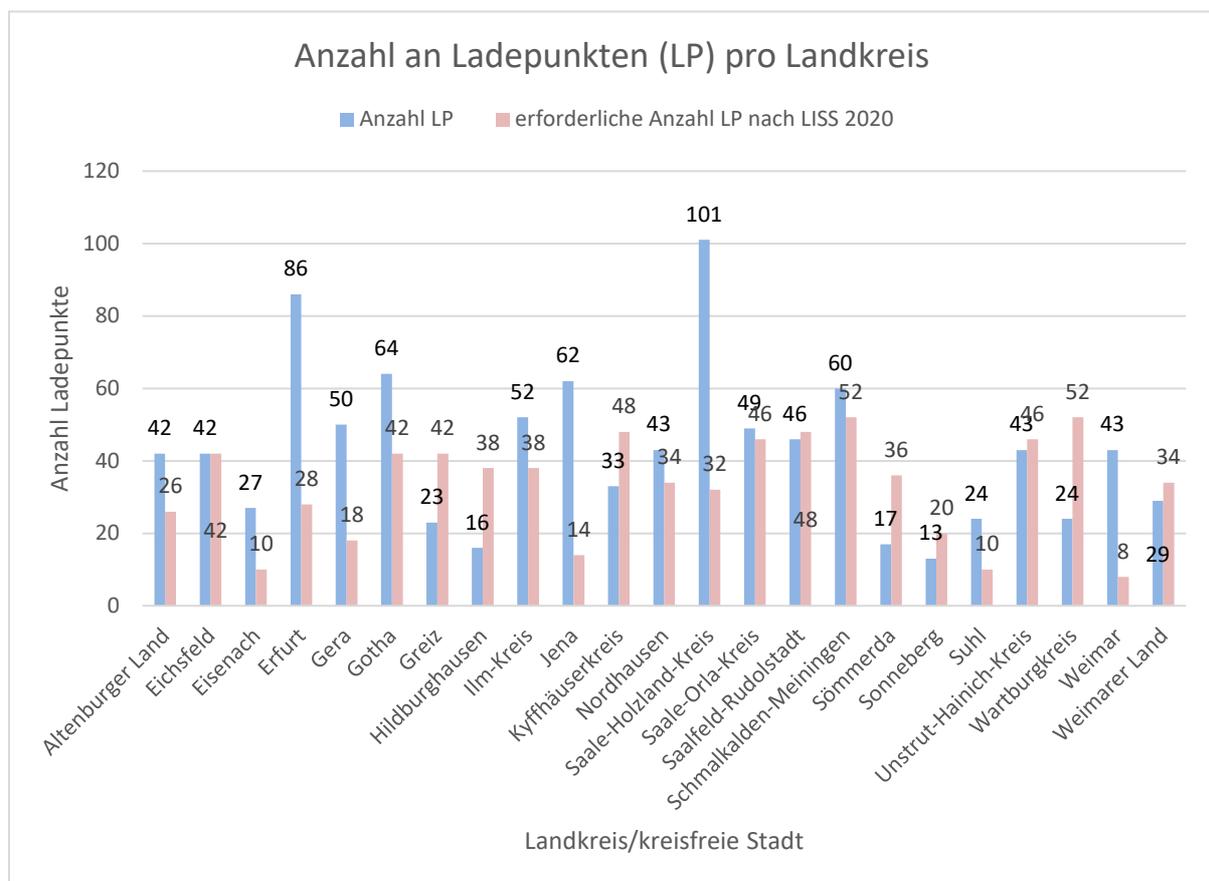


Bild 4: Anzahl an Ladepunkten pro Landkreis im Vergleich mit der erforderlichen Anzahl an Ladepunkten nach LISS 2020

(Stand: September 2020, eigene Darstellung)

Diese wurde anschließend mit den Empfehlungen der erforderlichen Anzahl von Ladepunkten aus der LISS-Studie für die Jahre 2015-2020 abgeglichen. Dabei ist ersichtlich, dass 14 der Landkreise/kreisfreien Städte die erforderliche Anzahl an Ladepunkten einhalten bzw. übertreffen. Dementsprechend wurden die Vorgaben von 9 Landkreisen/kreisfreien Städten noch nicht erreicht. Vor allem die Landkreise Greiz, Hildburghausen, Kyffhäuserkreis, Sömmerda und Wartburgkreis liegen teilweise deutlich unter der für 2020 angesetzten Anzahl an Ladepunkten. Des Weiteren wurden die vorhandenen Ladepunkte nach dem jeweiligen Betreiber kategorisiert (siehe Bild 5).

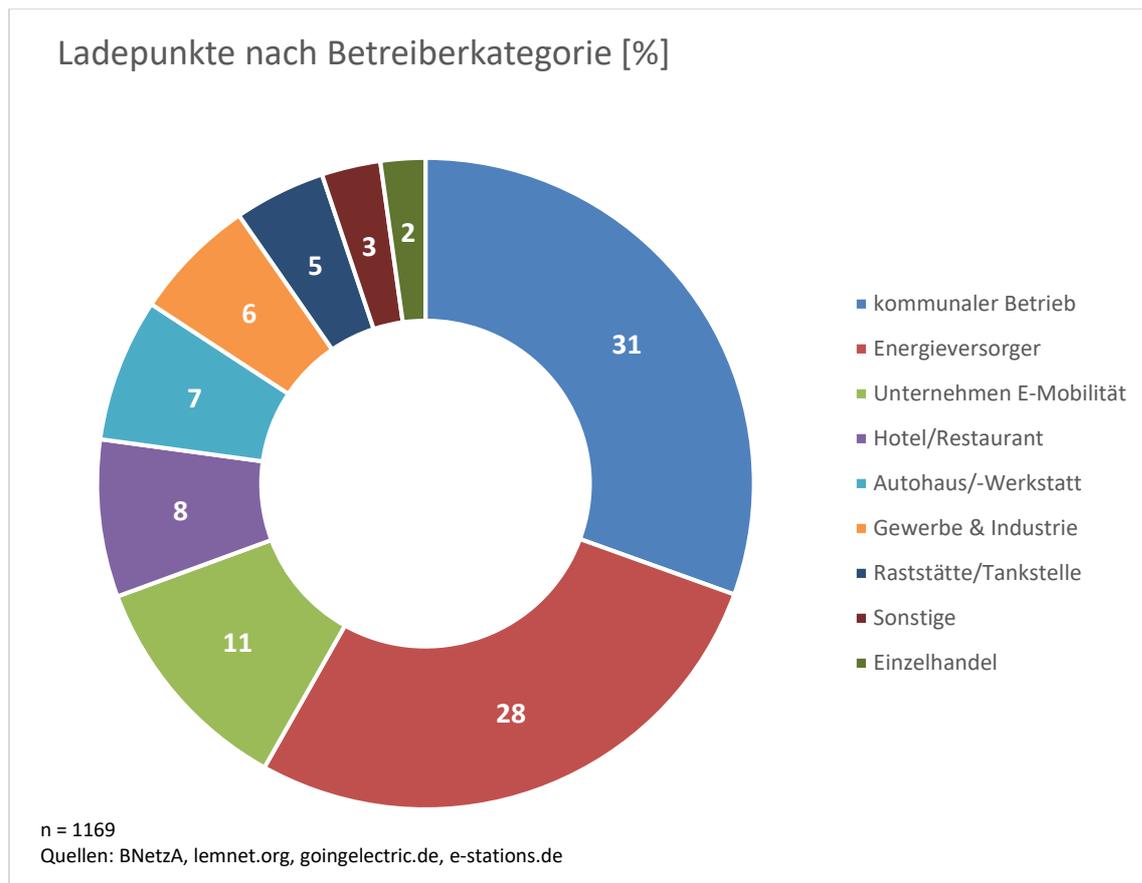


Bild 5: Ladepunkte in Thüringen nach Betreibern kategorisiert

(Stand: September 2020, eigene Darstellung)

Hierbei ist ersichtlich, dass mit 59 Prozent ein Großteil der öffentlich zugänglichen Ladepunkte in Thüringen von kommunalen und regionalen Energieversorgungsunternehmen betrieben wird. Weitere größere Anteile haben Unternehmen der E-Mobilitätsbranche mit 11 Prozent, wie beispielsweise Automobilhersteller Tesla oder das Dienstleistungsunternehmen Allego B.V, sowie das Gastgewerbe von Hotels und Restaurants mit 8 Prozent. Autohäuser und Werkstätten betreiben rund 7 Prozent der öffentlich zugänglichen Ladepunkte in Thüringen. Zukünftig ist besonders der Betrieb von Ladepunkten durch den Einzelhandel zu beachten. So kündigte beispielsweise der Handelskonzern Schwarz-Gruppe Ende 2019 an, dass in den kommenden Jahren jeder Kundenparkplatz der Tochterunternehmen Lidl und Kaufland mit mindestens einer Ladesäule ausgestattet werden soll.⁶ Sollten weitere Einzelhandelskonzerne ebenfalls ähnlichen Zielen folgen, ist auch in Thüringen von einem Anstieg des Anteils von Einzelhandelsunternehmen als Ladesäulenbetreiber auszugehen.

3.3 Tarifierung

Im Rahmen dieser Studie wurde des Weiteren betrachtet, wie die Tarifierung von Ladesäulenbetreibern in Thüringen gestaltet ist. Zu diesem Zweck wurde zunächst in Anlehnung an den Prognos Ladereport (2020) eine Einteilung von E-PKW-Haltern in drei Nutzerprofile eingeteilt (s. Tabelle 1).

⁶ Vgl. www.presseportal.de (2019), online

Nutzerprofil 1 (Fall 1) beschreibt dabei einen Gelegenheitslader an öffentlichen Ladesäulen, der sich durch eine geringere Jahresfahrleistung und einen geringen Anteil an öffentlichen Ladevorgängen auszeichnet und den E-PKW als Zweitwagen nutzt. Bei 7.500 km jährlicher Fahrleistung, 10 % Anteil an öffentlichen Ladevorgängen und den Verbrauchswerten des Referenzfahrzeugs ergibt sich eine Lademenge von etwa 152 kWh pro Jahr an öffentlichen Ladepunkten. 80 Prozent der benötigten Lademenge wird dabei an Normalladesäulen geladen.

Nutzerprofil 2 hingegen geht von einer Nutzung des E-Fahrzeugs als Erstwagen aus. Mit 15.000 km Jahresfahrleistung und 25 Prozent aller Ladevorgänge im öffentlichen Raum beträgt die Lademenge pro Jahr an öffentlichen Ladepunkten etwa 673 kWh bei den Verbrauchswerten des genannten Referenzfahrzeugs. Das Verhältnis von Normal- zu Schnellladevorgängen beträgt hierbei 60 Prozent zu 40 Prozent.

Mit 25.000 km jährlicher Fahrleistung beschreibt Nutzerprofil 3 das Fahrprofil eines Vielfahrers. Mit 40 Prozent finden verhältnismäßig viele Ladevorgänge an öffentlichen Ladepunkten statt, wovon in 80 Prozent aller Fälle an Schnellladesäulen geladen wird. In Summe und bei dem Referenz-Verbrauchswert von 25,8 kWh pro 100 km ist hier mit einer jährlichen Lademenge von 2.580 kWh zu rechnen.

Im Folgenden wurden anhand bekannter Tarife (Stand Juli 2020) von Thüringer Ladesäulenbetreibern die jährlichen Kosten für die beschriebenen Nutzerprofile ermittelt, um eine Übersicht über bestehende Tarife in Thüringen zu erhalten. Dabei wurde des Weiteren unterschieden, ob der Nutzer eine Ladekarte des jeweiligen Betreibers besitzt oder nicht, wobei die Kosten für diese in die Berechnungen miteingeflossen sind.

Betrachtet und vergleicht man die Kostenübersichten im Anhang (Anlage I und Anlage II) so ist eine große Spanne der jährlichen Kosten der drei beispielhaften Nutzerprofile festzustellen. In Einzelfällen deuten Nullwerte im Diagramm an, dass die Angebote zum Zeitpunkt der Erhebung entweder kostenfrei sind (Zeulenroda, Altenburg und Apfelstädt-Ohra) oder es fehlten Angaben, um eine Berechnung der Gesamtkosten durchzuführen. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn an Ladesäulen kein Schnellladen möglich ist oder keine Preisauskunft vorhanden ist. Die größten Preisdifferenzen sind vor allem für Nutzerprofil 3 erkennbar, welches durch die höchste Jahresfahrleistung charakterisiert wird.

Weiterhin ist auffällig, dass teilweise günstigere Tarife für Nutzer bestehen, insofern sie keine Ladekarte des jeweiligen Betreibers besitzen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass auch hier die Kostenspannen sehr unterschiedlich ausfallen. Während manche Anbieter kostenlos Ladekarten ausgeben, ist bei anderen eine einmalige Zahlung bzw. teilweise auch die Zahlung monatlicher Gebühren notwendig. Vor allem monatliche Zahlungen für Ladekarten machen sich dabei stark in der Kostenübersicht und vor allem bei den Nutzerprofilen 1 und 2 bemerkbar (vgl. Tabelle 1 und Tabelle 2).

Außerdem bleibt anzumerken, dass die Umstellung auf eine Abrechnung nach Verbrauch in Kilowattstunden nur von 8 der 31 betrachteten Betreiber umgesetzt wurde. Darüber hinaus rechnen die übrigen Betreiber pro Ladevorgang oder pro Zeiteinheit (pro Minute oder pro angefangener Stunde ab).

Einen Überblick über die minimalen, durchschnittlichen und maximalen Kosten der einzelnen Nutzerprofile zeigen die Tabelle 2 und die Tabelle 3.

	Nutzerprofil 1	Nutzerprofil 2	Nutzerprofil 3
Bezeichnung	Gelegenheitslader an öffentlichen Ladesäulen	Viellader an öffentlichen Ladesäulen	Sehr häufiges öffentliches Laden
Nutzung des E-Fahrzeugs	Zweitwagen	Erstwagen	Erstwagen
Fahrverhalten	<ul style="list-style-type: none"> • Lädt meistens zuhause und nur sporadisch unterwegs • Öffentliches Laden beim Einkaufen oder bei Fahrten in andere Städte • Fährt in der Regel kürzere Strecken 	<ul style="list-style-type: none"> • Lädt überwiegend zuhause oder beim Arbeitgeber • Ist aber auch mehrmals pro Monat auf Langstrecken unterwegs und lädt dann auch in anderen Städten 	<ul style="list-style-type: none"> • Lädt zuhause, beim Arbeitgeber und unterwegs • Lädt häufig an Autobahnen und in anderen Städten • Fährt regelmäßig Langstrecken
Jahresfahrleistung	7.500 km	15.000 km	25.000 km
Anteil öffentl. Laden	10 %	25 %	40 %
Verhältnis AC- zu DC-Ladevorgängen	80 % AC 20 % DC	60 % AC 40 % DC	20 % AC 80 % DC
Referenzfahrzeug	Renault Zoe Intens	Hyundai Kona	Audi e-tron 55 quattro
Referenzverbrauch	20,3 kWh / 100 km	19,5 kWh / 100 km	25,8 kWh / 100 km
Jahreslademenge an öffentlichen Ladestationen [kWh]	152	673	2.580

Tabelle 1: Überblick über die drei Nutzerprofile (Quelle: Prognos Ladereport, 2020)

Kosten mit Ladekarte			
Nutzerprofil	Kosten _{min,gesamt}	Kosten _{∅,gesamt}	Kosten _{max,gesamt}
1	43 €	91 €	226 €
2	208 €	326 €	592 €
3	352 €	738 €	1.421 €

Tabelle 2: Kostenübersicht mit Ladekarte des jeweiligen Betreibers (eigene Darstellung)

Kosten ohne Ladekarte			
Nutzerprofil	Kosten _{min,gesamt}	Kosten _{∅,gesamt}	Kosten _{max,gesamt}
1	43 €	65 €	140 €
2	213 €	328 €	731 €
3	352 €	764 €	1.445 €

Tabelle 3: Kostenübersicht (gerundet) ohne Ladekarte des jeweiligen Betreibers (eigene Darstellung)

Vergleicht man die Kostenzusammenstellung aus den Tabelle 2 und Tabelle 3 mit Tarifen deutschlandweiter Ladesäulenbetreiber (vgl. Bild 6) so ist erkennbar, dass sich die durchschnittlichen Kosten in Thüringen auf einem eher günstigen Preisniveau bewegen. Das trifft insbesondere für Nutzerprofil 3 (Viellader) zu.

Die Vielzahl an Tarifen und Abrechnungsmethoden führt zu einer gewissen Intransparenz für Verbraucher, welche einerseits potentiellen Nutzern den Umstieg auf batterieelektrische Fahrzeuge erschweren kann und andererseits die Nutzerfreundlichkeit für Nutzer von E-Fahrzeugen beschränkt. Daher ist in erster Linie eine Umstellung auf ein einheitliches Abrechnungssystem nach geladener Kilowattstunde notwendig. Dies ermöglicht den Kunden eine schnelle Übersicht über die jeweiligen Tarife und erleichtert diesem die Anbieterauswahl.

Weiterhin sollten Möglichkeiten geprüft werden, inwiefern eine Vereinheitlichung oder Anpassung von Tarifen in Thüringen geschaffen werden könnte, um die Preisspannen der einzelnen Tarife zu reduzieren. Um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben sollten die Tarife der jeweiligen Betreiber in Thüringen regelmäßig einem bundesweiten Vergleich unterzogen sowie unter Aspekten des wirtschaftlichen Betriebs geprüft werden und bei Bedarf angepasst werden.

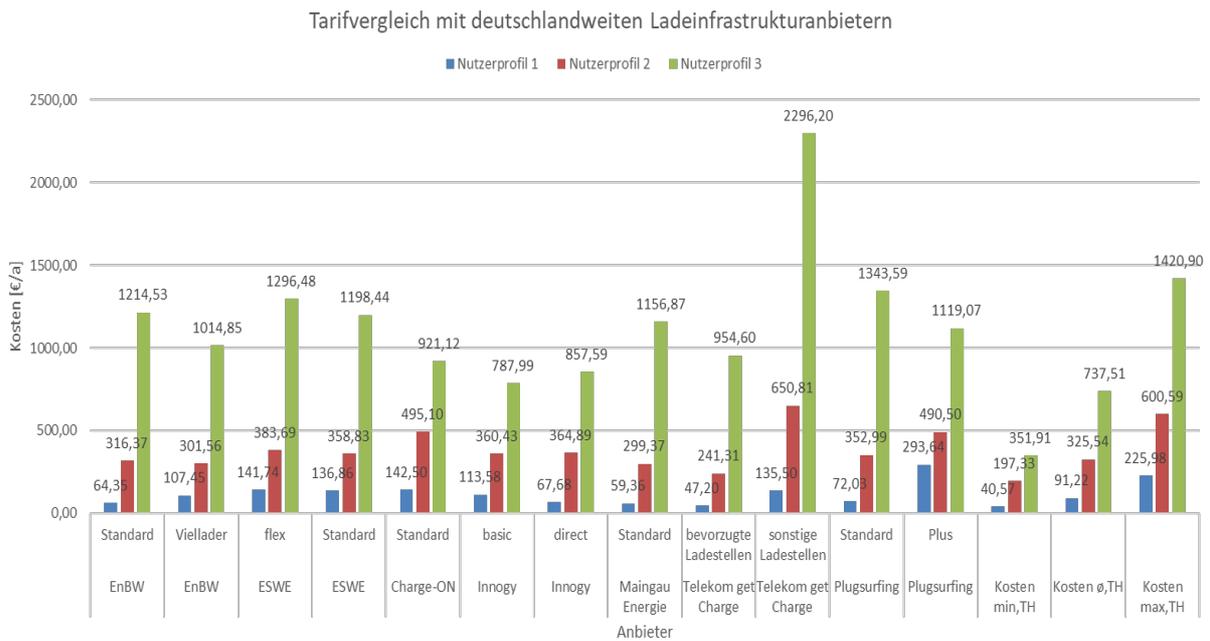


Bild 6: Kostenvergleich mit deutschlandweiten Ladesäulenbetreibern (eigene Darstellung)

3.4 Markthochlauf Elektro-Pkw bis 31.12.2020

Zu den Elektrofahrzeugen zählen nach Elektromobilitätsgesetz reine Batterieelektrofahrzeuge, von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge (Plug-in Hybrid) und Brennstoffzellenfahrzeuge. Mit fast 610.000 Elektro-Pkw im Bestand am 31.12.2020 (s. Bild 7) wurde die in 2009 verabschiedete avisierte Zahl von 1 Mio. des „Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität“ knapper verfehlt als man es vor wenigen Monaten noch vermuten konnte. Aufgrund der zahlreichen Anreiz- und Förderprogramme und allen voran durch den „Umweltbonus“ konnte deutschlandweit eine prozentuale Steigerung von 155% und in Thüringen von 160% gegenüber dem Vorjahr verzeichnet werden. Neben den Personenkraftwagen gibt es noch weitere Elektrofahrzeuge in Form von Lastkraftwagen, Bussen und Krafträdern. Nach Angaben des KBA waren am 30.9.2020 weitere 30.434 Elektro-Lkw, 614 Elektro-Busse und 14.625 Elektro-Krafträder in Deutschland amtlich registriert. In Thüringen waren das zum gleichen Zeitpunkt 195 Elektro-Lkw, 13 Elektro-Busse und 294 Elektro-Krafträder.

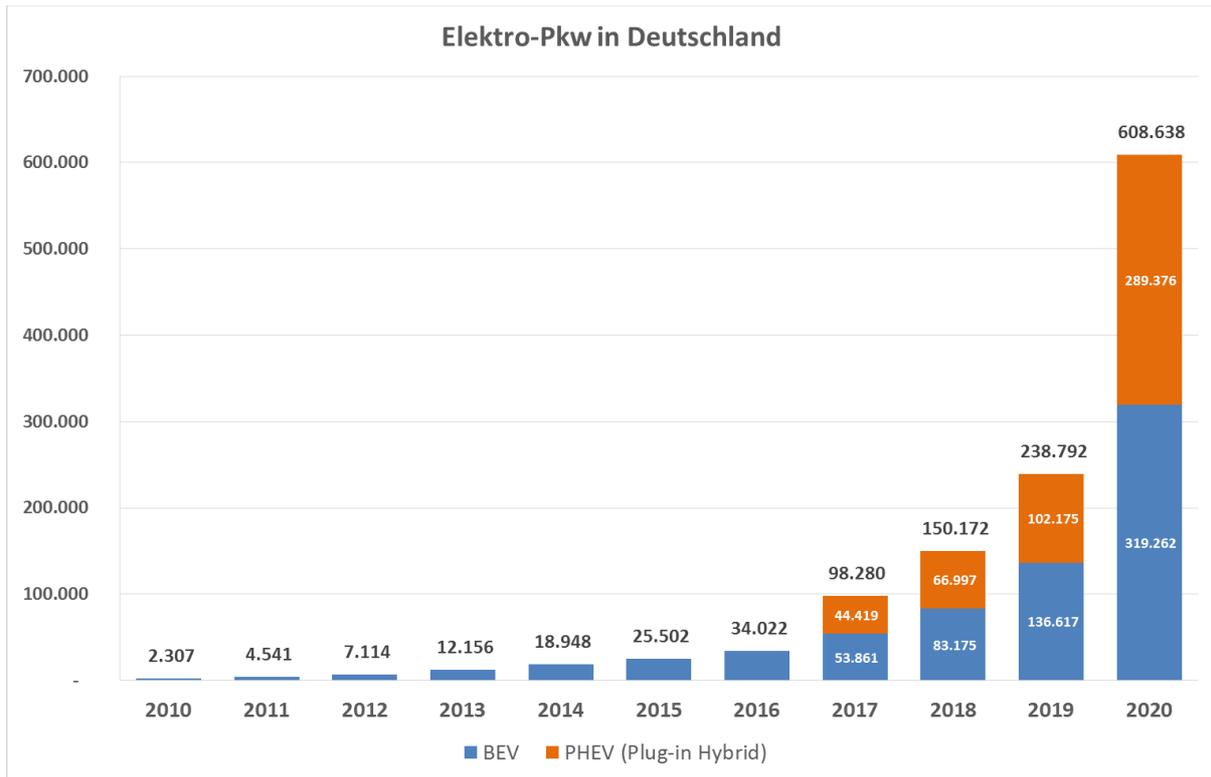


Bild 7: Entwicklung der Anzahl Elektro-Pkw in Deutschland von 2010 bis 2020 (Daten: KBA)

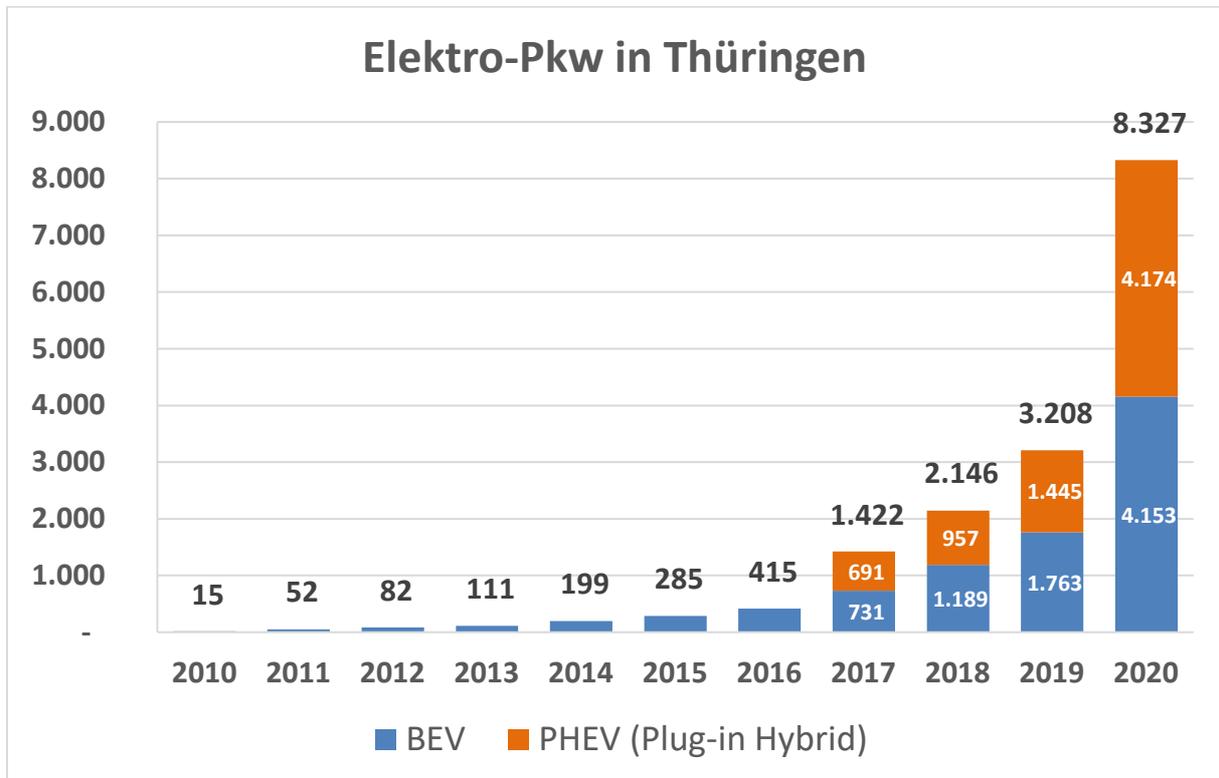


Bild 8: Entwicklung der Anzahl Elektro-Pkw in Thüringen von 2010 bis 2020 (Daten: KBA)

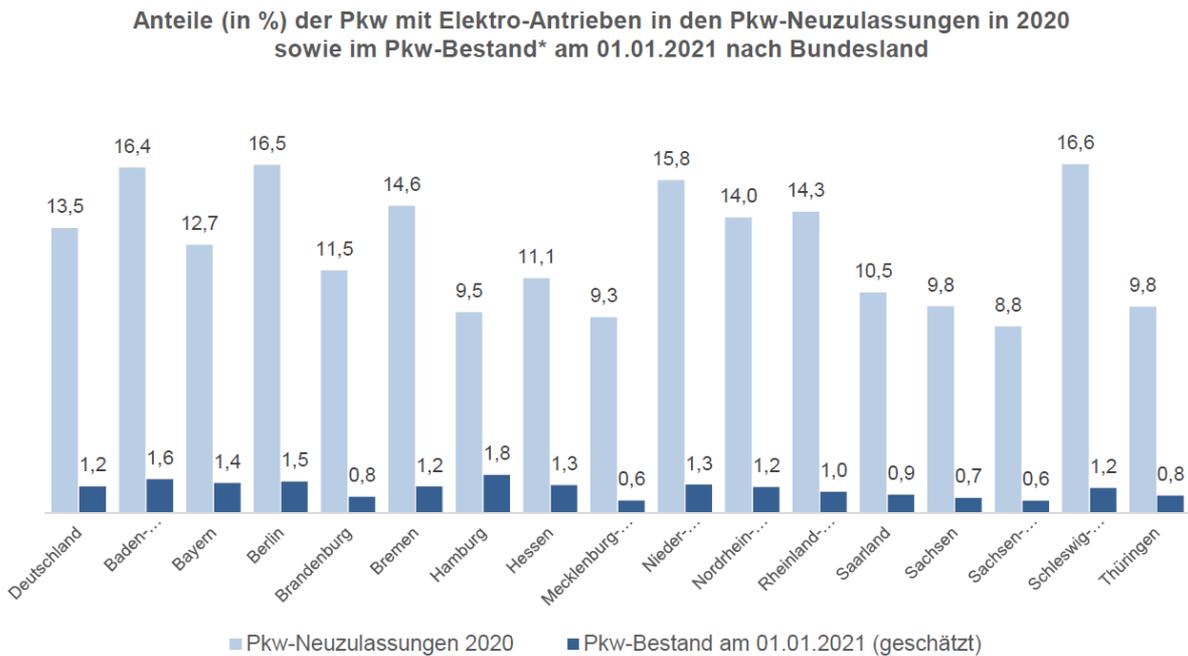


Bild 9: Neuzulassungen und Bestand von Elektro-Pkw nach Bundesländern (Quelle: KBA⁷)

Das Bild 9 veranschaulicht die Neuzulassungen und den Bestand an Elektrofahrzeugen je Bundesland zum 1.1.2021. Thüringen hat beim Pkw-Bestand einen Anteil von 0,8 Prozent Elektro-Pkw. Der Mittelwert in Deutschland liegt mit einem Anteil von 1,2 um 50 Prozent höher. Neben Thüringen haben auch Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern sowie das Saarland Anteile unter 1 Prozent.

3.5 Thüringen im bundesweiten Vergleich

Grundlage für die Auswertung des bundesweiten Vergleichs stellt in Bezug auf die Ermittlung der Anzahl der Ladepunkte das Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur⁸ (Stand: November 2020) dar. Für Thüringen wurden hierbei die Zahlen der vorangegangenen Ermittlung des Ladesäulenbestandes genutzt, da diese auf einer präziseren Datengrundlage beruhen. Die Anzahl der zugelassenen Elektrofahrzeuge wurde dem zentralen Register des Kraftfahrtbundesamtes⁹ (Stand: Oktober 2020) entnommen und durch die Zahlen an Neuzulassungen im Monat Oktober ergänzt¹⁰. Dabei ist zu bemerken, dass in den Darstellungen und den nachfolgenden Berechnungen neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen auch Plug-In-Hybride miteinbezogen wurden. Diese zählen nach dem Elektromobilitätsgesetz (EmoG) ebenfalls zu der Klasse der Elektrofahrzeuge und müssen dementsprechend berücksichtigt werden. Des Weiteren musste der Bestand an E-Fahrzeugen in Thüringen um 1500 reduziert werden, da 1500 Elektrofahrzeuge des in Berlin ansässigen E-Car-Sharing-Anbieters „WeShare“ zwar in Thüringen gemeldet sind, de facto jedoch nur in Berlin genutzt werden und daher im Rahmen dieser Studie nicht miteinbezogen werden.

⁷ KBA (2021)

⁸ Vgl. Liste der Ladesäulen, Bundesnetzagentur (05.11.2020), online

⁹ Vgl. FZ27, Kraftfahrtbundesamt (10/2020), online

¹⁰ Vgl. FZ8, Kraftfahrtbundesamt (10/2020), online

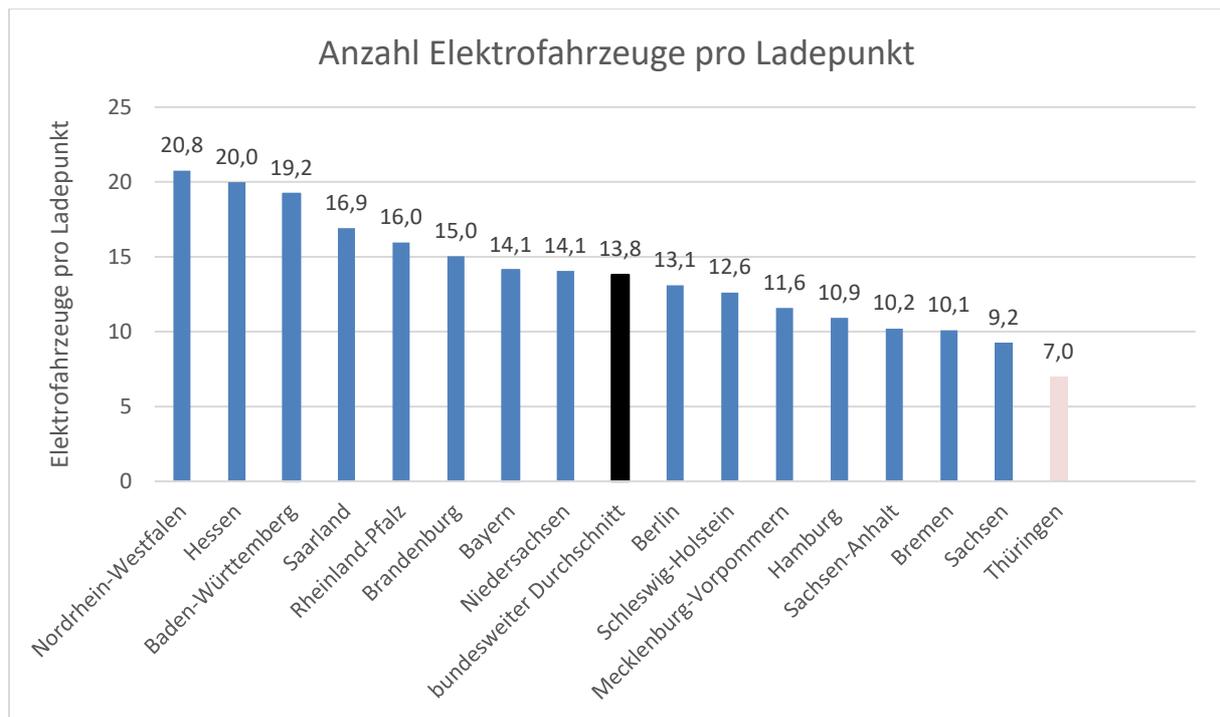


Bild 10: Bundesweiter Vergleich der Anzahl von Elektrofahrzeugen pro Ladepunkt (eigene Darstellung)

Aus den oben genannten Daten wurde zunächst die Anzahl der Elektrofahrzeuge pro Ladepunkt ermittelt (siehe Bild 10). Diesbezüglich weist Thüringen im bundesweiten Vergleich mit 7,0 E-Fahrzeugen pro Ladepunkt das aus Nutzersicht beste Verhältnis an Elektrofahrzeugen je Ladepunkt auf. In Bezug auf die Richtlinie 2014/94/EU Absatz 23¹¹ der Europäischen Union, welche ein Verhältnis von 10 E-Fahrzeugen pro Ladepunkt empfiehlt, können somit etwa doppelt so viele Ladepunkte in Thüringen im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt sowie zu den Empfehlungen der EU vorgewiesen werden. Bezieht man diesen Wert auf die Übersicht des Bestandes an Ladesäulen (siehe Bild 3) so ist ersichtlich, dass in Thüringen in den vergangenen Jahren ein positiv zu beurteilender Ladeinfrastrukturausbau in Bezug auf Quantität und Flächendeckung vorangetrieben wurde. Bestärkt wird dies ebenfalls durch Bild 11, welche die Anzahl der Ladepunkte pro eine Millionen Einwohner widerspiegelt. Im bundesweiten Vergleich kann Thüringen dabei den dritthöchsten Wert vorweisen. Als Grundlage der statistischen Daten über die Bevölkerungszahlen wurden die Daten des Bevölkerungsstandes nach Bundesländern (Stand: 31.12.2019) des Statistischen Bundesamtes verwendet.

¹¹ Vgl. Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates (2014), online

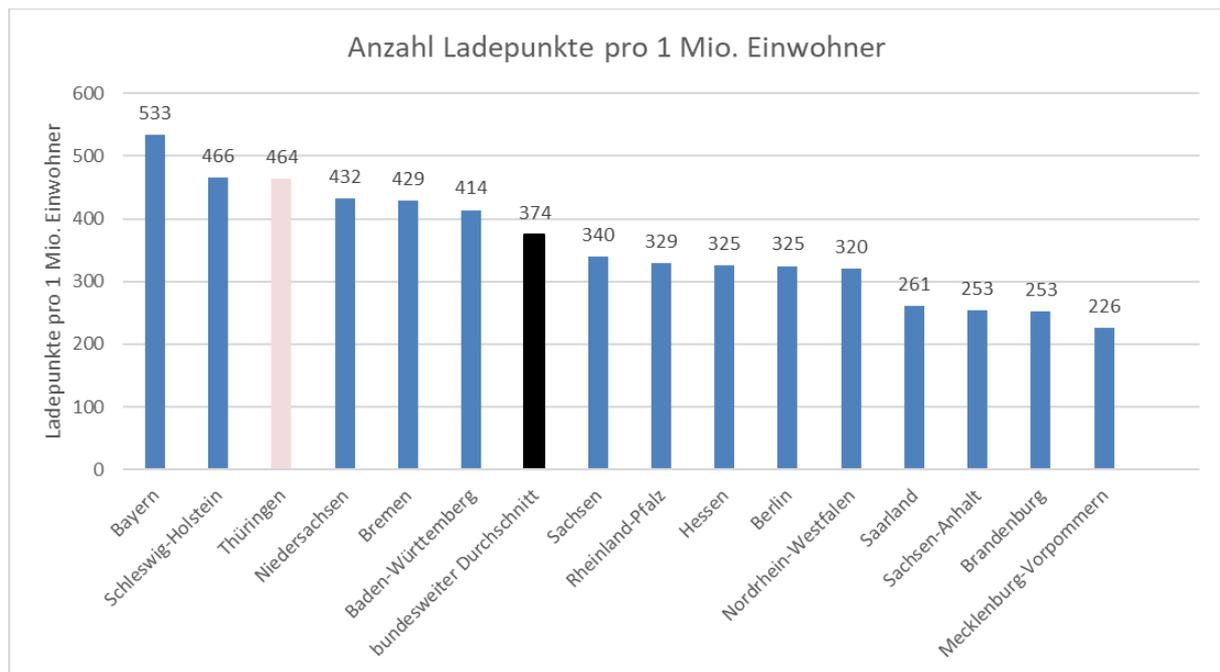


Bild 11: Bundesweiter Vergleich der Anzahl von Ladepunkten pro 1 Mio. Einwohner (eigene Darstellung)

Die oben genannten Zahlen und Vergleichswerte verdeutlichen, dass der aktuelle Stand des Ladeinfrastrukturausbaus in Thüringen eine gute Grundlage für den kommenden Markthochlauf des Elektromobilitätssektors darstellt und eine Grundversorgung an Ladeinfrastruktur in Thüringen sichergestellt ist.

3.6 Expertenbefragungen zum Status quo der Elektromobilität in anderen Bundesländern

Neben der Bestandsaufnahme der aktuellen Situation des Ladeinfrastrukturausbaus in Thüringen wurden zusätzlich Experteninterviews für die Beurteilung eines bundesweiten Vergleichs durchgeführt. Dazu wurden Expertinnen und Experten aus acht verschiedenen Bundesländern auf Grundlage eines vorab verschickten Kurzfragebogens interviewt. Ziel der Befragung war es einerseits, eine kurze Bestandsaufnahme der Situation in Bezug auf den Ladeinfrastrukturausbau sowie der landeseigenen Förderprogramme in den jeweiligen Bundesländern zu erhalten. Andererseits wurden Einschätzungen und Prognosen bezüglich der zukünftigen Entwicklung abgefragt, um diese mit bereits vorhandener Expertise abzugleichen und mögliche Handlungsansätze abzuleiten.

Die Expertinnen und Experten wurden zu folgenden Themen befragt:

- A. Einschätzung des aktuellen Standes der Marktphase der Elektromobilitätsbranche sowie die Entwicklung von Verkaufszahlen von BEVs und PHEVs sowie Entwicklung der Ladeinfrastruktur in den kommenden 10 Jahren
- B. Bewertung bundes- und landesweiter Förderprogramme
- C. Stand der öffentlichen Ladeinfrastruktur im jeweiligen Bundesland sowie Definition von Problemen in Bezug auf diese und Lösungsansätze
- D. zukünftige Rolle von Wasserstofftechnologie im Mobilitätssektor

Aus der Befragung konnten folgende Kernaussagen abgeleitet werden:

A. Einschätzung des aktuellen Standes der Marktphase der Elektromobilitätsbranche und zukünftige Entwicklung

- Die Nachfrage nach E-Fahrzeugen ist aktuell größer als das vorhandene Angebot
- Das Grundgerüst an öffentlicher Ladeinfrastruktur ist vorhanden
- Es wird ein starker Anstieg der Zulassungszahlen von BEVs und PHEVs in den kommenden Jahren erwartet
- Ebenfalls wird von einem starken Anstieg des Anteils von halböffentlicher Ladeinfrastruktur (beispielsweise durch Einzelhandelsunternehmen) in den kommenden Jahren ausgegangen
- Die Verteilung von Ladevorgängen im öffentlich-zugänglichen und privaten Bereich wird sich auch zukünftig wenig verändern, der Großteil der Ladevorgänge wird folglich auch in den kommenden Jahren im privaten Bereich stattfinden

Den genannten Thesen entsprechend wird davon ausgegangen, dass die Grundlage für einen umfassenden Marktdurchbruch von E-Fahrzeugen vorhanden ist und in den kommenden Jahren mit einem verstärkten Zuwachs an E-Fahrzeugen im Bestand zu rechnen ist. Eine damit einhergehende Anpassung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur mit stärkerem Fokus auf einen bedarfsgerechten Ausbau ist dementsprechend notwendig. Große Potentiale bieten des Weiteren der Ausbau der halböffentlichen Ladeinfrastruktur in Bezug auf eine effizientere Flächennutzung sowie der weiterhin steigende Markt für Energieversorger vor allem auch im Bereich der Bereitstellung von privater Ladeinfrastruktur.

B. Bewertung der bundes- und landesweiten Förderprogramme

- Die Kaufprämie für E-Fahrzeuge wird als guter Anreiz zum Umstieg auf elektrisch betriebene Fahrzeuge bewertet
- Defizite stellen vor allem bürokratische Hürden und die kurzen Laufzeiten der Förderaufträge dar
- Zukünftig sollte die Förderung von PHEVs kritischer betrachtet werden, da diese lediglich als Übergangstechnologie gesehen werden
- Die Kaufprämie für private Wallboxen wird ebenfalls als sinnvolles Förderinstrument angesehen
- Landesweite Förderprogramme zielen vor allem auf Unterstützung des Ladeinfrastrukturausbaus, den Umstieg von Fuhrparks auf elektrische Antriebe sowie Informations- und Beratungsangebote ab

Zukünftig sollten bundesweite Förderprogramme aus Sicht der Expertinnen und Experten leichter zugänglich gemacht werden, um die Effizienz der einzelnen Förderungen zu erhöhen und noch größere Anreize für einen Umstieg auf Elektrofahrzeuge zu schaffen.

C. Probleme und Lösungsansätze in Bezug auf öffentliche Ladeinfrastruktur:

- Der Betrieb von Ladesäulen ist momentan in den meisten Fällen noch nicht wirtschaftlich möglich
Lösungsansatz: momentan kein allgemeiner Lösungsansatz vorhanden, bei steigenden Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen wird jedoch in Zukunft auch die Auslastung von Ladepunkten und damit auch der erzielte Umsatz steigen.
- Die Nutzungsmodalitäten der Ladesäulen sind vielerorts nicht auf den Kunden ausgerichtet und daher wenig nutzerfreundlich

Lösungsansätze: größere Transparenz und Vereinheitlichung, beispielsweise in Bezug auf die Bepreisung und die Bezahlmethode an der Ladesäule.

- Der flächendeckende Ladeinfrastrukturausbau ist vor allem in den Flächenbundesländern in Bezug auf weniger attraktive Standorte problematisch

Lösungsansätze: Definition der Attraktivität von möglichen Ladestandorten und selektive oder gekoppelte Förderung von weniger attraktiven Standorten

- Die Deckung des Bedarfs an öffentlicher Ladeinfrastruktur in urbanen, dicht besiedelten Räumen bei einer fehlenden privaten Lademöglichkeit

Lösungsansätze: Bereitstellen von Schnell- und Normallade-Hubs sowie eine Umsetzung von Quartierslösungen

D. zukünftige Rolle von Wasserstofftechnologie im Mobilitätssektor

- Die Brennstoffzelle wird sich in den kommenden Jahren im Individualverkehr vermutlich nicht gegen den batterieelektrischen Antrieb von Fahrzeugen durchsetzen können
- Großes Potential bietet die Antriebstechnologie jedoch im Fernlastverkehr
- Ebenso sind Anwendungen im Schiffs-, Schienen- und Luftverkehr sowohl für Güter- als auch für Personenverkehr) denkbar

In Anbetracht des Forschungsvorsprungs, der Antriebseffizienz und der weiterhin steigenden Reichweiten von batterieelektrischen Fahrzeugen waren sich die Expertinnen und Experten einig, dass sich die Wasserstofftechnologie in Form des Brennstoffzellenantriebs im Individualverkehr durchsetzen wird. In den einzelnen Bundesländern existieren jedoch bereits einige Pilotprojekte, die weitere Anwendungsmöglichkeiten von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen erforscht.

3.7 Nutzerfreundlichkeit bei Ausstattung und Zugang von Ladepunkten

Wie die Bestandsaufnahme der Situation von öffentlicher Ladeinfrastruktur zeigt, ist der Grundstein für den weiteren Marktdurchbruch der Elektromobilität vorhanden. Um diesen voranzutreiben wird es in Zukunft von großer Bedeutung sein, die sogenannte „User Experience“ für die Nutzer von öffentlicher Ladeinfrastruktur zu verbessern. Für den weiteren Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in Thüringen sollten daher zukünftig auch verstärkt Aspekte der Nutzerfreundlichkeit bei der Ausstattung und dem barrierefreien Zugang mitberücksichtigt werden. Im Folgenden sollen daher generelle Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Dafür wurde einerseits die EV Driver Survey¹² der New Motion B.V. herangezogen, bei der 4.492 Fahrer*innen von Elektrofahrzeugen hinsichtlich des Themas „Fahren mit Elektroantrieb“ befragt wurden. Diese wird ergänzt durch das Thesenpapier „Einfach Laden“¹³ der Nationalen Leitstelle für Ladeinfrastruktur, welche vor allem Vorschläge für die User Experience der Zukunft liefert.

Die Bedeutung der User Experience wird in der EV Driver Survey sehr schnell deutlich: so gaben 35 Prozent der Befragten an, dass der Hauptgrund, warum sie sich für einen bestimmten Ladestationsanbieter entschieden haben, die Benutzerfreundlichkeit des Angebotes darstellt (vgl. Bild 12).

¹² The New Motion B.V. (2020)

¹³ Nationale Leitstelle für Ladeinfrastruktur (2020)



Bild 12: Hauptgründe bei der Entscheidung für einen Ladestationsanbieter
 (Quelle: EV Driver Survey 2020, eigene Darstellung)

Diese gilt demnach als wichtigster Faktor bei der Wahl des Ladestationsanbieters noch vor technischen Spezifikationen der Hardware wie beispielsweise die Ladeleistung sowie die anfallenden Kosten für die Dienste.

Ein weiteres wichtiges Thema für Ladestationsbetreiber die Bereitstellung einer nutzerorientierten Ladekarte. So ergab eine Umfrage innerhalb der EV Driver Survey, dass mit 45 Prozent knapp die Hälfte aller Befragten zwischen 2 und 4 Ladekarten besitzen (vgl. Bild 13).

Wie viele Ladekarten besitzen Sie?

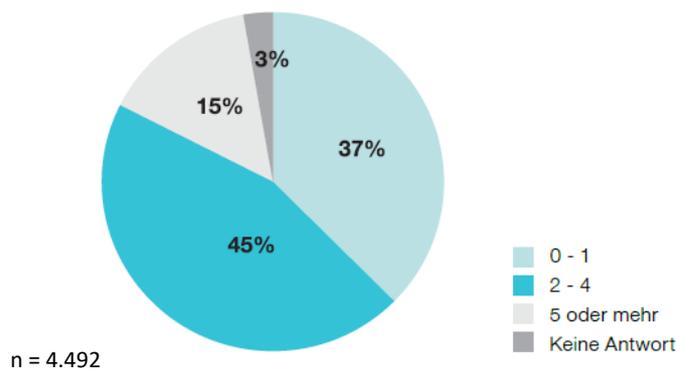


Bild 13: Anzahl verschiedener Ladekarten im Besitz von E-Pkw-Nutzern (Quelle: EV Driver Survey 2020)

Daraus ist zu folgern, dass derzeit viele Anbieter von Ladestationen die Bedürfnisse der Kunden hinsichtlich verschiedener Parameter nicht ausreichend erfüllen können, sodass diese auf Ladekarten anderer Anbieter zurückgreifen. Hierbei werden vor allem die Höhe der Gebühren (41 Prozent) sowie

die Netzdichte (38 Prozent) als ausschlaggebendes Kriterium für die bevorzugte Verwendung einer bestimmten Ladekarte genannt.

Wie bereits im Unterkapitel „Tarifizierung“ angesprochen, gestaltet sich die aktuelle Situation hinsichtlich der Ladekosten als sehr inhomogen und teilweise wenig transparent. Diesen Aspekt bestätigt auch die EV Driver Survey, wie in Bild 14 zu erkennen ist. Demnach gaben 31 Prozent der Befragten an, dass sie vor Beginn des Ladevorgangs nicht wissen, was der Ladevorgang letztendlich kosten wird. 19 Prozent erlebten demnach sogar, dass der tatsächlich zu zahlende Preis von dem angezeigten Preis abgewichen ist.

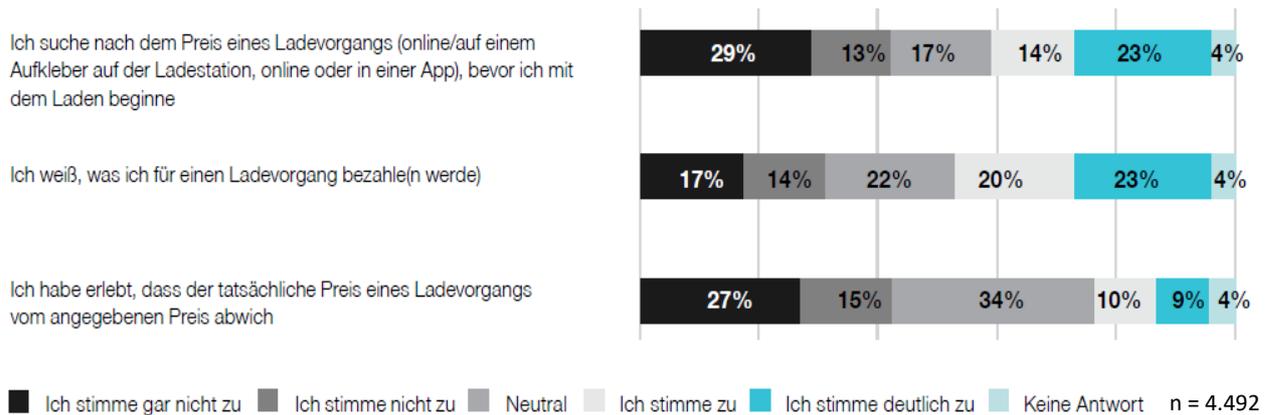


Bild 14: Nutzererfahrung bei der Bepreisung von Ladevorgängen (Quelle: EV Driver Survey)

Aus den oben genannten Punkten sowie Lösungsansätzen des Thesenpapiers „Einfach Laden“ der Nationalen Leitstelle für Ladeinfrastruktur werden daher folgende Verbesserungsansätze der zukünftigen User Experience festgehalten:

- Die Schaffung einheitlicher Standards für Tarifizierung und Bedienung
- Möglichkeiten der Reservierung und Anzeige des Belegungsstatus von Ladepunkten per App
- Verbesserte Verfügbarkeit von Informationen über den Ladestandort für Nutzer*innen
- Verfügbarkeit von Echtzeitdaten für Nutzer*innen (z. B. den Status des Ladevorgangs)
- Vereinfachte und transparentere Bezahlprozesse sowie Wahlmöglichkeiten bei der Zahlungsmöglichkeit (z.B. kontaktloses Zahlen)
- Eventuell Angebote vor Ort schaffen, um Wartezeiten zu überbrücken

4 Ladeinfrastrukturausbau in Thüringen

4.1 Zielstellung und Methodik

Auf Basis der ersten LISS Studie wurde in den letzten Jahren (2016-2020) in Thüringen ein flächendeckendes Netz von öffentlicher Ladeinfrastruktur aufgebaut (vgl. Kapitel 3.1). Eine zentrale Zielstellung seinerzeit war, im Jahr 2020 mindestens 820 Ladepunkte (entspricht 410 Ladesäulen) rund um die Uhr verfügbar zu haben und die den von der EU geforderten Vorgaben des Steckertyps entsprechen. Dieses Ziel wurde 2020 unter maßgeblicher Beteiligung der Thüringer Energie AG und aller 31 regionalen Energieversorger Thüringens erreicht. Dank der guten Zusammenarbeit in der Sache konnte man sich zudem auf eine einheitliche Ladetechnik und ein einheitliches Zugangs- und Abrechnungssystem einigen. Der Dienstleister Smartlab GmbH mit Hauptsitz in Aachen fungiert als EMP¹⁴ und liefert die entsprechende Technik für die Tarifierung und Abrechnung. Smartlab ist auch der Betreiber des Netzwerks "ladenetz.de" und betreut zahlreiche Ladestationen von kommunalen Energieversorgern im gesamten Bundesgebiet. Mit Stand August 2020 haben sich 221 Stadtwerke dem Verbund angeschlossen, die gemeinsam 8.430 Ladepunkte besitzen.

Der weitere Ausbau wird sich daher vor allem an bedarfsgerechten Kriterien orientieren müssen. Dazu zählen besonders die Anzahl der Elektrofahrzeuge und die Verfügbarkeit von privaten Lademöglichkeiten. Der jetzt eingesetzte Markthochlauf wird vor allem von Käufern geprägt, die eine private Lademöglichkeit haben. In den kommenden Jahren werden aber auch vermehrt Haushalte ohne private Lademöglichkeit Elektrofahrzeuge anschaffen, die dann auf öffentlich zugängliche Ladesäulen angewiesen sind.

Wie bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, ist der flächendeckende Ausbau von Ladeinfrastruktur in Thüringen abgedeckt. Der weitere Ausbau wird sich daher vor allem an bedarfsgerechten Kriterien orientieren müssen. Um diesen zukünftigen Bedarf zu prognostizieren, wurde eine eigene Methodik zur Ermittlung des zukünftigen Bedarfs an wirtschaftlicher Ladeinfrastruktur je Landkreis und kreisfreie Stadt entwickelt.

¹⁴ E-Mobility Provider (EMP)

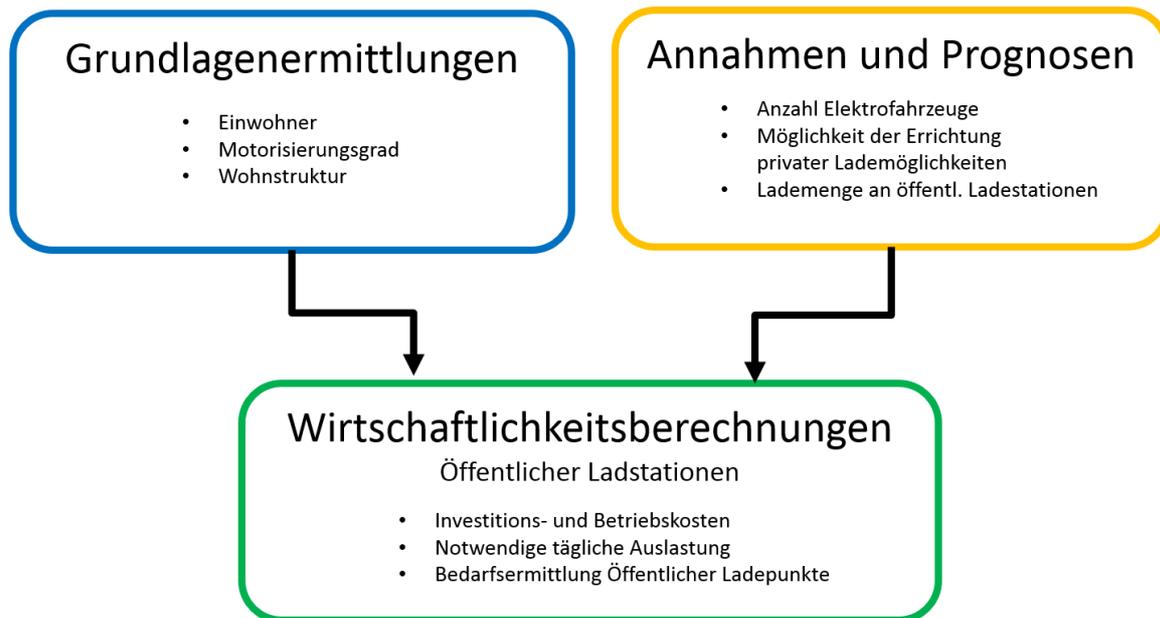


Bild 15: Methodik zur Ermittlung des zukünftigen Bedarfs an wirtschaftlicher Ladeinfrastruktur je Landkreis und kreisfreie Stadt

Die Methodik beruht auf drei Bausteinen:

1. **Grundlagenermittlungen** von drei Kennwerten auf Kreisebene und kreisfreie Städte: Einwohnerzahl, Motorisierungsgrad und Wohnstruktur
2. Annahmen und **Prognosen** in Bezug auf Elektrofahrzeuge in 2030, Möglichkeit der Errichtung privater Lademöglichkeiten und Jahres-Lademenge an öffentlichen Ladestationen
3. **Wirtschaftlichkeitsberechnungen** öffentlicher Ladepunkte mit der notwendigen täglichen Lademenge und Ermittlung der notwendigen Anzahl von Ladepunkten

4.2 Grundlagenermittlungen für alle Zulassungsbezirke Thüringens

4.2.1 Bestand an Pkw und Elektrofahrzeugen

Das Kraftfahrtbundesamt stellt den Bestand an Kraftfahrzeugen nach Zulassungsbezirken einmal jährlich unter der Produktbezeichnung FZ 1 zusammen und veröffentlicht diese Daten im April des Folgejahres. In der Tabelle „FZ 1.2 Personenkraftwagen“ sind alle Pkw nach Kraftstoffart gelistet und somit die Anzahl an BEV und PHEV je Zulassungsbezirk zum Stand 1.1.2020 bekannt.

Dazu ein wichtiger Hinweis zur amtlichen KBA-Statistik: In 2019 startete die VW-Tochter WeShare in Berlin ein Elektro-Carsharing Angebot mit 1.500 Elektrofahrzeugen vom Typ e-Golf (s. Bild 16). Als Marketing-Maßnahme wurden alle Fahrzeuge in Weimar gemeldet und mit den amtlichen Kennzeichen „WE“ und dem Buchstagen „S“ als Anfang der Erkennungsnummer des Kennzeichens ausgestattet. So lässt sich mit dem Kürzel „WE-S“ der Anbieter WeShare assoziieren. Da diese Fahrzeuge aber faktisch nicht in Thüringen unterwegs sind, wurde diese Anzahl bei allen Bestandsdaten zu BEV ab 2019 in Thüringen im Rahmen dieser Studie abgezogen.

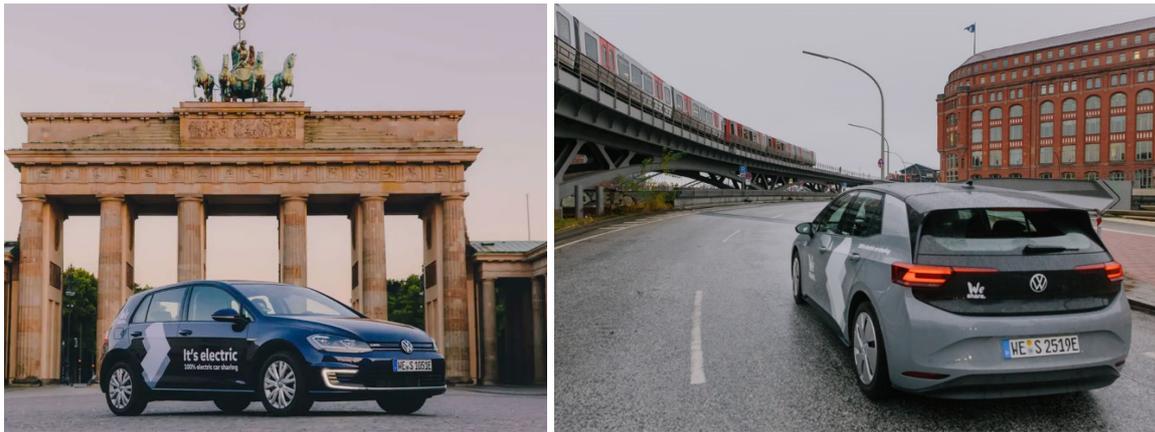


Bild 16: E-Golf als Berliner Carsharing Fahrzeug des Anbieters WeShare in Berlin und Hamburg mit amtlichem Kennzeichen „WE“ für Weimar

Die Tabelle 4 zeigt den Bestand an Pkw und Elektro-Pkw in Thüringer Zulassungsbezirken zum 1.1.2020. Wie zuvor erklärt, wurde für Weimar die „amtliche“ Zahl von 1.552 auf 52 korrigiert, um den tatsächlichen Bestand darzustellen.

Mit Start am 25.2.2021 bietet WeShare jetzt auch ihr Carsharing-Angebot in Hamburg mit zunächst 400 Elektrofahrzeugen an. Ab April sollen es dann bis zu 800 Fahrzeuge des Typs VW ID.3 werden, die dann mit dem amtlichen Kennzeichen von Weimar (WE) ausschließlich in Hamburg gefahren werden. Auch diese Neuzulassungen müssten dann in späteren Fortschreibungen der Studie von den amtlichen Zahlen des KBA für Weimar bzw. Thüringen abgezogen werden.

4.2.2 Wohnstruktur

Wie in Kapitel 3.1 bereits erwähnt, sind die Möglichkeiten eine private Ladestation einzurichten insbesondere bei großen Wohnanlagen mit zahlreichen Mietern oder in zentralen urbanen Räumen nicht immer gegeben. Um herauszubekommen, welche Haushalte private Lademöglichkeiten einrichten können und welche auf öffentliche Lademöglichkeiten angewiesen sind, werden die Anzahl der Wohneinheiten je Wohngebäude ausgewertet. Das Thüringer Landesamt für Statistik gibt jährlich den Bestand an Wohnungen an und ordnet sie in Gebäuden mit einer Wohnung, 2 Wohnungen oder 3 und mehr Wohnungen aus. Diese Daten werden für alle Kreise und kreisfreien Städte angeboten (vgl. Anlage IV).

In dieser Studie wird angenommen, dass 80 Prozent aller Ein- und Zweifamilienhäuser in Thüringen die Möglichkeit haben, einen privaten Ladeanschluss einzurichten. In Zulassungsbezirken, die einen Quotienten der durchschnittlichen Anzahl an Wohneinheiten je Mehrfamiliengebäude (ab 3 Wohneinheiten) über 7 haben, wird angenommen, dass nur 30 Prozent der Haushalte einen entsprechenden Anschluss einrichten können - bei den Zulassungsbezirken mit einem Quotienten unter 7 sind es 50 Prozent aller Haushalte. Der Quotient je Zulassungsbezirk kann in Anlage IV abgelesen werden.

Mit diesen Annahmen können die jeweiligen Anteile der Wohnungen bestimmt werden, die einen Privatanschluss zum Laden einrichten könnten oder auf öffentliche Ladepunkte ausweichen müssen (vgl. Anlage V). Auf ganz Thüringen bezogen könnten 40 Prozent der Wohnungen keine private Ladeinfrastruktur einrichten und wären auf öffentliche Lademöglichkeiten oder ggf. beim Arbeitgeber angewiesen. In den einzelnen Kreisen sind diese Verhältnisse unterschiedlich ausgeprägt.

Zum Stichtag 1.1.2021 sind 0,8 Prozent der knapp 1,2 Mio. Thüringer Pkw Elektrofahrzeuge. Nach den Prognosen für 2030 (s. Kapitel 4.3) werden es dann 10 Prozent sein. Die Zahl der Wohnungen entspricht mit 1,15 Mio. Wohnungen fast der Anzahl der Pkw und somit besitzt statistisch im Schnitt jeder Haushalt einen Pkw (vgl. Anlage III).

	Insgesamt	darunter Elektro (BEV)	darunter Plug-in- Hybrid	Summe E-Pkw	Anteil E- Pkw in Thüringen
ERFURT, STADT	97.312	260	228	488	15%
GERA, STADT	45.799	47	48	95	3%
JENA, STADT	45.189	102	93	195	6%
SUHL, STADT	20.359	15	21	36	1%
WEIMAR, STADT	30.935	52	62	114	4%
EISENACH, STADT	21.363	35	32	67	2%
EICHSFELD	60.128	63	76	139	4%
NORDHAUSEN	47.162	71	52	123	4%
WARTBURGKREIS	73.921	91	67	158	5%
UNSTRUT-HAINICH-KREIS	56.778	69	88	157	5%
KYFFHAEUSERKREIS	44.390	33	27	60	2%
SCHMALKALDEN-MEININGEN	76.140	102	73	175	5%
GOTHA	76.123	195	83	278	9%
SOEMMERDA	40.379	43	42	85	3%
HILDBURGHAUSEN	39.320	30	22	52	2%
ILM-KREIS	58.807	171	59	230	7%
WEIMARER-LAND	48.353	74	64	138	4%
SONNEBERG	34.957	42	36	78	2%
SAALFELD-RUDOLSTADT	60.346	58	62	120	4%
SAALE-HOLZLANDKREIS	49.469	59	84	143	4%
SAALE-ORLA-KREIS	50.471	48	42	90	3%
GREIZ	60.296	47	50	97	3%
ALTENBURGER LAND	51.419	56	34	90	3%
	1.189.416	1.763	1.445	3.208	100%

Tabelle 4: Bestand an Pkw und Elektro-Pkw in Thüringer Zulassungsbezirken zum 1.1.2020 (Quelle: KBA)

4.3 Prognose Elektro-Pkw 2030 in Thüringen

Die Abschätzung der Elektro-Pkw im Bestand bis zum Jahr 2030 haben verschiedene Studien in den letzten Monaten thematisiert. Drei von ihnen soll hier kurz erwähnt werden. Die Prognos AG hat zusammen mit der Boston Consulting Group (BCG) 2019 für den Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) untersucht, wie das Klimaschutzziel der Bundesregierung 2030 für den Verkehrssektor zu erreichen ist. Als größten Hebel zur Senkung der CO₂-Emissionen wurde in der Studie die Elektrifizierung der Pkw-Flotte identifiziert. In dem „Klimaschutzszenario“ der Studie steigt der Bestand an elektrischen Pkw (BEV und PHEV) auf neun Millionen Fahrzeuge an (vgl. Bild 18).

Einem Bericht der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität vom April 2020 zu Folge, liegt der Zielkorridor für Deutschland in 2030 zwischen 7 und 10,5 Mio. Elektro-Pkw im Bestand. Der Bericht befasste sich mit einer bedarfsgerechten und wirtschaftlichen öffentlichen Ladeinfrastruktur.

In einer Ende 2020 veröffentlichten Studie¹⁵ der Reiner Lemoine Institut gGmbH im Auftrag der NOW GmbH und finanziert durch das BMVI erwarten die Autoren 2030 bis zu 14,8 Mio. elektrischen Pkw, wovon 65 Prozent (9,6 Mio.) batterieelektrische Fahrzeuge und 35 Prozent Plug-In-Hybridfahrzeuge sind (s. Bild 17). Diese Werte wurden anhand von Cleanroom-Gesprächen mit den in Deutschland aktiven Automobilherstellern ermittelt und als Median dokumentiert. Der Median beschreibt in der Statistik den zentralen (mittleren) Wert einer Stichprobenliste und ist nicht der Mittelwert. In Bild 17 sind auch die Schätzungen des Verbandes der deutschen Automobilindustrie (VDA) aufgeführt, die sehr nah an den Zahlen des BDI-Klimaschutzszenarios herankommen. Die verschiedenen Studien verdeutlichen, dass der Markthochlauf bis 2030 mit Unsicherheiten verbunden ist und deshalb die Prognoseschätzungen in regelmäßigen Abständen überprüft und angepasst werden müssen.

In den zurückliegenden Jahren hat sich gezeigt, dass in Thüringen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt deutlich weniger BEV Pkw angeschafft wurden. Mit Stand 01.01.2021 waren in Thüringen 8.327 BEV Pkw registriert. Das waren 1,3% der in Deutschland insgesamt gemeldeten 317.762 BEV Pkw.

Als Prognosegrundlage für die zukünftigen Zulassungszahlen an Elektrofahrzeugen in Deutschland wurde hierfür die Prognose des Bundesverbandes für deutsche Industrie (BDI) genutzt (siehe Bild 18). Der Bestand an Elektrofahrzeugen wird demnach bis 2025 auf etwa 2,8 Mio. Fahrzeuge ansteigen und im Jahr 2030 einen Wert von etwa 9 Mio. Fahrzeugen erreichen. Auf Basis dieser Daten sowie aktualisierten Daten des Kraftfahrtbundesamtes wurde eine angepasste Prognose erstellt (siehe Bild 19), die die aktuellen Bestandszahlen bis einschließlich Dezember 2020 mitberücksichtigt.

Antriebstechnologie	Bezug zu Ergebnissen	2025	2030
PHEV	Spannbreite	2,2 bis 3,7 Mio.	4,4 bis 9,9 Mio.
	Median	2,4 Mio.	5,2 Mio.
	VDA	0,9 Mio.	3,3 Mio.
BEV	Spannbreite	2,8 bis 4,8 Mio.	7,9 bis 19,4 Mio.
	Median	3,1 Mio.	9,6 Mio.
	VDA	1,8 Mio.	7,2 Mio.

Bild 17: Gegenüberstellung des prognostizierten Bestands an E-Fahrzeugen im Jahre 2025/2030 (Quelle: NOW 2020)

¹⁵ NOW (2020), Ladeinfrastruktur nach 2025/2030

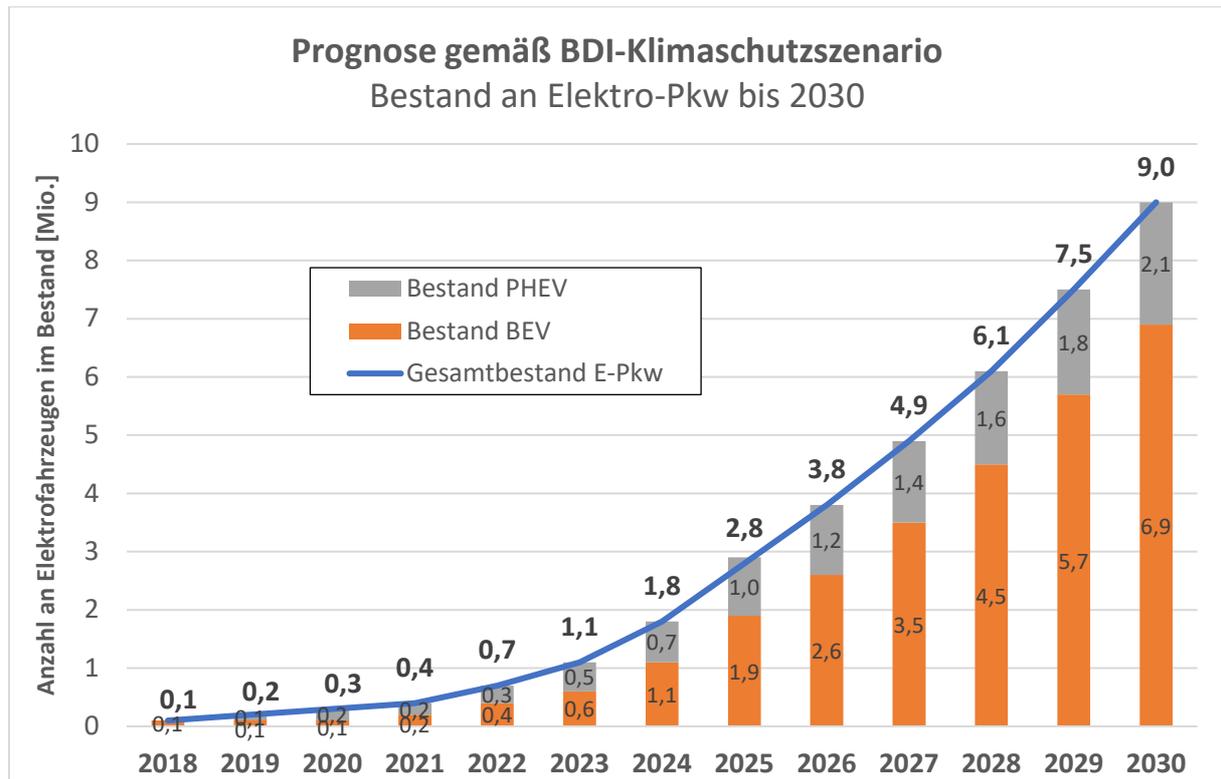


Bild 18: Anzahl an Elektro-Pkw im Bestand bis 2030

(eigene Darstellung, Quelle: Prognos, BCG 2019)

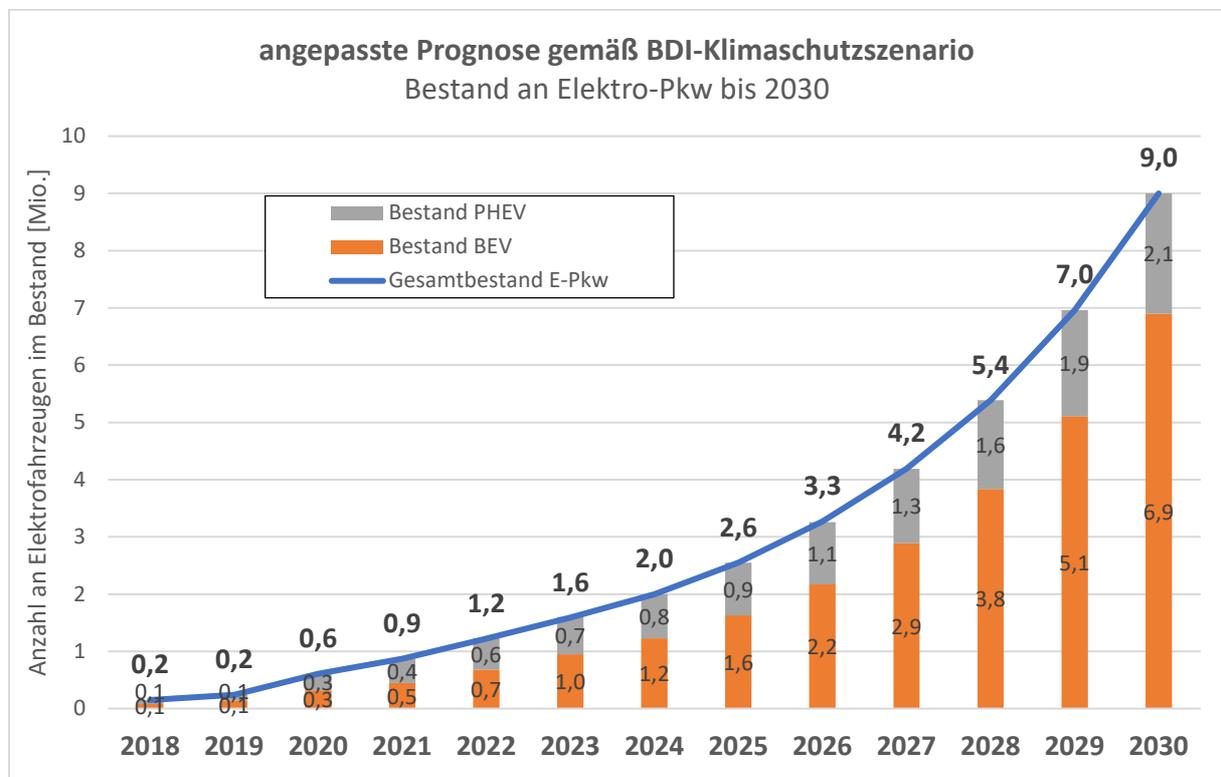


Bild 19: Angepasste Prognose für die Anzahl an Elektrofahrzeugen im Bestand bis 2030

(eigene Darstellung, Quellen: Prognos, BCG 2018 und KBA 2020)

Anhand der Werte aus der angepassten Prognose, welche bis zum 31.12.2020 den tatsächlichen Bestand entsprechen, ist zu erkennen, dass die Prognosewerte des BDI-Szenarios aktuell bereits überschritten werden. Da der Prognosehorizont von 9 Mio. zugelassenen Elektrofahrzeugen bis 2030 als realistisch eingeschätzt werden kann, wurde er für die angepasste Prognose übernommen. Dementsprechend ändert sich der Verlauf der Zulassungskurve insofern, dass in den ersten Prognosejahren ein stärkerer Anstieg bei der angepassten Prognose zu erkennen ist, sich dieser Trend ab 2024 jedoch umkehrt. Da die angepasste Prognose auf aktuelleren Daten basiert, wird sie im Folgenden für die Prognose des zukünftigen Bedarfs an Ladeinfrastruktur verwendet.

Überträgt man die zu erwartenden Zulassungszahlen auf Thüringen, so ist bis 2025 mit etwa 33.200 und bis 2030 mit etwa 117.000 Elektrofahrzeugen im Bestand zu rechnen (siehe Bild 20). Dieser ergibt sich aus der bereits erwähnten Annahme, dass Thüringen einen Anteil von etwa 1,3% am deutschlandweiten Bestand an BEV Pkw aufweist. Dieser Anteil von 1,3 Prozent wurde bei der Prognoseberechnung auch für die Plug-in Hybrid-Pkw übernommen.

Um die Verteilung dieser Anzahl an E-Fahrzeugen auf die einzelnen Landkreise Thüringens abzuschätzen, wurde der Anteil an PKW-Zulassungen der Landkreise in Relation zum Gesamtbestand an PKW in Thüringen gesetzt. Für das Jahr 2025 wurde hierbei ein Mittelwert aus dem aktuellen Anteil an E-Fahrzeugen und dem aktuellen Anteil aller PKW-Zulassungen in den Landkreisen in Relation zum Gesamtbestand Thüringens angenommen. Der Anteil für das Jahr 2030 orientiert sich hingegen nur an dem aktuellen Anteil aller PKW-Zulassungen.

So weist beispielsweise die kreisfreie Stadt Erfurt aktuell einen Anteil von 15,2 Prozent am Gesamtbestand an E-Fahrzeugen in Thüringen und einen Anteil von etwa 8,2 Prozent am Gesamtbestand aller zugelassenen E-PKW auf. Für das Jahr 2025 würde somit ein Anteil von 11,7 Prozent von den etwa 33.200 E-Fahrzeugzulassungen in Thüringen für die Stadt Erfurt prognostiziert werden. Für das Jahr 2030 wäre hingegen mit einem Anteil von 8,2 Prozent von den etwa 117.000 E-Fahrzeugzulassungen zu rechnen.

Der Grund für die oben genannten Annahmen bezüglich der Anteile am Gesamtbestand an E-Fahrzeugen beruht darauf, dass der aktuelle Anteil an E-Fahrzeugzulassungen in den einzelnen Landkreisen stark von den Anteilen am Gesamtbestand aller PKW abweicht. Dies ist unter anderem auf die noch frühe Phase der Marktdurchdringung von E-Fahrzeugen zurückzuführen, sodass der momentane Stand für zukünftige Betrachtungen als nicht repräsentativ zu erachten ist. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass sich die Anteile am Gesamtbestand aller PKW in Thüringen voraussichtlich nur geringfügig ändern werden. Bei einem stärker ausgeprägten Markthochlauf, wie er in den kommenden Jahren zu erwarten ist, würde sich der Anteil an zugelassenen E-Fahrzeugen dementsprechend dieser Zahl angleichen.

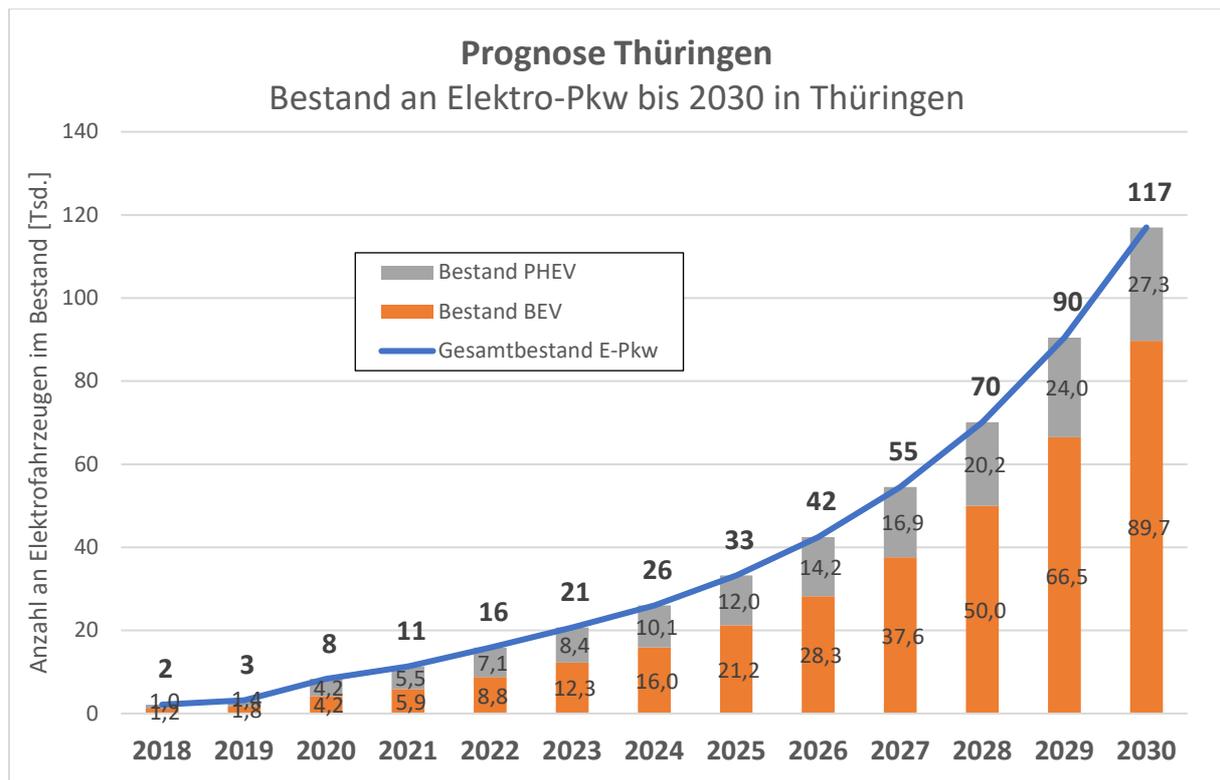


Bild 20: Bestand an Elektrofahrzeugen bis 2030 in Thüringen nach angepasster Prognose (eigene Darstellung)

Anhand der beschriebenen Methodik erhält man somit eine prognostizierte Anzahl an Elektrofahrzeugen je Landkreis für die Jahre bis 2030. Weiterführend kann man anhand der durchschnittlichen Jahresfahrleistung, des zu erwartenden Anteils an Ladevorgängen im öffentlichen Raum sowie dem Durchschnittsverbrauch von Elektrofahrzeugen die durchschnittliche jährlich benötigte Lademenge für alle E-Fahrzeuge in Thüringen abschätzen. Dafür wurden folgende Annahmen für batterieelektrische Fahrzeuge getroffen:

- Bei der Betrachtung des Jahresstrombedarfs muss unterschieden werden, ob die E-PKW als Erst- oder Zweitwagen angeschafft werden. Anhand der aktuellen Zulassungsstruktur wurden der Anteil an Erstwagen dabei auf 80 Prozent und der Anteil an Zweitwagen auf 20 Prozent abgeschätzt.
- Die Jahresfahrleistung von batterieelektrischen Erstwagen beträgt durchschnittlich 15.000 km, die von batterieelektrischen Zweitwagen hingegen etwa 7.500 km. Der durchschnittliche Verbrauch wurde dabei anhand der momentanen Zulassungszahlen und der Herstellerangaben auf 20 kWh pro 100 km für Erstwagen und 15 kWh pro 100 km für Zweitwagen angenommen.
- Dementsprechend beträgt der durchschnittliche Jahresstrombedarf für BEV-Erstwagen etwa 3.000 kWh und für BEV-Zweitwagen 1.125 kWh. Der Mittelwert in Korrelation der Anteile der Zulassungsstruktur berechnet sich folglich zu 2.625 kWh an jährlichem Strombedarf pro batterieelektrischem Fahrzeug, unabhängig ob dieses als Erst- oder Zweitwagen genutzt wird.

Für Plug-In Hybride wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Der Anteil gewerblicher Halter von PHEV beträgt in Thüringen etwa 51 Prozent, der Anteil privater Halter 49 Prozent¹⁶
- Der durchschnittliche Verbrauch eines PHEV liegt bei etwa 20 kWh pro 100 km¹⁷
- Wird ein PHEV als Dienstfahrzeug genutzt beträgt die durchschnittliche Jahresfahrleistung 15.000 km. Bei einem Utility Factor¹⁸ von 18 Prozent¹⁹ würde dies somit einer batterieelektrische Jahresfahrleistung von 2.700 km und einem Jahresstrombedarf von 599 kWh pro PHEV entsprechen
- Nutzt man ein PHEV hingegen als Privatfahrzeug steht der Jahresfahrleistung von 15.000 km ein Utility Factor von 43 Prozent gegenüber. Die batterieelektrisch zurückgelegte Jahresfahrleistung beträgt dementsprechend etwa 6.450 km, was einem Jahresstrombedarf von 1.432 kWh pro PHEV entspricht.
- Aus beiden Nutzungs- bzw. Halterformen wurde der Mittelwert in Relation zum jeweiligen Anteil (gewerblich/privat) errechnet, sodass ein PHEV unabhängig von der jeweiligen Nutzungsform durchschnittlich einen Jahresstrombedarf von 1.010 kWh aufweist.

Des Weiteren wird angenommen, dass der Anteil an Ladevorgängen im öffentlichen Raum im Jahr 2025 20 Prozent und im Jahr 2030 25 Prozent beträgt. Diese Angaben wurden in Anlehnung der NOW Studie Ladeinfrastruktur nach 2025/2030²⁰ für Thüringen abgeleitet (s. Bild 21).

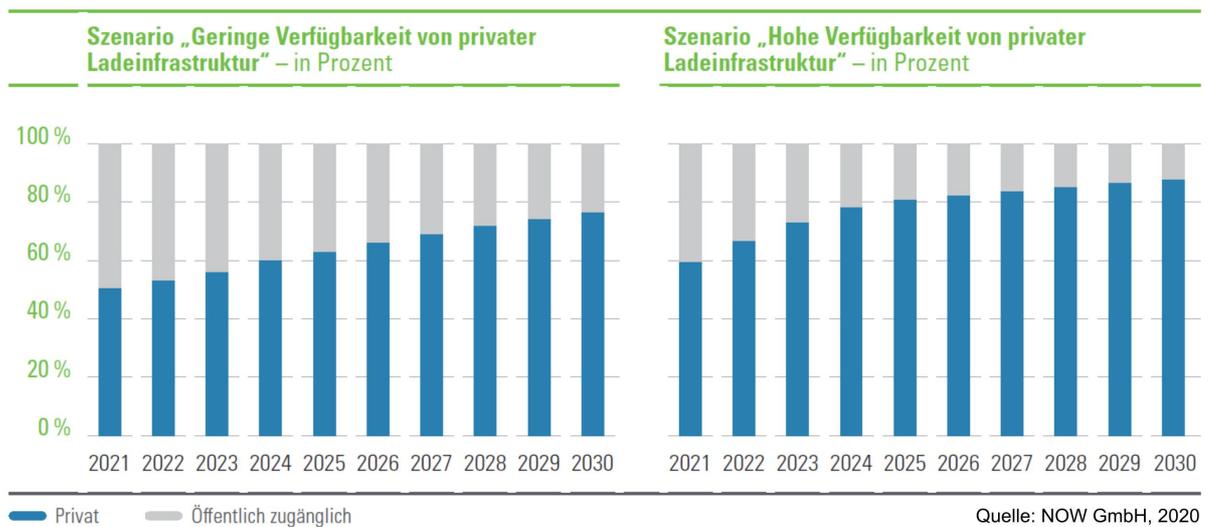


Bild 21: Verteilung von Ladevorgängen auf private sowie öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur

¹⁶ KBA 10/2020

¹⁷ ADAC Eco-Test (2020)

¹⁸ ICCT, Fraunhofer ISI (2020)

¹⁹ Ein Utility Factor von 18 % sagt aus, dass 18% der Fahrleistung batterieelektrisch zurückgelegt wurde

²⁰ NOW (2020), Ladeinfrastruktur nach 2025/2030

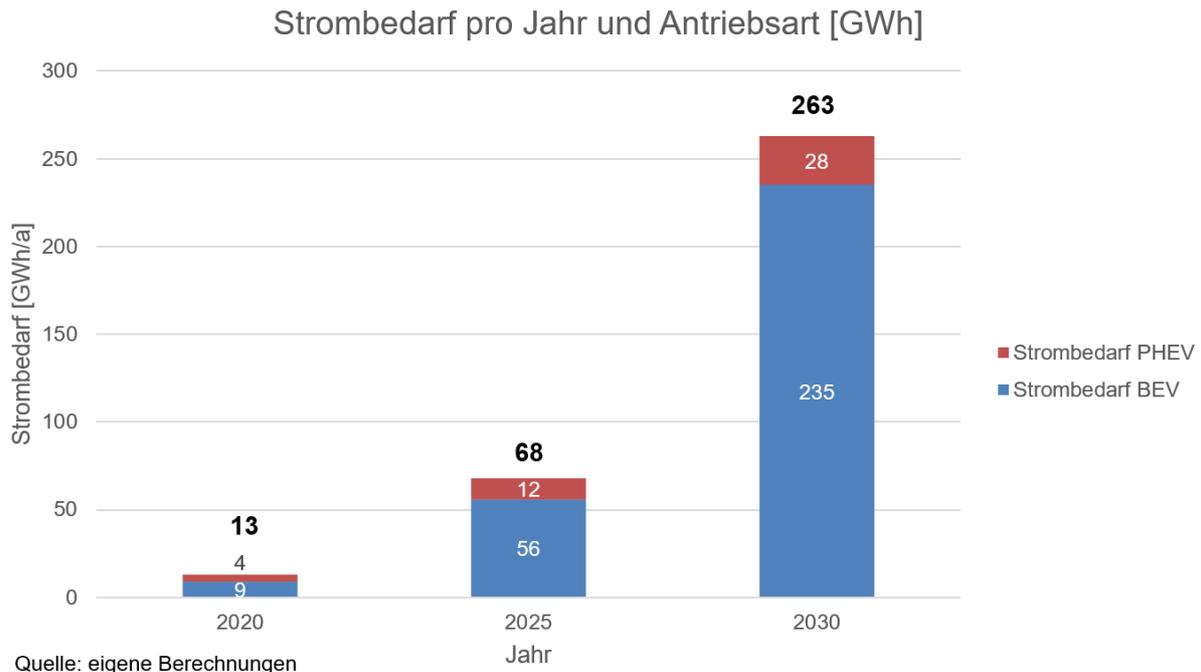


Bild 22: Strombedarf pro Jahr und Antriebsart in Thüringen (eigene Darstellung)

Für das Jahr 2025 ist gemäß der genannten Bestandsprognose für Elektrofahrzeuge demnach ein Bestand von etwa 12.000 PHEV und 21.200 BEV in Thüringen zu erwarten. Dies entspricht einem Jahresstrombedarf von etwa 68 GWh, wovon 56 GWh auf batterieelektrische Fahrzeuge und 12 GWh auf Plug-In Hybride zurückzuführen sind (siehe Bild 22). 20 Prozent des Jahresstrombedarfes sind wiederum für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur bereitzustellen, was etwa 13,6 GWh entspricht.

Im Jahr 2030 ist bei einem Bestand von 89.700 BEV und 27.300 PHEV mit einem jährlichen Strombedarf von etwa 263 GWh zu rechnen, wovon 235 GWh auf rein batterieelektrische Fahrzeuge entfallen und 28 GWh auf Plug-In Hybride. Davon entfallen 25 Prozent auf Ladevorgänge im öffentlichen Raum, wodurch eine Kapazität von ca. 66 GWh für öffentliche Ladeinfrastruktur entsteht.

Anhand des prognostizierten Jahresstrombedarfs kann nun der Gesamtbedarf an Ladepunkten für den Zeithorizont 2030 berechnet werden, die benötigt werden, um den oben genannten Bedarf an Energie bereitzustellen. Hierbei ist zu erwähnen, dass diese Studie lediglich den generellen Bedarf an zu installierender Ladeleistung in den einzelnen Landkreisen prognostiziert und keine Empfehlungen hinsichtlich der Standortwahl in den einzelnen Landkreisen ausspricht. Da die Situation sowie die Kriterien der Standortauswahl in jedem Landkreis unterschiedlich ausgeprägt sind, müssen dementsprechend angepasste Lösungen vor Ort gefunden werden, um den Jahresstrombedarf mit einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur abzudecken.

Des Weiteren besteht in diesem prognostizierten Szenario eine direkte Kopplung der zu installierenden Ladeleistung an verschiedene Faktoren des wirtschaftlichen Betriebes von Ladesäulen (vgl. Kapitel Wirtschaftlichkeit). Das in diesem Kapitel beschriebene „schwarze-Null-Szenario“ beschreibt, unter welchen Bedingungen ein kostendeckender Betrieb von Ladesäulen möglich ist, was für den weiteren Ladeinfrastrukturausbau von großer Bedeutung ist und sein wird.

In der Anlage VI und Anlage VII sind die Ergebnisse detailliert für das Prognosejahr 2025 für jeden Zulassungsbezirk aufgeführt. In der Anlage VIII und Anlage IX dann für das Prognosejahr 2030.

4.4 Abschätzung des erforderlichen Strombedarfs durch Elektro-Pkw und Vorschläge zur Abdeckung aus weitgehend erneuerbaren Energiequellen

Elektromobilität bietet unter anderem die bedeutende Möglichkeit, die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors signifikant zu senken. Um dies zu realisieren, ist die Bereitstellung von Strom aus regenerativen Energiequellen notwendig. In Thüringen bietet sich hier vor allem eine Energieerzeugung aus Windkraftanlagen an, bereits im Jahr 2017 konnten rund 27 Prozent des Strombedarfes durch Windkraft gedeckt werden, was einer Leistung von etwa 1.650 MW entspricht.²¹ Weiterhin hat sich das Thüringer Ministerium für Umwelt, Natur und Naturschutz das Ziel gesetzt, bis 2040 den kompletten Strombedarf Thüringens durch regenerative Energien abzudecken, was mit einer Verdreifachung der erzeugten Windenergie einhergeht.

Angesichts dieses bereits vorhandenen und noch weiter ausbaufähigen Potentials bietet die Windenergie eine Möglichkeit, um den zusätzlich anfallenden Energiebedarf bis 2030 bereitzustellen. Eine moderne Windkraftanlage mit einer Leistung von 3 MW erzeugt etwa 4-7 GWh pro Jahr an Energie. Geht man von einem durchschnittlichen Ertrag von 5 GWh aus, so würden für das Jahr 2025 3 Windkraftanlagen ausreichen, um den jährlichen Strombedarf von 13,6 GWh an öffentlicher Ladeinfrastruktur abzudecken. Bis zum Jahr 2030 müsste diese Erzeugerkapazität um 10 Windkraftanlagen erweitert werden, um mit insgesamt 13 zusätzlichen Windkraftanlagen den Strombedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur durch Elektrofahrzeuge bereitzustellen.

Natürlich besteht weiterhin die Möglichkeit, den Strombedarf aus verschiedenen erneuerbaren Energieträgern zu decken. Des Weiteren wären zusätzliche Kapazitäten notwendig, um auch ausreichend Energie bei Verbrauchsspitzen bereitstellen zu können. Diesbezüglich ist eine weitere, detailliertere Betrachtung notwendig, welche dieser Bericht nicht im erforderlichen Umfang leisten kann.

²¹ vgl. Thüringer Ministerium für Energie, Umwelt und Naturschutz, online

5 Nachfrage und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum Betrieb von Normal- und Schnellladesäulen

5.1 Vorbemerkungen

Ein Bearbeitungspunkt dieser Studie ist es, unter welchen Bedingungen ein wirtschaftlicher Betrieb von Ladesäulen auch ohne Investitionsförderung möglich ist. Aufgrund der deutlich höheren Anschaffungs- und Investitionskosten von Schnellladesäulen galt bisher die Auffassung, dass innerstädtisch überwiegend Normalladepunkte eingerichtet werden sollten und an Autobahnen und überregionalen Bundesstraßen überwiegend Schnellladepunkte mit Stromstärken über 100 kW.

Mit dem weiteren Markthochlauf der Elektromobilität werden künftig auch Besitzer von Elektrofahrzeugen ohne eigene private Lademöglichkeit in den Markt stoßen, die dann quasi ausschließlich an öffentlichen Ladesäulen laden müssen. Dazu zählen vor allem Mieter in Geschloßwohnhäusern, aber auch Besitzer von Ein- oder Zweifamilienhäusern, die mangels ausreichender eigener Grundstücksfläche nicht die Möglichkeit haben, eine private Lademöglichkeit zu errichten, wie z. B. in Gründervierteln vieler Großstädte.

Die Investitions- und Betriebskosten für Ladepunkte hängen von vielen Komponenten ab und können daher sehr unterschiedlich hoch sein. Großen Einfluss hat die jeweilige Ladeleistung, die Spannungsart (Gleichstrom oder Wechselstrom), die Ausstattung der Ladesäule inkl. Abrechnungssystem und Kommunikationsschnittstelle sowie die örtliche Anbindung an das Stromnetz.

In diesem Hauptkapitel 5 werden deshalb für Normalladestationen, Schnelladestationen und Lade-Hubs mit mehreren Ladepunkten entsprechende Berechnungen mit unterschiedlichen Investitionskosten und unterschiedlichen Gewinnmargen in Cent je kWh durchgeführt. Vor diesen Auswertungen werden Ergebnisse einer kleinen Stichprobe von Betreiberdaten von Ladestationen aus dem „Ladenetz“-Verbund der Thüringer Stadtwerke vorgestellt.

5.2 Auswertung einer Stichprobe von Betreiberdaten von Ladestationen

Um einen besseren Überblick über das Nutzungsverhalten von Ladeinfrastruktur in Thüringen zu erhalten, wurden in Kooperation mit der smartlab Innovationsgesellschaft mbH Daten des Ladenetz-Verbundes zur Verfügung gestellt und nach verschiedenen Parametern analysiert. Dabei wurden die zwischen November 2019 und November 2020 ermittelten Daten von 24 Ladesäulenstandorten mit 48 Ladepunkten in Thüringen ausgewertet.

Um eine möglichst ausgewogene Datengrundlage zu erhalten, wurden die Standorte der Ladesäulen nach verschiedenen Kriterien ausgewählt. Die getroffene Auswahl gibt einen guten Überblick typischer örtlicher Situationen, wie sie in Thüringen häufig zu finden sind. Dennoch ist die insgesamt geringe Anzahl von Ladepunkten nur eine Stichprobe, die nicht ausreichend ist, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten. Eine entsprechend umfangreichere Erhebung war im Rahmen dieser Studie nicht zu leisten und müsste bei Bedarf gesondert untersucht werden.

Der in diesem Zeitraum erhobene Datensatz umfasst insgesamt 8.366 Normal- und 933 Schnellladevorgänge bei einer Gesamtlademenge von etwa 152.000 kWh. Fünf der 24 Ladestationen waren dabei Schnelladestationen. Zusammenfassende Ergebnisse der Datenerhebung stehen in Tabelle 5.

	Normal-lade- punkte (AC=Wechselstrom)	Schnell-lade- punkte (DC=Gleichstrom)
Anzahl der erfassten Ladevorgänge [-]	8.366	933
Gesamtlademenge pro Jahr aller 24 Ladepunkte ge- trennt nach AC und DC	125.544	26.591
Höchstwert: Ladepunkt mit der größten Jahreslademenge [kWh/Jahr]	29.887	8.781
Tiefstwert: Ladepunkte mit der geringste Jahreslademenge [kWh/Jahr]	711	1391
Mittelwert: Lademenge pro Ladevorgang [kWh]	17	27
durchschnittliche Belegung pro Ladepunkt und Jahr	8,8 %	0,8 %
durchschnittliche tägliche Belegungszeit pro Ladepunkt [h:min]	02:07	00:12
Höchstwert: höchste Belegungszeit eines Ladepunktes in einem Jahr [%]	31,8	1,3
Tiefstwert: geringste Belegungszeit eines Ladepunktes in einem Jahr [%]	0,3	0,3

Tabelle 5: Ergebnisse der Auswertung der Stichprobe von 24 Ladesäulenstandorten in Thüringen

	AC (Wechselstrom) n = 8.366	DC (Gleichstrom) n = 933
Durchschnittliche Belegungsdauer pro Ladevorgang [h:min]	03:47	00:49
Belegungsdauer Ladevorgang [h:min]	00:48	00:32
Belegungsdauer ohne Ladevorgang [h:min]	02:48	00:16
Anteil der Belegungsdauer ohne Ladevorgang	72%	33%

Tabelle 6: Dauer des Ladevorgangs und Belegungsdauer ohne Ladevorgang

Erkenntnisse dieser Auswertung sind:

- Obwohl der Anteil der Schnellladepunkte bei dieser Stichprobe nur bei 10% lag, betrug die Lademenge mit 26.591 kWh fast 20 Prozent der Gesamtlademenge von 152.000 kWh
- Die durchschnittliche Lademenge je Ladepunkt einer Schnellladestation ist mit 27 kWh deutlich höher als die 17 kWh bei den Normalladestationen

- Die Ladepunkte haben generell derzeit noch eine sehr geringe Auslastung und viel „Luft“ nach oben. Von 24 möglichen Stunden kann eine durchschnittliche Auslastung von nur 12 Minuten am Tag keine Wirtschaftlichkeit erlangen.
- Bei zukünftig steigenden Zulassungszahlen ist jedoch zu erwarten, dass das Auslastungsniveau von beiden Ladearten erhöht werden wird, da wie bereits in Kapitel 3 erfasst wurde, momentan ein Überangebot von Ladeinfrastruktur im Verhältnis zu den aktuell zugelassenen Elektrofahrzeugen besteht.
- Im Durchschnitt ist der Normalladepunkt 3 Stunden und 47 Minuten belegt, wobei der eigentliche Ladevorgang nur 48 Minuten dauert. 2 Stunden und 59 Minuten wird der Ladepunkt länger belegt als es notwendig wäre.
- Dagegen sind die Schnellladepunkte im Schnitt nur 16 Minuten länger belegt als der Ladevorgang andauerte.

Um diese Problematik in Zukunft zu vermeiden und die Auslastung von Ladestationen effektiver zu gestalten sollten Ladeinfrastrukturbetreiber in Thüringen zukünftig Reglementierungen in Betracht ziehen, die eine längere Belegungsdauer von Ladestationen unattraktiv gestaltet. So ist es bei vielen Ladeinfrastrukturbetreibern in anderen Bundesländern bereits gängig, ab einer bestimmten Belegungsdauer eine zusätzliche Standgebühr zu veranschlagen. Ähnliche Modelle sollten daher auch in Anbetracht zukünftig steigender Zulassungszahlen von E-Fahrzeugen und einer damit einhergehenden potentiell höheren Auslastung bedacht werden, da sich dies auch auf den wirtschaftlichen Betrieb der einzelnen Ladestationen auswirkt.

5.3 Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Normalladestationen

Die überwiegende Anzahl der in Thüringen vorhandenen Normalladestationen bietet je Ladepunkt eine Stromstärke von 22 kW an. Aus dem vorherigen Kapitel ist zu entnehmen, dass die durchschnittliche Verweilzeit an einem Normalladepunkt um ein Vielfaches länger ist, als der eigentliche Ladevorgang. Einen Anteil an den langen Verweildauern der Stichprobe haben Lader, die über Nacht ihr Fahrzeug aufladen und somit Belegzeiten von bis zu 11 Stunden für einen Ladevorgang haben. Auch wenn bisher die Nachfrage an öffentlichen Ladesäulen Strom zu tanken insgesamt noch relativ gering in Thüringen ist, so ist die lange Verweildauer ein großes Hemmnis, um eine Wirtschaftlichkeit mit Normalladestationen künftig zu erreichen.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Die jährlichen Betriebskosten (Abrechnung der Ladevorgänge und Wartungsarbeiten) betragen bei Normalladesäulen mit zwei Ladepunkten 2.000 EUR.
- Die Abschreibung der Investitionskosten erfolgt linear über 10 Jahre
- Die Investitionskosten (Hardware, Netzanschluss, Planung/Genehmigung, Installation/Bau, Zinsen für den Kredit) wurden in vier Varianten von 7.500 € bis 15.000 € in Schritten von 2.500 € variiert.
- Der Überschuss der Kosten der Strombereitstellung gegenüber dem Verkaufspreis an der Ladesäule variiert in vier Stufen von 5 Cent/kWh bis 20 Cent/kWh in Schritten von 5 Cent.
- Die Elektrofahrzeuge können die maximal angebotene Stromstärke aufnehmen. Bei Normalladestationen also 22 kW, bei Schnelladestation 50 kW bzw. 150 kW.

Aus den Berechnungen soll sich ergeben, wann die Einnahmen abzüglich der jährlichen Ausgaben eine sogenannte „schwarze Null“ ergeben. Sie ergibt sich aus den jährlichen Kosten für den Betrieb und der

anteiligen Abschreibung der Investitionskosten in Höhe von 10 Prozent. Gegenüber den Kosten steht die Marge am Stromverkauf auf der Einnahmeseite, die in vier Stufen zwischen 5 Cent/kWh und 20 Cent/kWh variiert.

	Normalladesäule 22 kW 2 LP			
Anteilige Abschreibung der Investitionskosten (10%)	750 €	1.000 €	1.250 €	1.500 €
Betriebskosten	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Summe je Jahr	2.750 €	3.000 €	3.250 €	3.500 €
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,05 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	75	82	89	96
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	3 h 25 min	3 h 44 min	4 h 02 min	4 h 21 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,10 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	38	41	45	48
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	1 h 42 min	1 h 52 min	2 h 01 min	2 h 10 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,15 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	25	27	30	32
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	1 h 08 min	1 h 14 min	1 h 20 min	1 h 27 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,20 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	19	21	22	24
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 51 min	0 h 56 min	1 h 00 min	1 h 05 min

Tabelle 7: Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einer Normal-ladestation mit 2 Ladepunkten bei unterschiedlichen Margen beim Stromverkauf

Die Tabelle 7 liest sich wie folgt: Aus der Variation der Investitionskosten von 7.500 €, 10.000 €, 12.500 € und 15.000 € ergeben sich die anteilige Abschreibung in Höhe von 10% in der ersten Zeile. Zusammen mit den Betriebskosten in Zeile 2 summieren sich die jährlichen Ausgaben wie in Zeile 3 angegeben.

Die notwendige Lademenge je Ladepunkt und Tag ergibt sich aus den Ausgaben je Jahr dividiert durch die Marge von 5 Cent/kWh im ersten Fall, 10 Cent/kWh im zweiten Fall, 15 Cent/kWh im dritten Fall und schließlich 20 Cent/kWh im letzten Fall.

Im ersten Fall mit 5 Cent/kWh Marge und 2.750 € jährliche Ausgaben beträgt die notwendige Jahresstrommenge 55.000 kWh. Diese auf 365 Tage und 2 Ladepunkte verteilt ergibt die tägliche notwendige Lademenge von 75 kWh je Ladepunkt. Mit der Stromstärke von 22 kW je Ladepunkt ergibt sich eine netto Belegungszeit für den Ladevorgang von 3 Stunden und 25 Minuten.

Bei höheren Investitionskosten und gleicher Marge erhöhen sich die Lademengen und Belegungszeiten entsprechend. Bei einer Verdopplung der Marge von z. B. 5 Cent/kWh auf 10 Cent/kWh halbiert sich die benötigte Jahreslademenge bei gleichen jährlichen Betriebskosten.

5.4 Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Schnellladestationen

In Anlehnung an Kapitel 5.3 wurden weiteren Berechnungen durchgeführt, die die Wirtschaftlichkeit einer Schnellladesäule mit 50 kW und zwei Ladepunkten untersucht hat. Die Investitionskosten (Hardware, Netzanschluss, Planung/Genehmigung, Installation/Bau, Zinsen für den Kredit) wurden in vier Varianten von 30.000 € bis 60.000 € in Schritten von 10.000 € variiert.

	Schnellladesäule 50 kW 2 LP			
Anteilige Abschreibung der Investitionskosten (10%)	3.000 €	4.000 €	5.000 €	6.000 €
Betriebskosten	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Summe je Jahr	5.000 €	6.000 €	7.000 €	8.000 €
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,05 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	137	164	192	219
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	2 h 44 min	3 h 17 min	3 h 50 min	4 h 23 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,10 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	68	82	96	110
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	1 h 22 min	1 h 38 min	1 h 55 min	2 h 11 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,15 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	46	55	64	73
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 54 min	1 h 05 min	1 h 16 min	1 h 27 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,20 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	34	41	48	55
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 41 min	0 h 49 min	0 h 57 min	1 h 05 min

Tabelle 8: Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einer Schnellladestation 50 kW mit 2 Ladepunkten bei unterschiedlichen Margen beim Stromverkauf

Bei einer Marge von 5 Cent/kWh beim Strompreis und Investitionskosten von 30.000 €, rechnet sich die 50 kW Schnellladesäule bei einer täglichen Lademenge von 137 kWh je Ladepunkt. Das entspricht einer Jahresstrommenge von 100.010 kWh. Wenn man die Marge auf 10 Cent/kWh verdoppelt halbiert sich die notwendige Lademenge für eine „schwarze Null“.

5.5 Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Lade-Hubs mit Schnellladepunkten

5.5.1 Lade-Hubs mit 50 kW

Mit wachsendem Erfolg beim Markthochlauf der Elektromobilität rücken zunehmend auch Lade-Hubs mit mehreren Ladepunkten in den Fokus, die an Achsen des Fernverkehrs sinnvolle Einsatzbereiche haben, aber auch für innerorts geeignet sein könnten, wenn bei entsprechender Nachfrage die Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Da die Investitionskosten von Ladestationen immer auch eine bauliche Komponente beinhaltet, entstehen signifikante Skalenvorteile bei der Errichtung mehrerer Ladepunkte an einer Örtlichkeit. In den hier durchgeführten Berechnungen wurde angenommen, dass die Investitionskosten von vier Schnellladepunkten mit 50 kW nur 50% mehr Kosten verursachen als eine

Säule mit zwei Ladepunkten. Ein entsprechender Lade-Hub mit sechs Ladepunkten verursacht weitere 25% Mehrkosten gegenüber der Variante mit 4 Ladepunkten.

Gegenüber der einzelnen Schnellladestation mit 2 Ladepunkten (s. Kapitel 5.4) erhöhen sich die Kosten nach den zuvor angenommenen Skaleneffekten bei 6 Ladepunkten um 87,5 Prozent. Je nach örtlicher Situation können die Investitionskosten unterschiedlich hoch sein, so dass wieder vier Varianten mit den folgenden Werten gerechnet wurden: 56.250 €, 75.000 €, 93.750 € und 112.500 €. Bei den Betriebskosten für Abrechnung und Wartung wurden die gleichen Skaleneffekte angenommen, so dass diese jährlich 3.750 € betragen gegenüber 2.000 € einer einzelnen Säule mit 2 Ladepunkten.

Würde die Tarifierung so gestaltet sein, dass eine Marge von 10 Cent/kWh angenommen werden kann, und sich die Investitionskosten beispielhaft auf 75.000 € belaufen würden, reicht eine tägliche Strommenge von 51 kWh je Ladepunkt aus, um die Wirtschaftlichkeit mit einer schwarzen Null zu erreichen. Bei voller Ausnutzung der Stromstärke von 50 kW am Ladepunkt ist die netto Belegungszeit nur 1 Stunde und 1 Minute. Für andere Konstellationen können in der Tabelle 9 die entsprechenden Ergebnisse abgelesen werden.

	Schnelllade-Hub 50 kW 6 LP			
Anteilige Abschreibung der Investitionskosten (10%)	5.625 €	7.500 €	9.375 €	11.250 €
Betriebskosten	3.750 €	3.750 €	3.750 €	3.750 €
Summe je Jahr	9.375 €	11.250 €	13.125 €	15.000 €
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,05 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	86	103	120	137
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	1 h 42 min	2 h 03 min	2 h 23 min	2 h 44 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,10 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	43	51	60	68
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 51 min	1 h 01 min	1 h 11 min	1 h 22 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,15 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	29	34	40	46
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 34 min	0 h 41 min	0 h 47 min	0 h 54 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,20 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	21	26	30	34
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 25 min	0 h 30 min	0 h 35 min	0 h 41 min

Tabelle 9: Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einem Lade-Hub mit sechs 50 kW Schnellladepunkten bei unterschiedlichen Margen des Stromverkaufs

5.5.2 Lade-Hubs mit 150 kW

Nach Schätzungen der Prognos²² bzw. der Ludwig-Bölkow Stiftung und unter Angaben der EnBW liegen die Investitionskosten für ein Lade-Hub mit acht 150 kW Schnellladepunkten bei 500.000 bis 650.000 €. Für die Betriebskosten dieses acht Ladepunkte-Hubs wurden gegenüber den Betriebskosten von 6 Ladepunkten (vgl. Tabelle 9) weitere 20% an Mehrkosten abgeschätzt, so dass diese dann jährlich

²² Prognos Lade-Report (2020)

4.500 € betragen. Bei der Staffelung der Gewinnmargen des Stromverkaufs wurden in diesem Fall höhere Werte von 10 bis 40 Cent je kWh in 10er Schritten gewählt. Die detaillierten Ergebnisse sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Beispielhaft zeigt die Tabelle, dass bei Investitionskosten von 700.000 € mit anteiliger Abschreibung von 70.000 € und einer Marge von 30 Cent/kWh eine Wirtschaftlichkeit ab 97 kWh je Ladepunkt erreicht wird, was einer netto Standzeit bei Ausnutzung der vollen 150 kW von 45 Minuten gleichkommt.

	Schnelllade-Hub 150 kW 8 LP			
Anteilige Abschreibung der Investitionskosten (10%)	40.000 €	50.000 €	60.000 €	70.000 €
Betriebskosten	4.500 €	4.500 €	4.500 €	4.500 €
Summe je Jahr	44.500 €	54.500 €	64.500 €	74.500 €
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,10 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	203	249	295	340
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	1 h 21 min	1 h 39 min	1 h 57 min	2 h 16 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,20 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	77	100	123	146
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 40 min	0 h 49 min	0 h 58 min	1 h 08 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,30 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	51	67	82	97
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 27 min	0 h 33 min	0 h 39 min	0 h 45 min
Überschuss Strombereitstellung zum Verkaufspreis; 0,40 € je kWh				
Notwendige Lademenge je Tag und Ladepunkt [kWh]	39	50	61	73
resultierende netto Belegungszeit je Ladepunkt und Tag	0 h 20 min	0 h 24 min	0 h 29 min	0 h 34 min

Tabelle 10: Notwendige tägliche Lademenge und die daraus resultierende netto Belegungszeit bei einem Lade-Hub mit 8 150 kW Schnellladepunkten bei unterschiedlichen Margen des Stromverkaufs

5.6 Bedarf von Wasserstoff- Tankstellen für Thüringen bis 2030

Neben der Batterie-Elektromobilität gilt der alternative Kraftstoff Wasserstoff als großer Hoffnungsträger, um die Emission von Treibhausgasen im Verkehrssektor deutlich zu verringern und die angestrebten Klimaziele zu erreichen. Die Energie für diese Fahrzeuge kommt von einer Brennstoffzelle und entsteht, wenn Wasserstoff mit Sauerstoff aus der Luft reagiert. Bei der Reaktion entsteht als „Abgas“ nur Wasser und Wasserdampf. Der Strom versorgt einen Elektromotor, mit dem sich das Wasserstoffauto genauso fährt wie ein „Stromer“ mit Batterien.

Allerdings hat sich in Deutschland die Wasserstoffmobilität bisher langsamer entwickelt als in den letzten Jahren prognostiziert. Mit Stand Februar 2021 sind insgesamt 90 Tankstellen nach Angaben der H2 Mobility GmbH in Deutschland öffentlich zugänglich (vgl. Bild 23) und weitere 16 in konkreter Planung.

Zum 1.1.2021 waren nach Angaben der NOW GmbH 812 Personenkraftwagen mit Brennstoffzellen-Antrieb (FCEV) auf deutschen Straßen zugelassen²³. Hinzu kommen noch 204 Brennstoffzellen-Plug-In-Hybride, die neben der Brennstoffzelle noch eine Batterie besitzen, die von außen aufladbar ist. Auf dem deutschen Markt sind lediglich zwei FCEV Fahrzeugmodelle käuflich erwerbbar: der Toyota Mirai und der Hyundai Nexa.

Das einzige verfügbare Modell von einem Hersteller des europäischen bzw. deutschen Fahrzeugmarktes war der Mercedes GLC F-Cell. Zwischen November 2018 und April 2020 war er in geringen Stückzahlen als Leasingfahrzeug erhältlich. Da aber aufgrund der noch schwierigen Marktbedingungen kaum Skaleneffekte bei den Produktionskosten in absehbarer Zeit zu erwarten waren und damit der Wasserstoffantrieb preislich mit batterieelektrischen Fahrzeugen mittelfristig nicht konkurrenzfähig ist, wurde die weitere Entwicklung und Produktion des Fahrzeuges seitens des Daimler-Konzerns bis auf Weiteres eingestellt. In den nächsten Jahren will man sich zusammen mit Volvo für den Anwendungsbereich Nutzfahrzeuge fokussieren und bis zu einer Marktreife weiterentwickeln.

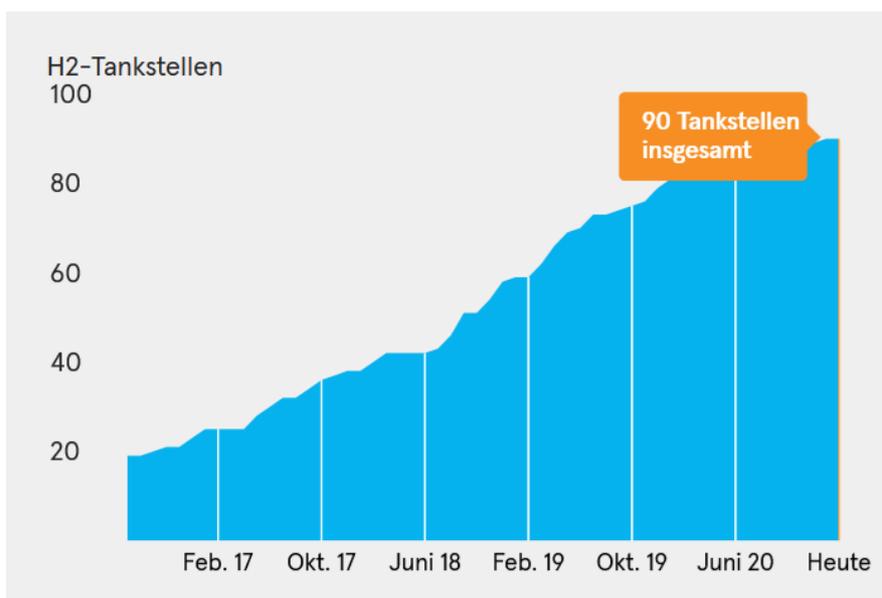


Bild 23: Entwicklung der H2-Tankstellen in Deutschland (Quelle: H2 MOBILITY Deutschland GmbH)

²³ Vgl. FZ 2 und FZ 8, Kraftfahrtbundesamt (12/2020), online

Eine gesicherte Marktentwicklung für wasserstoffbetriebene Pkw in den kommenden Jahren ist aufgrund des schwierigen Marktumfeldes kaum möglich. Die NOW GmbH rechnete 2018 im Rahmen der „Deutschen H₂-RCS-Roadmap²⁴“ mit folgenden Meilensteinen: Bis Ende 2020 sollten ursprünglich 3.000 FCEV im Bestand die Phase der **Marktvorbereitung** darstellen. Eine mögliche Entwicklung des Bestandes mit bis zu 20.000 FCEV bis zum Jahr 2025 würde den **Marktvorlauf** der Wasserstoffanwendungen im Bereich der Mobilität darstellen. Zwischen 2025 und 2030 wurde in der Studie ein Durchbruch hin zum Massenmarkt prognostiziert, bei dem 3,6 Mio. FCEV in Europa erwartet werden, von denen bis zu 1,8 Mio. allein in Deutschland²⁵ unterwegs sein sollen.

Auch die Shell Wasserstoff-Studie²⁶ von 2017 prognostiziert um das Jahr 2030 herum einen größeren Marktdurchbruch mit bis zu 1 Mio. Neuzulassungen europaweit und bis zu 10 Mio. jährlichen Neuzulassungen ab 2050. Da der Prognosehorizont für Ende des Jahres 2020 bereits deutlich unterschritten wurde bleibt die zukünftige Marktentwicklung weiterhin unsicher und ist genau zu beobachten.

Bezüglich des Aufbaus der Wasserstoff Tankstellennetzes erwartet die Studie aus 2019 „Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland“ der Fraunhofer Institute ISI und ISE 400 Wasserstoff-tankstellen bis 2023 und 1.000 Wasserstofftankstellen bis 2030²⁷. Damit wäre eine flächendeckende Versorgung für Wasserstoff-Pkw gegeben.

Weiterhin bleibt zu erwähnen, dass eine Entwicklung von Tankstellenkonzepten für schwere Nutzfahrzeuge notwendig ist, da diese bei einem bis zu 60-fachen Energiebedarf im Vergleich zu herkömmlichen PKW²⁸ aufgrund der unterschiedlichen Tankmengen einer gesonderten Betrachtung bedürfen. Die aktuell ohnehin schon vorhandene Problematik des Transports und der Speicherung von Wasserstoff zur Nutzung als alternativem Treibstoff dürfte sich vor allem bei Tankstellen für schwere Nutzfahrzeuge auch zukünftig noch als weitaus aufwendiger gestalten. Einen kurzen Überblick über die möglichen Dimensionen von Wasserstofftankstellen zeigt das Bild 24.

²⁴ NOW (2019) : Deutsche H₂-RCS-Roadmap

²⁵ NOW (2019): Deutsche H₂-RCS-Roadmap

²⁶ Shell (2017), Wasserstoff-Studie

²⁷ Fraunhofer (2019) Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland

²⁸ Fraunhofer (2019) Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland

	Sehr klein XS	Klein S	Mittelgroß M	Groß L
Zapfpunkte	1	1	2	4
Maximaler Durchsatz pro Tag	80 kg	212 kg	420 kg	1000 kg
Maximale Betankungen pro Tag	20	38	75	180
Versorgte Fahrzeuge pro Station	100	400	800	1600

Bild 24: Dimensionierung von Wasserstoff-Tankstellen (Quelle: Shell Wasserstoffstudie, 2017)

Neben dem Aufwand der Speicherung und des Transportes von Wasserstoff, des begrenzten Fahrzeugmarktes sowie dem technologischen Vorsprung der Elektromobilität – welche zudem noch einen höheren Nutzungsgrad der Antriebsenergie aufweisen kann – stellen weiterhin die Kosten für die Tankstelleninfrastruktur derzeit die größten Hemmnisse des Marktverlaufs der Wasserstoff-technologie dar.

So können laut der Shell Wasserstoff-Studie Kosten in Höhe von 1. Mio. € bis zu 1,5 Mio. für die Errichtung von Tankstellen mit Tageskapazitäten von 200-300 kg Wasserstoff (entspricht einer kleinen bis mittelgroßen Tankstelle) anfallen. Die genauen Kosten sind dabei jedoch abhängig von der jeweiligen Standortlösung, der Größe sowie den Standortbedingungen.

Bei den aktuellen Zulassungszahlen ist auch für die kommenden Jahre bei weitem nicht mit einem wirtschaftlichen Betrieb zu rechnen, wie eine einfache Überschlagsrechnung zeigt: Der Preis je Kilogramm beträgt derzeit etwa 9,50 €. Wenn man großzügig annimmt, dass man je Kilogramm verkauftem Wasserstoff 0,50 € Gewinn erwirtschaftet, könnte man bei einer Tageskapazität von 300 kg im Optimalfall 150 € je Tag erwirtschaften, was sich auf ein Jahr auf 54.750 € summieren würde (unter optimalsten Bedingungen). Bei Investitionskosten von 1,0 Mio. Euro und einer linearen Abschreibung über 10 Jahre müssten aber jährlich mindestens 100.000 € erwirtschaftet werden. Darüber hinaus bräuchte man 438 Wasserstoff Pkw, bei einer Jahresfahrleistung von 25.000 km und einem durchschnittlichen Verbrauch von 1 kg H₂/100 km um täglich 300 kg Wasserstoff nachzufragen.

In Thüringen gibt es bisher nur eine Tankmöglichkeit in Erfurt am Urbicher Kreuz, die von H₂ Mobility betrieben wird.²⁹ Allerdings können derzeit dort nur Pkw betankt werden und keine Lastkraftwagen. Die Wasserstoff-Infrastruktur ist in Thüringen bisher wenig ausgeprägt, es existieren keine großtechnischen Erzeugeranlagen und es gib nur wenige Wasserstoffverbraucher vor Ort, wie z. B. der Glasindustrie. Außerdem sind weder Wasserstoffspeicher noch eine leitungsgebundene Wasserstoff-Infrastruktur vorhanden³⁰

²⁹ www.h2.live, online

³⁰ BUW (2019) Wasserstoff in Thüringen

Die Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie in Form von Windkraft-, Photovoltaik- und Biogasanlagen in Thüringen in bedeutender Größenordnung stellt allerdings auch aufgrund der dezentralen Verteilung eine gute Voraussetzung für die zukünftige Versorgung mit Wasserstoff dar.

Anhand dessen wurde in dem Gutachten „Wasserstoff in Thüringen“ ein dezentraler Lösungsansatz für die Bereitstellung von Wasserstoff in Thüringen gewählt. Demnach soll eine Wasserstoff-Betankungs-Infrastruktur in Thüringen dezentral und schrittweise ausgebaut werden, der benötigte Wasserstoff soll dabei anhand von On-Site-Elektrolyse (Produktion von Wasserstoff vor Ort) produziert werden. Weiterhin ermöglichen die Voraussetzungen die Errichtung größerer Power-to-Gas-Anlagen, die die Wasserstoffproduktion für Schienenfahrzeuge sicherstellt.

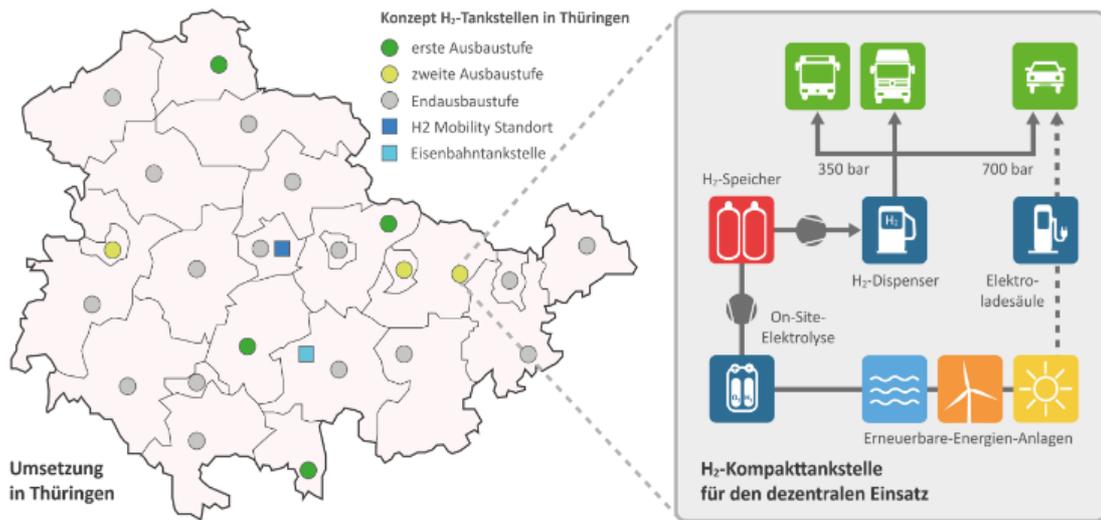


Bild 25: Konzept zur Errichtung von Wasserstoff-Betankungs-Infrastruktur in Thüringen (Quelle: Bauhaus-Universität Weimar)

6 Empfehlungen für einen stufenweisen Ausbau der Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2030

Auf Grundlage der Studie Ladeinfrastrukturstrategie für Elektrofahrzeuge des Freistaats Thüringen für die Jahre 2016-2020 (LISS 2020) ist es gelungen, in Thüringen eine flächendeckende und angemessene Grundausrüstung an Ladeinfrastruktur zu implementieren. Insbesondere durch die enge Kooperation und das große Engagement der Thüringer Energiewirtschaft ist somit eine sehr gute Basis für den weiteren Markthochlauf gegeben. Die Fördermodalitäten des Freistaats Thüringen und des Bundes sind effizient genutzt worden, was eine Umsetzung ermöglicht hat, obwohl ein wirtschaftlicher Betrieb bei den geringen Nutzerzahlen am Beginn des Markthochlaufs nicht abbildbar war und ist. Neben der eigentlichen Infrastruktur ist auch ein einheitliches Abrechnungssystem implementiert worden.

Es sind somit sehr gute Grundlagen geschaffen worden, um die nächsten Phasen für die Ladeinfrastruktur zu realisieren. Für diese Phasen ist jetzt ein Paradigmenwechsel mit einem anderen konzeptionellen Ansatz erforderlich. Das Angebot an Ladeinfrastruktur kann und sollte sich jetzt an der konkreten Nachfrage orientieren, das heißt an der realen Entwicklung der zugelassenen Elektrofahrzeuge. Aus vielen Indikatoren lässt sich ableiten, dass diese Nachfrage in den nächsten zehn Jahren deutlich ansteigen wird. Der konkrete Verlauf der Zulassungszahlen ist nicht exakt prognostizierbar. Es existiert eine Vielzahl von Prognosen und Zielwerten, die aber alle größeren Unsicherheiten unterliegen:

- Es wird daher empfohlen, zunächst die relevanten Markthochlauf-Indikatoren im 3-Jahres-Rhythmus zu erfassen und daraus jeweils Kurz- und Mittelfristprognosen abzuleiten. Die vorhandene Datenbasis und die erprobte Methodik der LISS-Studie bieten die Möglichkeit, den örtlichen Bedarf auf Ebene der Kreise anhand der erstellten Übersichtskarte und unter Berücksichtigung der Register der Bundesnetzagentur und weiterer Quellen zu ermitteln.
- Für jeden Landkreis bzw. für die kreisfreien Städte kann der Gesamtbedarf angepasst werden und ein entsprechender Förderbedarf abgeleitet werden, der aus Mitteln des Bundes und des Freistaats Thüringen gedeckt werden kann.
- Die Bereitstellung des Stroms für die Ladeinfrastruktur sollte nach wie vor zumindest bilanziell komplett aus regenerativer Energie erfolgen. Zumindest innerhalb der nächsten 10 Jahre ist es nicht erforderlich, die Stromnetze in größerem Umfang an die erhöhte Nachfrage anzupassen. Lokale Konzepte zur Anpassung des Stromnetzes sind aber gegebenenfalls erforderlich.

Das bisherige Konzept einer Kombination von Normalladen und Schnellladen hat sich in der ersten Phase bewährt. Für den künftigen Markthochlauf ergeben sich durch die größere Nachfrage und durch die technologischen Entwicklungen auf der Seite der Fahrzeuge und der Ladestationen neue Optionen und Herausforderungen:

- Der überwiegende Teil der Ladevorgänge wird in den nächsten 10 Jahren zuhause und am Arbeitsplatz stattfinden. Der Aufbau von privaten Ladepunkten ist im Vergleich zu öffentlicher Ladeinfrastruktur relativ kostengünstig und wird derzeit durch den Bund umfassend gefördert. Der Freistaat Thüringen sollte dies im Verbund mit den Energieversorgern intensiv unterstützen, beispielsweise durch Beratungsangebote und Öffentlichkeitsarbeit.

- Rund 50 Prozent aller Pkw in Thüringen sind derzeit in Besitz von Bewohnern von Drei- und Mehrgeschoßwohnhäusern. In den kreisfreien Städten liegt dieser Wert sogar bei 79 Prozent. Hier mangelt es in vielen Fällen an privaten Ladepunkten, teilweise weil die Stellplätze ohne Stromversorgung sind oder weil gar kein privater Stellplatz zur Verfügung steht. Mehr als 50% der Einwohner in Metropolen parken im öffentlichen Straßenraum³¹. Für diese Nutzergruppe ist das Netz von Schnellladepunkten zu verdichten. Neben den bereits geplanten Standorten an den Bundesautobahnen und Bundesstraßen sind entsprechende Lademöglichkeiten vor allem in den Städten erforderlich, da in urbanen Räumen die Heimladung einen geringeren Anteil hat, so dass ein dichteres Netz an öffentlichen Lademöglichkeiten benötigt wird als in ländlichen Regionen.
- Mittlerweile gibt es für diese große Nachfragegruppe die Möglichkeit, sogenannte Schnelllade-Hubs mit 50 kW, 150 kW oder mit noch höherer Leistung zu installieren. Konkrete Erfahrungen im Hinblick auf Technik, Wirtschaftlichkeit oder Akzeptanz liegen aber im Moment noch nicht in ausreichender Form vor. Es wird daher empfohlen, an etwa drei Standorten in Thüringer Städten Pilotvorhaben zu realisieren und auszuwerten. Die Ergebnisse sollten dann in die entsprechenden Konzepte für den weiteren Ausbau einfließen.
- Der Aufbau von Lade-Hubs mit Schnellladepunkten verringert die Anzahl der insgesamt notwendigen Ladepunkte. Statt ursprünglich 10 Elektrofahrzeuge je Ladepunkt könnten dann Werte zwischen 15 und 25 Elektro-Pkw je Ladepunkt ausreichend sein.

Prinzipiell sollte der Ausbau der Ladeinfrastruktur durch Förderung und begleitende Maßnahmen jetzt so gesteuert werden, dass ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Für mögliche Szenarien ist dies beispielhaft in dieser Studie dargestellt worden:

- In dieser Studie wurde der Tagesbedarf an Strom für die jeweiligen Kreise und kreisfreien Städte nach der BDI-Klimaschutzprognose für 2030 errechnet. Je nach OPEX – also der jährlichen Gesamtbetriebskosten – der jeweiligen Ausführung der Ladestation (Normalladen, Schnellladen, Lade-Hubs) ergibt sich mit einer angenommenen Marge je kWh eine benötigte Strommenge für einen wirtschaftlichen Betrieb. Der Mix aus Normalladen, Schnelllade-Hubs mit 50 kW und Schnelllade-Hubs mit 150 kW muss individuell je nach den örtlichen Möglichkeiten und Bedingungen festgelegt werden. Empfohlen wird der Schwerpunkt auf das Schnellladen zu legen. Im ersten Schritt sollten an drei Aufkommensschwerpunkten Schnelllade-Hubs mit 150 kW als Pilotvorhaben mit Förderung realisiert werden, z. B. in Erfurt, Jena und Nordhausen. So könnten notwendige Erfahrungen zur Akzeptanz innerörtlicher Lade-Hubs gesammelt werden.
- Wenn theoretisch im Jahr 2060 alle Pkw in Erfurt als BEV unterwegs sind und der Motorisierungsgrad unverändert bleibt dann hätten voraussichtlich 59.000 Pkw keine Lademöglichkeit zu Hause. Der Aufbau von 59 Schnelllade-Hubs 150 kW mit je 6 Ladepunkten wären rein rechnerisch dafür mindestens notwendig.

Neben der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge sollte aber auch die Wasserstofftechnologie unterstützt werden. Sie wird insbesondere im Bereich der schweren Fahrzeuge als eine zentrale Technologie mit großem Potential angesehen. Aktuell hat der Bund im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie mehrere Großprojekte gestartet und auch in Thüringen gehen von der H2well-

³¹ infas (2019)

Initiative wichtige Impulse aus. Es wird empfohlen, im Rahmen von Pilotvorhaben weitere Wasserstofftankstellen zu realisieren und den Marktvorlauf weiter zu unterstützen.

7 Fazit und Ausblick

Mit der Fortschreibung der Ladeinfrastrukturstrategie setzt der Freistaat Thüringen ein klares Signal: die Reduktion der Treibhausgase im Verkehrssektor kann nur gelingen, wenn von den knapp 1,2 Mio. Pkw in Thüringen künftig nicht nur 8.327 Elektrofahrzeuge unterwegs sind (entspricht 0,7%, Stand 1.1.2021), sondern signifikant mehr. Obwohl der Motorisierungsgrad von 558 Pkw/1.000 Einwohner dem Bundesdurchschnitt quasi entspricht, werden nur 1,3% aller in Deutschland verkauften BEV in Thüringen abgesetzt.

Mit der in dieser Studie angewendeten Prognosen zum Markthochlauf der Elektromobilität wird im Jahr 2030 voraussichtlich jeder 10. Pkw ein Stromer sein. Das wäre ein Schritt in die richtige Richtung, aber wünschenswert aus Sicht des Klimaschutzes wären natürlich noch deutlich höhere Absatzzahlen.

Mit Bravour haben vor allem der Verbund der Thüringer Energieversorger den flächendeckenden Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in den letzten Jahren vorangebracht. In keinem anderen Bundesland ist die Quote an Elektrofahrzeugen je Ladepunkt aus Sicht der Nutzer so günstig wie in Thüringen. Um aber die Ladestationen auch wirtschaftlich betreiben zu können, bedarf es vor allem einer höheren Nachfrage durch eine deutlich größere Anzahl von elektrisch betriebenen Fahrzeugen.

Ein Fokus dieser Studie war es auch, die Wirtschaftlichkeit von unterschiedlichen Konstellationen von Ladestationen zu untersuchen. Dabei traten vor allem Lade-Hubs in den Fokus, die aus sechs oder acht Schnellladepunkten bestehen. Mit der Einführung zahlreicher neuer Fahrzeugmodelle in den letzten Monaten wird auch die Schnellladetechnologie der Fahrzeuge immer besser und die CCS-Schnellladebuchse wird mehr und mehr zum Standard. Damit kann eine Reichweite von 100 Kilometern in weniger als 15 Minuten geladen werden.

Für die Bearbeitung dieser Studie wurde eine Methodik angewendet, die zahlreiche Grundlagendaten bis auf Kreisebene erfasst und sie mit gesicherten Annahmen und Prognosen unterschiedlicher Studien Dritter verschneidet und schließlich den Bedarf an wirtschaftlicher Ladeinfrastruktur ermittelt. Der richtige Mix muss vor Ort abgeschätzt und individuell festgelegt werden. Empfohlen wird der Schwerpunkt auf das Schnellladen zu legen, da dann vor allem auch die Standzeiten ohne Ladevorgang deutlich niedriger ausfallen werden, was beispielhaft die Auswertung entsprechender Ladesäulendaten belegt hat.

In wie weit und wie stark private Marktakteure öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur auf ihren Privatparkplätzen in Thüringen errichten werden bleibt abzuwarten. Entsprechende grundsätzliche Absichten gibt es jedoch schon von Kaufland, Lidl, Mc Donalds (Mc Drive), Ikea, Rewe, Edeka und anderen. Auf der anderen Seite will z. B. der Volkswagen Konzern mit seinem Tochterunternehmen Elli Ladestationen bei Autohändlern errichten aber auch Öko-Strom an Privathaushalte und Kleinunternehmen liefern.

Neben der batterieelektrischen Mobilität sollte auch die Wasserstoffmobilität als künftige Alternative weiterverfolgt und nach Bedarf unterstützt werden. Die Technologiefortschritte beim Fahrzeugbau und bei der Tank- und Transportinfrastruktur werden schon bald sinnvolle Anwendungsfälle, z. B. bei Nutzfahrzeugen, mit sich bringen.

Die regelmäßige Feststellung von Indikatoren des Markthochlaufs sollte in einem 3-Jahres-Rhythmus erfolgen, um daraus Kurz- und Mittelfristprognosen anzupassen. Ebenso sollten Förderprogramme des Landes evaluiert und auf ihre Wirkung auf den Markthochlauf überprüft werden.

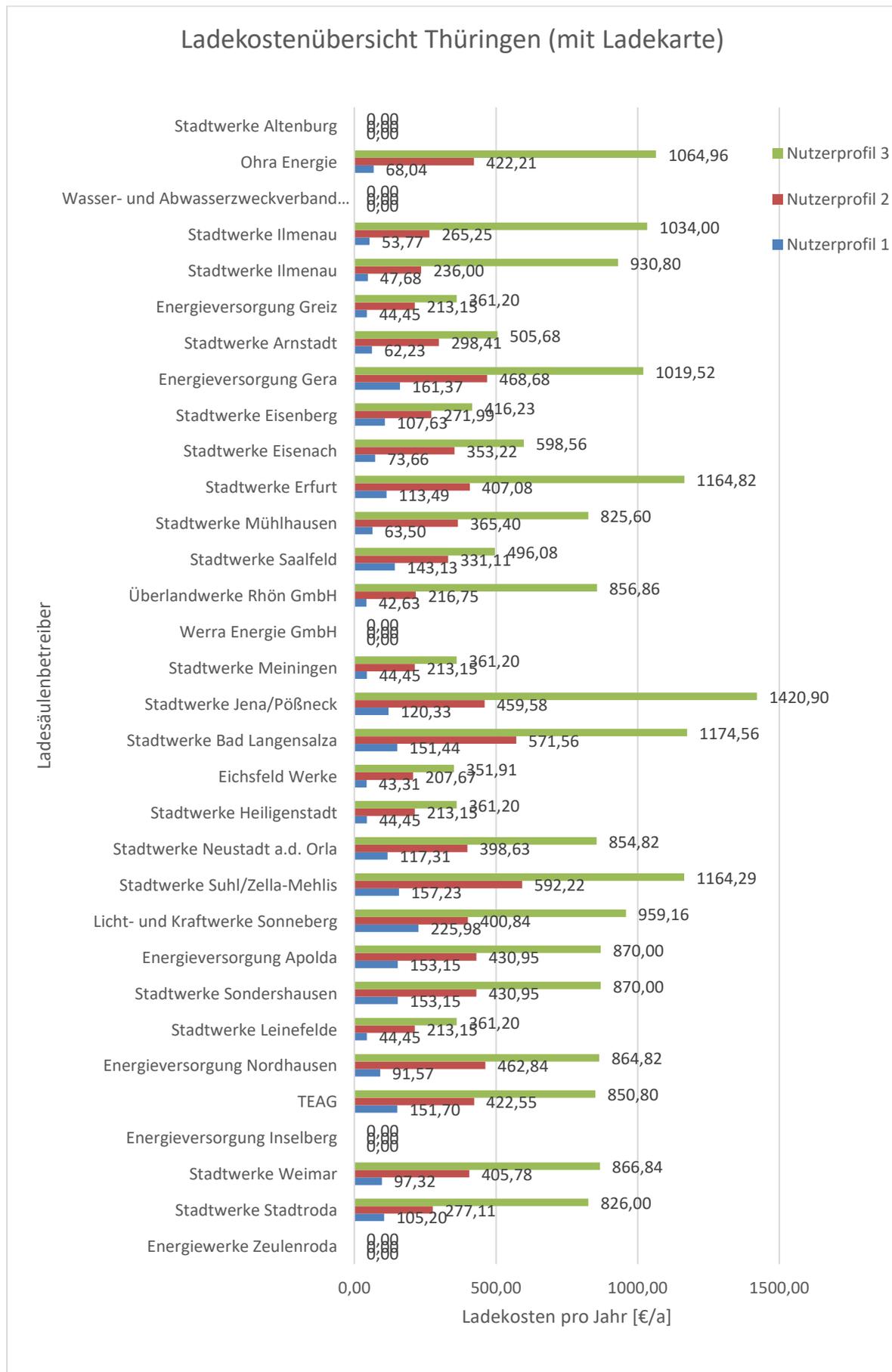
Literaturverzeichnis

- BMVI (2019): Gesetzeskarte Elektromobilität, Karte zentraler Strategien, Gesetze und Veordnungen, März 2019, [LINK Gesetzeskarte Elektromobilität](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021
- BMVI (2020): Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregieurng, BMVI, 2020, [LINK Masterplan Ladeinfrastruktur](#), zuletzt überprüft 18.2.2020
- BUW (2019): Wasserstoff in Thüringen, Ausgangslage, Potentiale und Handlungsoptionen, Bauhaus-Universität Weimar, 2019, [LINK Wasserstoff Thüringen](#), zuletzt überprüft am 18.2.2020
- NOW (2018): Elektromobilität vor Ort, NOW GmbH, 2018, [LINK Elektromobilität vor Ort](#), zuletzt überprüft am 18.2.2020
- DENA (2020): dena-Studie: Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland, Deutsche Energie-Agentur, im Auftrag der EnBW, 2020, [LINK dena-Studie](#), zuletzt überprüft 18.2.2020
- EU (2014): Richtlinie 2014/94/EU des europäischen Parlamentes und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, [LINK Richtlinie 2014/94/EU](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021
- KBA (2021): Pressemitteilung Nr. 01/2021: Elektromobilität in Deutschland auf der Überholspur, Kraftfahrtbundesamt (KBA), 6.1.2021, [LINK KBA Pressemitteilung 01/2021](#)
- Fraunhofer (2019): Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland, Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE, 2019, [LINK Roadmap Deutschland](#), zuletzt überprüft am 20.2.2021
- Infas (2019): Mobilität in Deutschalnd - MiD, Ergebnisbericht, infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH Bonn, [LINK MiD 2017 Ergebnisbericht](#), zuletzt überprüft am 21.2.2021
- KBA FZ13 (2020): Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, fortlaufende Jahresergebnisse, www.kba.de
- KBA FZ8 (2020): Fahrzeugzulassungen (FZ) Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern – fortlaufende Monatsergebnisse, www.kba.de
- LBS (2019): Infrastrukturbedarf E Mobilität, Ludwig-Bölkow-Stiftung, 2019, [LINK Infrastrukurbedarf E-Mobilität](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021
- LEMnet (2020): Lemnet, Verzeichnis von Stromtankstellen für Elektrofahrzeuge, www.lemnet.org
- LISS 2020 (2016): Ladeinfrastrukturstrategie für Elektrofahrzeuge des Freistaats Thüringen für die Jahre 2016-2020, Bauhaus-Universität Weimar, Fraunhofer IOSB Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST, im Auftrag Thüringee Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz, 2016, [LINK LISS 2020](#)
- EMob (2017): Masterplan Elektromobilität für Thüringen 2030, Bauhaus-Universität Weimar, Fachhochschule Erfurt, [LINK Masterplan Elektromobilität 2030](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021
- NOW (2019): NOW GmbH, Die Deutsche H2-RCS-Roadmap 2025, [LINK Deutsche H2 Roadmap](#)
- NOW (2020): Ladeinfrastruktur nach 2025/2030, Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, NOW GmbH Berlin, [LINK Ladeinfrastruktur nach 2025/2030](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021
- Prognos (2020): Lade-Report, erstellt im Auftrag der EnBW, Februar 2020, [LINK Prognos Lade-Report](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021
- Shell (2017): Shell Wasserstoff-Studie: Energie der Zukunft?, Shell AG, 2017, [LINK Shell Wasserstoff-Studie](#), zuletzt überprüft am 18.02.2021

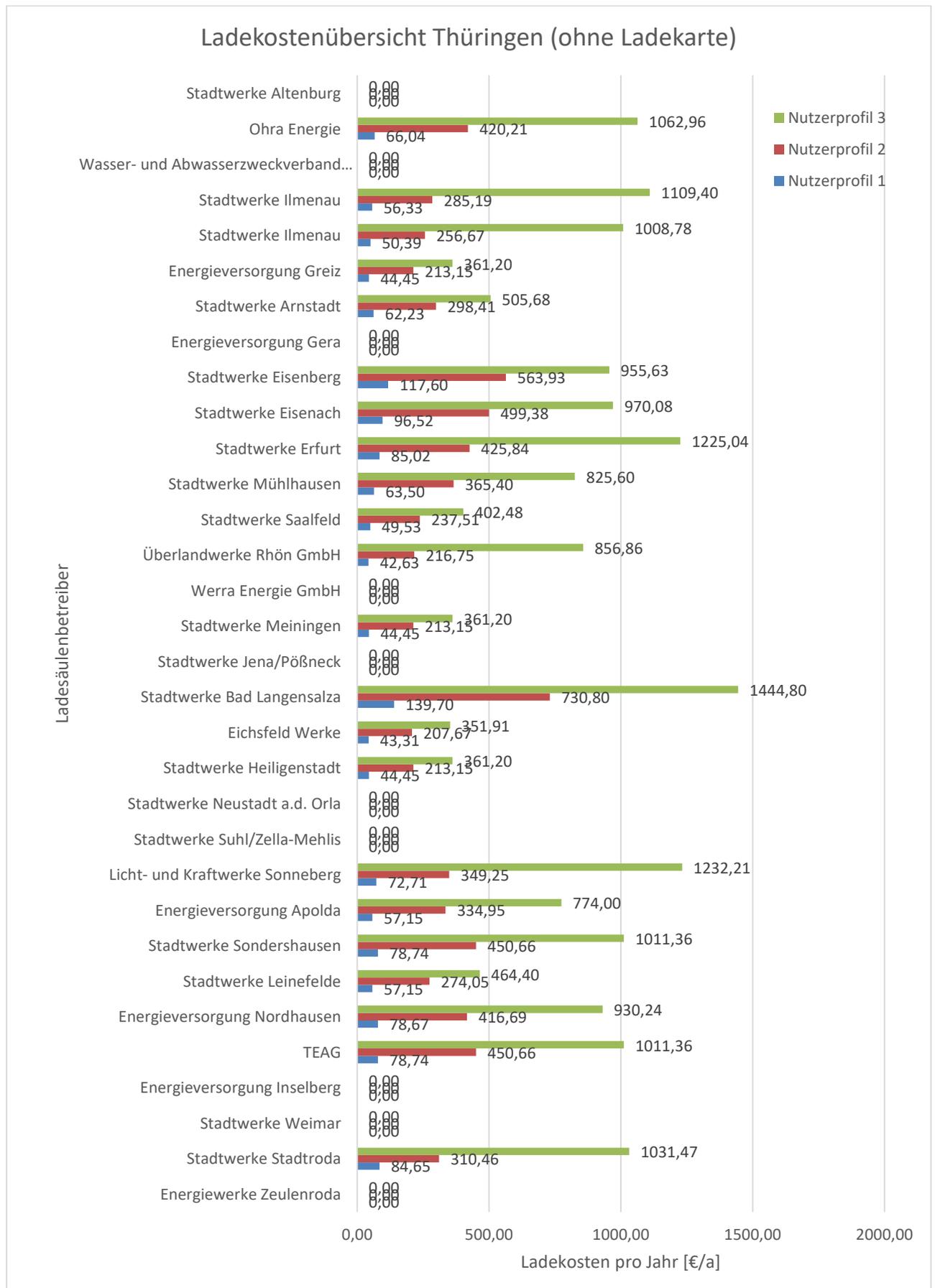
TMUEN (2019): Richtlinie des Freistaates Thüringen zur Förderung der Elektromobilität „E-Mobil Invest“, Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN)

Anlagenverzeichnis

Anlage I:	Überblick über die jährlichen Ladekosten der einzelnen Nutzerprofile mit Ladekarte (eigene Darstellung).....	1
Anlage II:	Überblick über die jährlichen Ladekosten der einzelnen Nutzerprofile ohne Ladekarte (eigene Darstellung).....	2
Anlage III:	Statistiken zu Einwohner, Pkw-Bestand, Motorisierungsgrad und Pkw je Wohnung	3
Anlage IV:	Statistiken zu Gebäuden und Wohnungen	4
Anlage V:	Wohnungen mit und ohne private Lademöglichkeit	5
Anlage VI:	Anzahl Elektro-Pkw je Zulassungsbezirk und öffentlicher Strombedarf 2025.....	6
Anlage VII:	Bedarf an Ladestationen mit unterschiedlichen Konstellationen zu Anzahl Ladepunkte, OPEX, maximaler Stromstärke und beispielhafter Margen je kWh Strom für jeden Zulassungsbezirk 2025	7
Anlage VIII:	Anzahl Elektro-Pkw je Zulassungsbezirk und öffentlicher Strombedarf 2030.....	8
Anlage IX:	Bedarf an Ladestationen mit unterschiedlichen Konstellationen zu Anzahl Ladepunkte, OPEX, maximaler Stromstärke und beispielhafter Margen je kWh Strom für jeden Zulassungsbezirk 2030	9



Anlage I: Überblick über die jährlichen Ladekosten der einzelnen Nutzerprofile mit Ladekarte (eigene Darstellung)



Anlage II: Überblick über die jährlichen Ladekosten der einzelnen Nutzerprofile ohne Ladekarte (eigene Darstellung)

Kreisfreie Stadt Landkreis	Einwohner	Pkw	Motorisierungsgrad [Pkw/1000 E]	Anteil Pkw je Zulassungsbezirk innerhalb Thüringens	Pkw je Wohnung	Wohnungen Summe
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anzahl
01.01.2020						
Stadt Erfurt	213.981	97.312	455	8%	0,86	113.703
Stadt Gera	93.125	45.799	492	4%	0,76	59.874
Stadt Jena	111.343	45.189	406	4%	0,73	61.974
Stadt Suhl	36.789	20.359	553	2%	0,93	21.982
Stadt Weimar	65.228	30.935	474	3%	0,90	34.492
Stadt Eisenach	42.250	21.363	506	2%	0,91	23.360
Eichsfeld	100.006	60.128	601	5%	1,31	45.915
Nordhausen	83.416	47.162	565	4%	1,04	45.162
Wartburgkreis	118.974	73.921	621	6%	1,23	60.252
Unstrut-Hainich-Kreis	102.232	56.778	555	5%	1,07	52.974
Kyffhäuserkreis	74.212	44.390	598	4%	1,08	40.983
Schmalkalden-Meiningen	124.916	76.140	610	6%	1,18	64.335
Gotha	134.908	76.123	564	6%	1,09	70.025
Sömmerda	69.427	40.379	582	3%	1,16	34.775
Hildburghausen	63.197	39.320	622	3%	1,26	31.210
Ilm-Kreis	106.249	58.807	553	5%	1,01	58.381
Weimarer Land	82.156	48.353	589	4%	1,16	41.695
Sonneberg	57.717	34.957	606	3%	1,09	32.008
Saalfeld-Rudolstadt	103.199	60.346	585	5%	1,04	57.879
Saale-Holzland-Kreis	82.950	49.469	596	4%	1,17	42.351
Saale-Orla-Kreis	80.312	50.471	628	4%	1,17	43.084
Greiz	97.398	60.296	619	5%	1,09	55.416
Altenburger Land	89.393	51.419	575	4%	0,94	54.866
Thüringen	2.133.378	1.189.416	558	100%	1,04	1.146.696
kreisfreie Städte	562.716	260.957	464	22%	0,83	315.385
Landkreise	1.570.662	928.459	591	78%	1,12	831.311

Anlage III: Statistiken zu Einwohner, Pkw-Bestand, Motorisierungsgrad und Pkw je Wohnung.

Kreisfreie Stadt Landkreis	Einwohner	Wohnungen Summe	Anzahl Whg. in Gebäuden mit 1 oder 2 Whg.	Anteil an allen Wohnungen	Anzahl Whg. in Gebäuden ab 3 Wohnein- heiten	Anteil an allen Wohnungen	Durchschn. Anz. Whg. je Gebäude ab 3 Wohn- einheiten
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl
01.01.2020							
Stadt Erfurt	213.981	113.703	21.725	19%	91.978	81%	9,3
Stadt Gera	93.125	59.874	10.574	18%	49.300	82%	8,6
Stadt Jena	111.343	61.974	11.441	18%	50.533	82%	9,1
Stadt Suhl	36.789	21.982	7.647	35%	14.335	65%	8,8
Stadt Weimar	65.228	34.492	8.018	23%	26.474	77%	8,6
Stadt Eisenach	42.250	23.360	5.952	25%	17.408	75%	6,4
Eichsfeld	100.006	45.915	30.239	66%	15.676	34%	6,2
Nordhausen	83.416	45.162	22.305	49%	22.857	51%	7,1
Wartburgkreis	118.974	60.252	40.467	67%	19.785	33%	6,1
Unstrut-Hainich-Kreis	102.232	52.974	30.443	57%	22.531	43%	6,2
Kyffhäuserkreis	74.212	40.983	25.821	63%	15.162	37%	6,3
Schmalkalden-Meiningen	124.916	64.335	41.842	65%	22.493	35%	6,1
Gotha	134.908	70.025	36.176	52%	33.849	48%	6,3
Sömmerda	69.427	34.775	22.299	64%	12.476	36%	6,4
Hildburghausen	63.197	31.210	22.014	71%	9.196	29%	5,3
Ilm-Kreis	106.249	58.381	28.422	49%	29.959	51%	6,6
Weimarer Land	82.156	41.695	25.200	60%	16.495	40%	5,8
Sonneberg	57.717	32.008	18.615	58%	13.393	42%	5,8
Saalfeld-Rudolstadt	103.199	57.879	29.065	50%	28.814	50%	6,1
Saale-Holzland-Kreis	82.950	42.351	24.275	57%	18.076	43%	6,3
Saale-Orla-Kreis	80.312	43.084	25.947	60%	17.137	40%	5,6
Greiz	97.398	55.416	29.641	53%	25.775	47%	5,7
Altenburger Land	89.393	54.866	21.247	39%	33.619	61%	6,3
Thüringen	2.133.378	1.146.696	539.375	47%	607.321	53%	6,7
kreisfreie Städte	562.716	315.385	65.357	21%	250.028	79%	8,5
Landkreise	1.570.662	831.311	474.018	57%	357.293	43%	6,1

Anlage IV: Statistiken zu Gebäuden und Wohnungen

Kreisfreie Stadt Landkreis	Einwohner		Wohnungen Summe		Durchschn. Anz. Wng. je Gebäude ab 3 Wohn- einheiten	Anzahl	Wohnungen MIT Möglichkeit Privatanschluss Gebäude mit 1 oder 2 Wohnungen	Wohnungen MIT Möglichkeit Privatanschluss Gebäude mit 3 und mehr Wohnungen	SUMME Wohnungen MIT Möglichkeit Privatstrom- anschluss	Wohnungen OHNE Möglichkeit Privatanschluss Gebäude mit 1 oder 2 Wohnungen	Wohnungen OHNE Möglichkeit Privatanschluss Gebäude mit 3 und mehr Wohnungen	SUMME Wohnungen OHNE Möglichkeit Privatstrom- anschluss
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl								
01.01.2020												
Stadt Erfurt	213.981	113.703	9,3	17.380	27.593	44.973	4.345	64.385	68.730			
Stadt Gera	93.125	59.874	8,6	8.459	14.790	23.249	2.115	34.510	36.625			
Stadt Jena	111.343	61.974	9,1	9.153	15.160	24.313	2.288	35.373	37.661			
Stadt Suhl	36.789	21.982	8,8	6.118	4.301	10.418	1.529	10.035	11.564			
Stadt Weimar	65.228	34.492	8,6	6.414	7.942	14.357	1.604	18.532	20.135			
Stadt Eisenach	42.250	23.360	6,4	4.762	8.704	13.466	1.190	8.704	9.894			
Eichsfeld	100.006	45.915	6,2	24.191	7.838	32.029	6.048	7.838	13.886			
Nordhausen	83.416	45.162	7,1	17.844	6.857	24.701	4.461	16.000	20.461			
Wartburgkreis	118.974	60.252	6,1	32.374	9.893	42.266	8.093	9.893	17.986			
Unstrut-Hainich-Kreis	102.232	52.974	6,2	24.354	11.266	35.620	6.089	11.266	17.354			
Kyffhäuserkreis	74.212	40.983	6,3	20.657	7.581	28.238	5.164	7.581	12.745			
Meiningen	124.916	64.335	6,1	33.474	11.247	44.720	8.368	11.247	19.615			
Gotha	134.908	70.025	6,3	28.941	16.925	45.865	7.235	16.925	24.160			
Sömmerda	69.427	34.775	6,4	17.839	6.238	24.077	4.460	6.238	10.698			
Hildburghausen	63.197	31.210	5,3	17.611	4.598	22.209	4.403	4.598	9.001			
Ilm-Kreis	106.249	58.381	6,6	22.738	14.980	37.717	5.684	14.980	20.664			
Weimarer Land	82.156	41.695	5,8	20.160	8.248	28.408	5.040	8.248	13.288			
Sonneberg	57.717	32.008	5,8	14.892	6.697	21.589	3.723	6.697	10.420			
Saalfeld-Rudolstadt	103.199	57.879	6,1	23.252	14.407	37.659	5.813	14.407	20.220			
Saale-Holzland-Kreis	82.950	42.351	6,3	19.420	9.038	28.458	4.855	9.038	13.893			
Saale-Orla-Kreis	80.312	43.084	5,6	20.758	8.569	29.326	5.189	8.569	13.758			
Greiz	97.398	55.416	5,7	23.713	12.888	36.600	5.928	12.888	18.816			
Altenburger Land	89.393	54.866	6,3	16.998	16.810	33.807	4.249	16.810	21.059			
Thüringen	2.133.378	1.146.696	6,7	431.500	252.565	684.065	107.875	354.756	462.631			
kreisfreie Städte	562.716	315.385	8,5	52.286	78.490	130.776	13.071	171.538	184.609			
Landkreise	1.570.662	831.311	6,1	379.214	174.075	553.290	94.804	183.218	278.022			

Anlage V: Wohnungen mit und ohne private Lademöglichkeit

Kreisfreie Stadt Landkreis	Pkw	Bestand 1.1.2020 BEV + PHEV	Proz. Anteil E Pkw von Thüringen	2025	2025	2025	2025	2025	2025
				Anzahl BEV im Verhältnis zu E- Pkw Anteil 1.1.2020 in Thüringen	Anzahl PHEV im Verhältnis zu E-Pkw Anteil 1.1.2020 in Thüringen	Jahresstrom- bedarf BEV (1 BEV = 2625 kWh)	Jahresstrom- bedarf PHEV (1 PHEV = 1010 kWh)	Jahresstrom- bedarf SUMME	Tagesstrom- bedarf öffentliches Laden (Anteil 20%)
01.01.2020				Anzahl	Anzahl	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[kWh]
Stadt Erfurt	97.312	488	15%	3.231	1.820	8,5	1,8	10,3	5.655
Stadt Gera	45.799	95	3%	629	354	1,7	0,4	2,0	1.101
Stadt Jena	45.189	195	6%	1.291	727	3,4	0,7	4,1	2.259
Stadt Suhl	20.359	36	1%	238	134	0,6	0,1	0,8	417
Stadt Weimar	30.935	114	4%	755	425	2,0	0,4	2,4	1.321
Stadt Eisenach	21.363	67	2%	444	250	1,2	0,3	1,4	776
Eichsfeld	60.128	139	4%	920	518	2,4	0,5	2,9	1.611
Nordhausen	47.162	123	4%	814	459	2,1	0,5	2,6	1.425
Wartburgkreis	73.921	158	5%	1.046	589	2,7	0,6	3,3	1.831
Unstrut-Hainich-Kreis	56.778	157	5%	1.040	585	2,7	0,6	3,3	1.819
Kyffhäuserkreis	44.390	60	2%	397	224	1,0	0,2	1,3	695
Meiningen	76.140	175	5%	1.159	652	3,0	0,7	3,7	2.028
Gotha	76.123	278	9%	1.841	1.037	4,8	1,0	5,9	3.221
Sömmerda	40.379	85	3%	563	317	1,5	0,3	1,8	985
Hildburghausen	39.320	52	2%	344	194	0,9	0,2	1,1	603
Ilm-Kreis	58.807	230	7%	1.523	858	4,0	0,9	4,9	2.665
Weimarer Land	48.353	138	4%	914	515	2,4	0,5	2,9	1.599
Sonneberg	34.957	78	2%	516	291	1,4	0,3	1,6	904
Saalfeld-Rudolstadt	60.346	120	4%	795	447	2,1	0,5	2,5	1.390
Saale-Holzland-Kreis	49.469	143	4%	947	533	2,5	0,5	3,0	1.657
Saale-Orla-Kreis	50.471	90	3%	596	336	1,6	0,3	1,9	1.043
Greiz	60.296	97	3%	642	362	1,7	0,4	2,1	1.124
Altenburger Land	51.419	90	3%	596	336	1,6	0,3	1,9	1.043
Thüringen	1.189.416	3.208	100%	21.241	11.961	56	12	68	37.172
kreisfreie Städte	260.957	995	31%	6.588	3.710	17	4	21	11.529
Landkreise	928.459	2.213	69%	14.653	8.251	38	8	47	25.642

Anlage VI: Anzahl Elektro-Pkw je Zulassungsbezirk und öffentlicher Strombedarf 2025

Kreisfreie Stadt Landkreis	Pkw	Bestand 1.1.2020 BEV + PHEV	Proz. Anteil E Pkw von Thüringen	2025	2025	2025	2025	2025	IST-Zustand Okt. 2020 Ladepunkte
				Tagesstrom- bedarf öffentliches Laden (Anteil 20%)	OPEX=3.000 €/a schwarze Null Normal- ladestation 22 kW mit 2 LP (82 kWh/Tag bei 10 ct/kWh Marge)	OPEX=7.000 €/a schwarze Null Schnell- ladestation 50 kW mit 2 LP (96 kWh/Tag bei 20 ct/kWh Marge)	OPEX=11.250 €/a schwarze Null Schnell- ladestation 50 kW mit 6 LP (205 kWh/Tag bei 20 ct/kWh Marge)	OPEX=64.450 €/a schwarze Null Schnell- ladestation 150 kW mit 8 LP (491 kWh/Tag bei 30 ct/kWh Marge)	
01.01.2020	Anzahl	Anzahl	Anteil (%)	[kWh]	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Stadt Erfurt	97.312	488	15%	5.655	69	59	28	12	86
Stadt Gera	45.799	95	3%	1.101	13	11	6	2	50
Stadt Jena	45.189	195	6%	2.259	28	24	11	5	62
Stadt Suhl	20.359	36	1%	417	5	4	2	1	24
Stadt Weimar	30.935	114	4%	1.321	16	14	7	3	43
Stadt Eisenach	21.363	67	2%	776	9	8	4	2	27
Eichsfeld	60.128	139	4%	1.611	20	17	8	3	42
Nordhausen	47.162	123	4%	1.425	17	15	7	3	43
Wartburgkreis	73.921	158	5%	1.831	22	19	9	4	24
Unstrut-Hainich-Kreis	56.778	157	5%	1.819	22	19	9	4	43
Kyffhäuserkreis	44.390	60	2%	695	8	7	3	1	33
Meiningen	76.140	175	5%	2.028	25	21	10	4	60
Gotha	76.123	278	9%	3.221	39	34	16	7	64
Sömmerda	40.379	85	3%	985	12	10	5	2	17
Hildburghausen	39.320	52	2%	603	7	6	3	1	16
Ilm-Kreis	58.807	230	7%	2.665	33	28	13	5	52
Weimarer Land	48.353	138	4%	1.599	20	17	8	3	29
Sonneberg	34.957	78	2%	904	11	9	5	2	13
Saalfeld-Rudolstadt	60.346	120	4%	1.390	17	14	7	3	46
Saale-Holzland-Kreis	49.469	143	4%	1.657	20	17	8	3	101
Saale-Orla-Kreis	50.471	90	3%	1.043	13	11	5	2	49
Greiz	60.296	97	3%	1.124	14	12	6	2	23
Altenburger Land	51.419	90	3%	1.043	13	11	5	2	42
Thüringen	1.189.416	3.208	100%	37.172	453	387	186	76	989
kreisfreie Städte	260.957	995	31%	11.529	141	120	58	23	292
Landkreise	928.459	2.213	69%	25.642	313	267	128	52	697

Anlage VII: Bedarf an Ladestationen mit unterschiedlichen Konstellationen zu Anzahl Ladepunkte, OPEX, maximaler Stromstärke und beispielhafter Margen je kWh Strom für jeden Zulassungsbezirk 2025

Kreisfreie Stadt Landkreis	Pkw	Anteil Pkw je Zulassungsbezirk innerhalb Thüringens	Bestand 1.1.2020 BEV + PHEV	2030	2030	2030	2030	2030	2030
				Anzahl BEV im Verhältnis zu Pkw-Anteil 1.1.2020 in Thüringen	Anzahl PHEV im Verhältnis zu Pkw-Anteil 1.1.2020 in Thüringen	Jahresstrombe- darf BEV (1 BEV = 2625 kWh)	Jahresstrombe- darf PHEV (1 PHEV = 1010 kWh)	Jahresstrom- bedarf SUMME	Tagesstrom- bedarf öffentliches Laden (Anteil 25%)
01.01.2020				Anzahl	Anzahl	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[kWh]
Stadt Erfurt	97.312	8%	488	7.339	2.234	19,3	2,3	21,5	14.740
Stadt Gera	45.799	4%	95	3.454	1.051	9,1	1,1	10,1	6.937
Stadt Jena	45.189	4%	195	3.408	1.037	8,9	1,0	10,0	6.845
Stadt Suhl	20.359	2%	36	1.535	467	4,0	0,5	4,5	3.084
Stadt Weimar	30.935	3%	114	2.333	710	6,1	0,7	6,8	4.686
Stadt Eisenach	21.363	2%	67	1.611	490	4,2	0,5	4,7	3.236
Eichsfeld	60.128	5%	139	4.535	1.380	11,9	1,4	13,3	9.108
Nordhausen	47.162	4%	123	3.557	1.082	9,3	1,1	10,4	7.144
Wartburgkreis	73.921	6%	158	5.575	1.697	14,6	1,7	16,3	11.197
Unstrut-Hainich-Kreis	56.778	5%	157	4.282	1.303	11,2	1,3	12,6	8.600
Kyffhäuserkreis	44.390	4%	60	3.348	1.019	8,8	1,0	9,8	6.724
Meiningen	76.140	6%	175	5.742	1.748	15,1	1,8	16,8	11.533
Gotha	76.123	6%	278	5.741	1.747	15,1	1,8	16,8	11.530
Sömmerda	40.379	3%	85	3.045	927	8,0	0,9	8,9	6.116
Hildburghausen	39.320	3%	52	2.965	902	7,8	0,9	8,7	5.956
Ilm-Kreis	58.807	5%	230	4.435	1.350	11,6	1,4	13,0	8.908
Weimarer Land	48.353	4%	138	3.647	1.110	9,6	1,1	10,7	7.324
Sonneberg	34.957	3%	78	2.636	802	6,9	0,8	7,7	5.295
Saalfeld-Rudolstadt	60.346	5%	120	4.551	1.385	11,9	1,4	13,3	9.141
Saale-Holzland-Kreis	49.469	4%	143	3.731	1.135	9,8	1,1	10,9	7.493
Saale-Orla-Kreis	50.471	4%	90	3.806	1.158	10,0	1,2	11,2	7.645
Greiz	60.296	5%	97	4.547	1.384	11,9	1,4	13,3	9.133
Altenburger Land	51.419	4%	90	3.878	1.180	10,2	1,2	11,4	7.788
Thüringen	1.189.416	100%	3.208	89.700	27.300	235	28	263	180.161
kreisfreie Städte	260.957	22%	995	19.680	5.990	52	6	58	39.527
Landkreise	928.459	78%	2.213	70.020	21.310	184	22	205	140.634

Anlage VIII: Anzahl Elektro-Pkw je Zulassungsbezirk und öffentlicher Strombedarf 2030

Kreisfreie Stadt Landkreis	Pkw	Anteil Pkw je Zulassungsbezirk innerhalb Thüringens	Bestand 1.1.2020 BEV + PHEV	2030	2030	2030	2030	2030	IST-Zustand Okt. 2020 Ladepunkte
				Tagesstrom- bedarf öffentliches Laden (Anteil 25%)	OPEX=3.000 €/a schwarze Null Normal- ladestation 22 kW mit 2 LP (82 kWh/Tag bei 10 ct/kWh Marge)	OPEX=7.000 €/a schwarze Null Schnell- ladestation 50 kW mit 2 LP (96 kWh/Tag bei 20 ct/kWh Marge)	OPEX=11.250 €/a schwarze Null Schnell- ladestation 50 kW mit 6 LP (205 kWh/Tag bei 20 ct/kWh Marge)	OPEX=64.450 €/a schwarze Null Schnell- ladestation 150 kW mit 8 LP (491 kWh/Tag bei 30 ct/kWh Marge)	
				[kWh]	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
01.01.2020									
Stadt Erfurt	97.312	8%	488	14.740	180	154	102	30	86
Stadt Gera	45.799	4%	95	6.937	85	72	48	14	50
Stadt Jena	45.189	4%	195	6.845	83	71	48	14	62
Stadt Suhl	20.359	2%	36	3.084	38	32	21	6	24
Stadt Weimar	30.935	3%	114	4.686	57	49	33	10	43
Stadt Eisenach	21.363	2%	67	3.236	39	34	22	7	27
Eichsfeld	60.128	5%	139	9.108	111	95	63	19	42
Nordhausen	47.162	4%	123	7.144	87	74	50	15	43
Wartburgkreis	73.921	6%	158	11.197	137	117	78	23	24
Unstrut-Hainich-Kreis	56.778	5%	157	8.600	105	90	60	18	43
Kyffhäuserkreis	44.390	4%	60	6.724	82	70	47	14	33
Meiningen	76.140	6%	175	11.533	141	120	80	23	60
Gotha	76.123	6%	278	11.530	141	120	80	23	64
Sömmerda	40.379	3%	85	6.116	75	64	42	12	17
Hildburghausen	39.320	3%	52	5.956	73	62	41	12	16
Ilm-Kreis	58.807	5%	230	8.908	109	93	62	18	52
Weimarer Land	48.353	4%	138	7.324	89	76	51	15	29
Sonneberg	34.957	3%	78	5.295	65	55	37	11	13
Saalfeld-Rudolstadt	60.346	5%	120	9.141	111	95	63	19	46
Saale-Holzland-Kreis	49.469	4%	143	7.493	91	78	52	15	101
Saale-Orla-Kreis	50.471	4%	90	7.645	93	80	53	16	49
Greiz	60.296	5%	97	9.133	111	95	63	19	23
Altenburger Land	51.419	4%	90	7.788	95	81	54	16	42
Thüringen	1.189.416	100%	3.208	180.161	2.197	1.877	1.251	367	989
kreisfreie Städte	260.957	22%	995	39.527	482	412	274	81	292
Landkreise	928.459	78%	2.213	140.634	1.715	1.465	977	286	697

Anlage IX: Bedarf an Ladestationen mit unterschiedlichen Konstellationen zu Anzahl Ladepunkte, OPEX, maximaler Stromstärke und beispielhafter Margen je kWh Strom für jeden Zulassungsbezirk 2030