

Schlussbericht

## **Ladeinfrastrukturstrategie für Elektrofahrzeuge des Freistaats Thüringen für die Jahre 2016-2020**

**LISS**

**Auftraggeber:**

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

**Auftragnehmer:**

Bauhaus-Universität Weimar  
Professur Verkehrssystemplanung  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Plank-Wiedenbeck  
Marienstraße 13D  
D-99423 Weimar

Fraunhofer IOSB  
Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST  
Dr.-Ing. Peter Bretschneider  
Am Vogelherd 50  
D-98693 Ilmenau

**Fachliche Bearbeitung:**

Nadja Seiler, Raimo Harder

Dr. Björn Illing, Oliver Warweg, Nikolas Dahn

**Weimar, Ilmenau**

**Entwurfssfassung: August 2016**

**Hinweis:**

Dieser Schlussbericht erfährt mit Inkrafttreten der Ladesäulenverordnung II eine Aktualisierung.

## Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VII
Abkürzungsverzeichnis .....	VIII
1 Einleitung .....	1
1.1 Einordnung .....	1
1.2 Zielstellung .....	3
1.3 Methodik .....	3
2 Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderung von Elektromobilität .....	5
2.1 Europäische Grundlagen .....	5
2.1.1 Überblick europäischer Anreizsysteme .....	5
2.1.2 EU Richtlinie zum Aufbau von Infrastruktur und alternativen Kraftstoffen .....	6
2.2 Bundesrechtliche Grundlagen .....	7
2.2.1 Zielsetzung .....	7
2.2.2 Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge .....	8
2.2.3 Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile .....	9
2.2.4 Einkommenssteuergesetz .....	10
2.2.5 Kraftfahrzeugsteuergesetz .....	11
2.2.6 Fahrzeugzulassungsverordnung .....	11
2.3 Förderprogramme des Bundes .....	11
3 Bestands- und Anforderungsanalyse Ladeinfrastruktur Thüringen .....	13
3.1 Datengrundlage Ladeinfrastruktur .....	13
3.2 Thüringen im bundesweiten Vergleich .....	14
3.3 Anforderungen an die Ladeinfrastruktur .....	17
3.3.1 Abgrenzung .....	17
3.3.2 Ladetechnologie .....	18
3.3.3 Zugangsmöglichkeiten .....	21
3.3.4 Interaktionsfähigkeit .....	24
3.4 Zusammenfassung .....	25
4 Bedarfsräume des Ladeinfrastrukturausbaus in Thüringen .....	27
4.1 Grundlagen .....	27
4.2 Fahrzeugorientierter Ladeinfrastrukturausbau .....	27

4.3	Flächenorientierter Ladeinfrastrukturausbau.....	30
4.3.1	Übersicht Bewertungskriterien.....	30
4.3.2	Stadtgröße und Bedeutung.....	31
4.3.3	Tourismus.....	34
4.3.4	Verkehrsaufkommensschwere Bereiche und Bahnhöfe .....	36
4.4	Kriterien zur Bewertung der Standorteignung.....	38
5	Nachfrage und Wirtschaftlichkeit.....	40
5.1	Abschätzung des erforderlichen Strombedarfs einer elektrisch betriebenen Pkw-Flotte .....	40
5.1.1	Vorgehen.....	40
5.1.2	Auswertung.....	47
5.1.3	Kernaussagen.....	51
5.2	Vorschläge zur Abdeckung des Strombedarfs der elektrisch betriebenen Pkw-Flotte aus weitgehend erneuerbaren Energiequellen .....	51
5.2.1	Vorgehen.....	51
5.2.2	Auswertung.....	54
5.2.3	Kernaussagen.....	60
5.3	Geschäftsmodelle zum Betrieb von Ladeinfrastruktur .....	60
5.3.1	Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	60
5.3.2	Wirtschaftlichkeit.....	62
5.3.3	Kernaussagen.....	63
5.4	Bedarf von Wasserstoff- Tankstellen für Thüringen bis 2020.....	63
6	Vorschlag für einen stufenweisen Ausbau einer angemessenen Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2020 .....	64
	Literaturverzeichnis.....	X

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Rahmenbedingungen für den Markthochlauf der Elektromobilität in Deutschland.....	1
Abb. 1.2: Methodik LISS für Thüringen .....	3
Abb. 2.1:Plakettenmuster für elektrisch betriebene Fahrzeuge.....	11
Abb. 3.1: Übersicht erfasster Ladesäulen (über LEMnet, GoingElectric, e-stations) .....	13
Abb. 3.2: Ladestationen pro 1 Mio. Einwohner .....	14
Abb. 3.3: Ladestationen pro 1.000km <sup>2</sup> .....	15
Abb. 3.4: E-Pkw pro 1 Mio. Pkw-Gesamt .....	15
Abb. 3.5: Ladesäulen pro 100 E-Pkw .....	16
Abb. 3.6: Absolute Verteilung des Ladesäulen- und E-Pkw-Bestands nach Bundesland.....	17
Abb. 3.7: Ladesäulen in Thüringen nach Betreiber .....	18
Abb. 3.8: Anteile der Steckersysteme am Gesamtbestand für Thüringen.....	20
Abb. 3.9: Ladearten und Ladebetriebsvarianten.....	20
Abb. 3.10: Erhebung von Parkgebühren für den Gesamtbestand an Ladesäulen in Thüringen.....	22
Abb. 3.11: Zeitliche Zugänglichkeit und Authentifizierung des Gesamtbestands an Ladesäulen in Thüringen .....	22
Abb. 3.12: Authentifizierungsmöglichkeiten an den Bestandsladesäulen in Thüringen .....	23
Abb. 4.1: Ansätze zur Bestimmung des Ladeinfrastrukturbedarfs in Thüringen .....	27
Abb. 4.2: Ladeinfrastruktur nach Anzahl E-Pkw in Thüringen.....	27
Abb. 4.3: Anzahl Ladesäulen in Städten mit mehr als 15 Tsd. Einwohnern unter Beachtung Zentraler Orte.....	32
Abb. 4.4: Ladeinfrastrukturbedarf in Städten mit mehr als 15 Tsd. Einwohnern unter Beachtung Zentraler Orte.....	33
Abb. 4.5: Optimierte Anzahl Ladesäulen nach Landkreis im Sinne einer flächendeckenden Mindestausstattung.....	34
Abb. 4.6: Ankünfte und Übernachtungen nach Reisegebieten in Thüringen in 2015.....	35
Abb. 4.7: Tourismusziele Thüringens .....	35
Abb. 4.8: Bewertungsbogen zur Auswahl potentieller Standorte für Ladeinfrastruktur, Modellregion Hamburg.....	39
Abb. 5.1:Anteil EVs je Bundesland .....	41
Abb. 5.2: Markthochlauf bei günstiger Infrastruktur und Käufen mit TCO (total cost of ownership) als Hauptentscheidungskriterium.....	41
Abb. 5.3: Schematische Einteilung von alternativen Antrieben.....	42
Abb. 5.4: Zusammensetzung Elektrofahrzeuge im Pro-Szenario .....	43
Abb. 5.5: Anteil je Fahrzeugklasse in unterschiedlichen Studien.....	43

Abb. 5.6: Graph-Darstellung des verwendeten Fahrverhaltens .....	46
Abb. 5.7: Wochenverlauf der Ladeleistung aller Ladepunkte (1er Szenarien).....	48
Abb. 5.8: Wochenverlauf der Ladeleistung aller Ladepunkte (2er Szenarien).....	48
Abb. 5.9: Wochenverlauf der öffentlichen Ladeleistung (1er Szenarien) .....	49
Abb. 5.10: Wochenverlauf der öffentlichen Ladeleistung des Pro-Szenarios (p1 und p2) .....	50
Abb. 5.11: Zusatzladeenergiebedarf nach Landkreisen in Thüringen .....	51
Abb. 5.12: Prozessablauf Deckung Strombedarf.....	52
Abb. 5.13: Skalierungsansätze.....	53
Abb. 5.14: Leistungsverläufe Abdeckung gesamte Ladeleistung (Jahresenergie) .....	55
Abb. 5.15: Leistungsverläufe Abdeckung gesamte Ladeleistung (tatsächliche Zeitreihe) .....	55
Abb. 5.16: Leistungsverläufe Abdeckung öffentliche Ladeleistung (Jahresenergie).....	57
Abb. 5.17: Leistungsverläufe Abdeckung gesamte Ladeleistung (tatsächliche Zeitreihe) .....	57
Abb. 5.18: Zusatzleistung an zu installierenden Windkraft- und PV-Anlagen.....	58
Abb. 5.19: Wochenverlauf eines Speichers zur 100% Deckung durch EE .....	60
Abb. 5.20: Rollenmodell Energiemarkt .....	61
Abb. 5.21: Wirtschaftlichkeitsberechnung Ladeinfrastruktur .....	63

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Verkehrsverbote.....	9
Tab. 3.1: Übersicht über verfügbare Ladeanschlussysteme.....	19
Tab. 3.2: Anforderungen an eine Förderrichtlinie zum Ladeinfrastrukturausbau in Thüringen.....	26
Tab. 4.1: Fahrzeugseitige Prognose des Ladeinfrastrukturausbaus.....	29
Tab. 4.2: Förderung des prognostizierten Ladeinfrastrukturbedarfs.....	30
Tab. 4.3: Übersicht über OZ, MZ und MZ (OZ) in Thüringen.....	31
Tab. 4.4: Auswertung des Ladesäulenbedarfs verdichteter Siedlungsräume und des Umlandes.....	33
Tab. 4.5: Bundesstraßen in Thüringen mit besonderer Bedeutung für den Fernverkehr .....	37
Tab. 5.1: Anzahl Fahrzeuge nach Klasse im Pro-Szenario .....	44
Tab.5.2: Anzahl Fahrzeuge nach Klasse im mittleren Szenario .....	44
Tab.5.3: Anzahl Fahrzeuge nach Klasse im Contra-Szenario .....	44
Tab. 5.4: Unterstützte Ladeleistung nach Fahrzeugtyp.....	45
Tab. 5.5: Anzahl Ladepunkte je Leistungsklasse.....	46
Tab. 5.6: Jahresenergie nach Szenarien .....	49
Tab. 5.7: Jahresenergie der öffentlichen Ladepunkte nach Szenarien .....	50
Tab. 5.8: Kennwerte der Szenarien gesamte Ladepunkte.....	56
Tab. 6.1: Szenarien zur Förderung von Ladeinfrastruktur durch den Bund bzw. das Land Thüringen .....	64

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen Gesetze/ Recht

EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EStG	Einkommenssteuergesetz
FZV	Fahrzeugzulassungsverordnung
KraftStG	Kraftfahrzeugsteuergesetz
LSV	Ladesäulenverordnung
StVO	Straßenverkehrsordnung

### Abkürzungen Institutionen/ Einrichtungen

BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserversorgung e. V.
BNetzA	Bundenetzagentur
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BSM	Bundesverband Solare Mobilität
EU	Europäische Union
GGEMO	Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität
KBA	Kraftfahrtbundesamt
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
TMUEN	Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
UBA	Umweltbundesamt

### Allgemeine Abkürzungen

AC	AlternatingCurrent (Wechselstrom)
BEV	BatteryElectricVehicle
BKV	Bilanzkreisverantwortlicher
CCS	CombinedCharging System
DC	DirectCurrent (Gleichstrom)
EFRE	Europäische Fonds für regionale Entwicklung
ELViS	Electric Load andVehicle Simulation
EV	ElectricVehicle
FCEV	Fuel CellElectricVehicle

FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
LEP	Landesentwicklungsplan
LISS	Ladeinfrastrukturstrategie Thüringen
LP	Ladepunkt
LPB	Ladepunktbetreiber
LS	Ladesäule
MID	Mobilität in Deutschland
MZ	Mittelzentrum
MZ (OZ)	Mittelzentrum mit Teilfunktionen eines Oberzentrums
NEP	Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OZ	Oberzentrum
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
P+R	Park and Ride
PV	Photovoltaik
REEV	Range Extended Electric Vehicle
RFID	Radio-Frequency Identification (Technologie für Sender-Empfänger-Systeme)
SF	Skalierungsfaktor
TEN-V	Transeuropäische Verkehrsnetze
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VNB	Verteilernetzbetreiber
ZR	Zeitreihe

# 1 Einleitung

## 1.1 Einordnung

Die Förderung der Elektromobilität ist als politisches, gesellschaftliches und wirtschaftliches Ziel in der klimapolitischen Ausrichtung der Europäischen Union fest verankert.

Im Dezember 2008 hat sich die EU auf ein Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie geeinigt, dass die ehrgeizigen Zielvorgaben:

- Erhöhung der Energieeffizienz um 20%,
- Deckung von 20% des Energieverbrauchs aus erneuerbarer Energien und
- Senkung der Treibhausgasemissionen um mind. 20% (ggü. 1990)

bis 2020 fixiert. Diese Zielstellungen sind im Rahmen eigenständiger Legislativ-Instrumente, wie:

- der Emissionshandels-Richtlinie (2009/29/EG),
- der Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen(2009/28/EG) und
- der Effizienzrichtlinie (2012/27/EU)

umgesetzt.

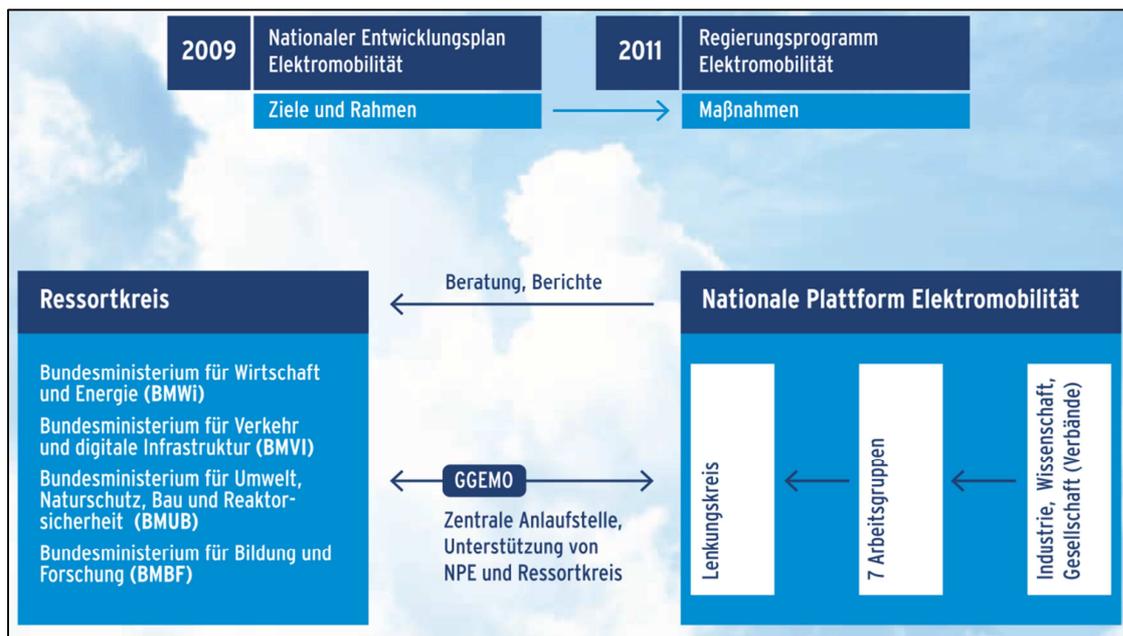


Abb. 1.1: Rahmenbedingungen für den Markthochlauf der Elektromobilität in Deutschland<sup>1</sup>

Darüber hinaus haben sich die Mitgliedstaaten im Rahmen des Europäischen Rats im Jahr 2014 bzgl. des EU-Klima- und Energierahmens bis 2030 verständigt. Hauptelemente der Beschlüsse sind:

- „ein verbindliches Ziel für EU-interne Minderungen von Treibhausgasemissionen von mindestens 40 % gegenüber 1990,
- ein verbindliches EU-Ziel für einen Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch von mindestens 27%,

<sup>1</sup> BMUB (2012), S. 8

- ein indikatives Energieeffizienzziel in Höhe von mindestens 27% Energieeinsparungen bis 2030. Das Energieeffizienzziel soll zudem bis 2020 überprüft werden, mit der Option es auf 30% anzuheben.<sup>2</sup>

Diese Entwicklungen bilden die Grundlage für die Einbettung der Energiewende in den europäischen Kontext.

Ein wesentlicher Fokus der Bundesregierung bei der Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung für Deutschland liegt im Bereich der Elektromobilität.

Seit der Veröffentlichung des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität (NEP) im Jahr 2009 wird die Zielsetzung verfolgt, bis 2020 den Bestand von einer Million Elektrofahrzeugen auf deutschen Straßen zu erreichen.

Aufbauend auf dieser und weiteren Zielsetzungen hat die Bundesregierung im Mai 2011 das Regierungsprogramm Elektromobilität vorgestellt.<sup>3</sup> Mit diesem wird der Anspruch gestellt Deutschland nicht nur zu einem „Leitmarkt Elektromobilität“ zu entwickeln, sondern sich mit Innovationen im Bereich Fahrzeuge, Antriebe und Komponenten sowie der Einbindung der Fahrzeuge in die Strom- und Verkehrsnetze künftig auch als ein „Leitanbieter Elektromobilität“ zu etablieren.

2010 wurde mit der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) ein Beratungsgremium der deutschen Bundesregierung zur Elektromobilität gegründet, deren Arbeitsgruppen sich bspw. mit den Schwerpunktthemen Fahrzeugtechnologie, Batterietechnologie, Ladeinfrastruktur und Netzintegration, Normung sowie der Standardisierung und Zertifizierung auseinandersetzen.<sup>4</sup> Die NPE hat dabei den Auftrag, konkrete Vorschläge zur Erreichung der Ziele des Nationalen Entwicklungsplanes Elektromobilität zu erarbeiten. Dazu wurden in den Jahren 2010 bis 2015 bereits diverse Zwischenberichte zum Markthochlauf der Elektromobilität veröffentlicht.

Darüber hinaus wurde ebenfalls im Jahr 2010 die Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität (GGEMO) als einheitliche Anlaufstelle und Sekretariat der Bundesregierung für die Aufgaben im Bereich der Elektromobilität sowie als Dienstleister und Sekretariat der NPE gegründet.<sup>5</sup> Sie unterstützt damit insbesondere die Zusammenarbeit des Ressortkreises Elektromobilität und den Austausch mit der NPE.

Für den Markthochlauf der Elektromobilität gibt es entsprechend der o.g. Gremien im Wesentlichen zwei große Herausforderungen:

1. die Batterieherstellung und
2. die Schaffung einer angemessenen Ladeinfrastruktur.

Gegenwärtig existieren noch viele Insellösungen für den technischen als auch konzeptionellen Aufbau von Ladeinfrastruktur. Um **Thüringen** auch weiter als Leitregion für Elektromobilität zu etablieren muss daher auch eine **Ladeinfrastrukturstrategie (LISS) für Thüringen** entworfen werden.

---

<sup>2</sup> BMWI (2016 a)

<sup>3</sup> BUNDESREGIERUNG (2011)

<sup>4</sup> BMUB (2014)

<sup>5</sup> BMUB (2016)

## 1.2 Zielstellung

Der Bestand an Ladeinfrastruktur in Thüringen entwickelte sich bisher vor allem zufällig. Dies gilt sowohl für die Standortwahl als auch für den heterogenen Ausbau in den Bereichen der technischen Ausstattung, der Bezahlssysteme und Zugänglichkeit.

Ein wesentlicher Schwerpunkt zur Förderung des Markthochlaufs der Elektromobilität liegt jedoch im Bereich der Ladeinfrastruktur, die flächendeckend, zuverlässig sowie technologieoffen und frei zugänglich zur Verfügung stehen sollte. Um diese Zielsetzungen zu erreichen unterstützt der Freistaat Thüringen den weiteren Ausbau von Ladeinfrastruktur. Der Aus- und Aufbau soll dabei durch ein Konzept gestützt werden, dass sowohl notwendige Standorte im Sinne einer Mindestabdeckung in der Fläche, als auch den Rahmen für eine möglichst homogene Entwicklung in den Bereichen Technik und Zugänglichkeit aufzeigt.

Folgende Zielstellungen wurden der Projektbearbeitung daher zugrunde gelegt:

- Flächendeckende Erfassung des aktuellen Bestands an Ladeinfrastruktur in Thüringen mit Aufnahme verschiedener Merkmale (Betreiber, Steckersystem, Parkgebühren, Zugang, Öffnungszeiten, etc.)
- Entwicklung eines Konzepts für den stufenweisen Ausbau einer angemessenen Ladeinfrastruktur mit Vorschlägen für Bedarfsräume, die technische Ausstattung und wirtschaftliche Bezahlssysteme.
- Abschätzung des Strombedarfs für die elektrisch betriebene Pkw-Flotte in Thüringen bis 2020 mit Vorschlägen zur Abdeckung aus erneuerbaren Energiequellen.

## 1.3 Methodik

Die in Kapitel 1.2 aufgezählten Zielstellungen wurden im Rahmen der in Abb. 1.2 dargestellten Arbeitspakete in den Themenfeldern Regulatorischer Rahmen, Technologie und Ökonomie bearbeitet.



Abb. 1.2: Methodik LISS für Thüringen

Für jedes Themenfeld wurde im ersten Schritt eine umfassende Analyse des Wissens- & Forschungsstandes durchgeführt. Basierend auf dieser Grundlage wurden aktuelle Defizite beim Aufbau von Ladeinfrastruktur identifiziert. Folgend konnten Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für eine Ladeinfrastrukturstrategie abgeleitet werden.

Zur Diskussion und Reflektion der im Projekt erzielten Ergebnisse wurden zusätzlich fünf Arbeitssitzungen und zwei umfassende Workshops in einem größeren Teilnehmerkreis geplant und umgesetzt:

- 1. Workshop: Berlin mit Vertretern aus Verwaltung und Forschung, von kommunalen Unternehmen wie auch mit Herstellern von Ladeinfrastruktur und Anbietern von IT- und Serviceleistungen im Bereich Elektromobilität auf Bundesebene
- 2. Workshop: Erfurt, Stadtwerke Thüringens als potentieller Betreiber öffentlicher Ladeinfrastruktur.

Die gewonnen Erkenntnisse aus den Diskussionskreisen flossen neben den in den Themenfeldern erarbeiteten Inhalten in die Erstellung einer Ladeinfrastrukturstrategie 2016 – 2020 für den Freistaat Thüringen ein.

## 2 Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderung von Elektromobilität

### 2.1 Europäische Grundlagen

#### 2.1.1 Überblick europäischer Anreizsysteme

Die EU setzt mit dem Weißbuch Verkehr 2011 einen Schwerpunkt auf die Sicherung einer nachhaltigen und effizienten Mobilität. So sollen die notwendige Begrenzung der Treibhausgas-Emissionen mit den gesellschaftlichen Anforderungen an eine hohe Lebensqualität durch Mobilität und den wirtschaftlichen Wachstums- und Entwicklungszielen in Europa sinnvoll und nachhaltig miteinander verknüpft und aufeinander abgestimmt werden.

Derzeit gibt es konkrete Anreizsysteme zur Unterstützung des Markthochlaufs der Elektromobilität in der EU<sup>6</sup>:

Neben **Deutschland** (vgl. Kapitel 2.3) bezuschussen auch **Frankreich, Spanien, Großbritannien und Portugal** den Kauf von Elektrofahrzeugen.

In **Dänemark** sind Elektrofahrzeuge unter 2.000 Kilo von Zulassungs- und Umweltsteuer befreit. Steuernachlässe mit bis zu 30.800 Euro möglich.<sup>7</sup>

In **Finnland** wird lediglich der Mindeststeuersatz – bezogen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß – erhoben.

In **Frankreich** werden für Fahrzeuge:

- die weniger als 20 g/km CO<sub>2</sub> ausstoßen, mit 6.300 Euro bezuschusst
- 4.000 Euro werden bei weniger als 60 g/km ausgezahlt.

Zusätzlich wird ein erhöhter Steuersatz für herkömmliche Fahrzeuge erhoben. Die Finanzierung erfolgt damit über das „Bonus-Malus-System“. Darüber hinaus gibt es Planungen die Prämie weiter zu erhöhen, sofern durch den Kauf eines Elektrofahrzeuges ein Dieselfahrzeug abgeschafft wird.

Bei einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von weniger als 75 g/km und je nach Fahrzeug gibt es in **Großbritannien** eine Prämie von bis zu 6.200 Euro. Zudem sind Elektrofahrzeuge von der Kfz-Steuer befreit.

In **Irland** entfallen bei der Zulassungssteuer bis zu 5.000 Euro, nicht nur für Elektroautos.

In **Italien** werden Elektrofahrzeuge fünf Jahre von der Kfz-Steuer befreit. Abschließend werden 75% des normalen Satzes fällig.

In **Luxemburg** werden 5.000 Euro als Prämie ausgezahlt, wenn ein Fahrzeug mit einem Ausstoß von weniger als 60 g/km CO<sub>2</sub> gekauft wird. Allerdings gilt dies lediglich, wenn der Strom nur aus erneuerbarer Energie besteht.

In den **Niederlande**, entfällt die Zulassungssteuer bei Elektrofahrzeugen und bei weniger als 50 Gramm CO<sub>2</sub>- Ausstoß entfällt auch die Kfz-Steuer. Hybridantriebe erhalten ebenfalls anteilig eine Vergünstigung.

In **Österreich** gibt es für Elektrofahrzeuge eine Steuerbefreiung. Die monetäre Förderung wird von den Bundesländern verschieden geregelt und kann bis zu 5.000 Euro betragen.

---

<sup>6</sup> LEINWEBER (2016), S. 20

<sup>7</sup> BEM (2016 a)

In **Schweden** sind Elektrofahrzeuge wie in Italien fünf Jahre von der Kfz-Steuer befreit. Zusätzlich existiert eine Kaufprämie von 4.500 Euro für einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 50 g/km. Allerdings ist diese Prämie auf 5.000 Fahrzeuge begrenzt.

In **Spanien** werden Elektroautos mit 6.500 Euro bezuschusst.<sup>8</sup>

Eine Vorreiterrolle auf dem Gebiet der Elektrofahrzeugzulassungen hat **Norwegen**. Neben dem Wegfall der Umsatz- und Zulassungssteuer, entfallen Import- sowie Zollabgaben und die Sondersteuer, welche sich an den Abgaswerten und der Motorisierung orientiert. Ein Drittel des Anschaffungspreises kann auf diese Art reduziert werden. Zudem entfällt die Maut und öffentliche Tankstellen können kostenlos genutzt werden. Dies resultiert aus dem bestehenden Überangebot Norwegens aus Energie aus Wind- und Wasserkraft. Parkgebühren entfallen, die Busspuren dürfen genutzt werden, und die Kilometerpauschale in der Steuererklärung liegt höher. Diese Förderungen haben zu einer Verdopplung der Bestandszahlen an Elektrofahrzeugen in 2013 zum Vorjahr geführt. Diese Förderungen sind jedoch bis 2017 und auf 50.000 Fahrzeuge begrenzt. Um den Kauf und Besitz von Elektroautos dennoch weiterhin attraktiv zu gestalten, werden es auch nach 2017 weitere Steuervorteile umgesetzt.<sup>9</sup>

### **2.1.2 EU Richtlinie zum Aufbau von Infrastruktur und alternativen Kraftstoffen**

Mit der Richtlinie 2014/94/EU über den „Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ (EU 2014) verfolgt die EU das Ziel, die Abhängigkeit vom Erdöl zu reduzieren und die Umweltbelastungen durch den motorisierten Verkehr zu begrenzen. Die EU fordert seine Mitgliedstaaten dazu auf, nationale Strategien in Zusammenarbeit mit den Gebietskörperschaften zu entwickeln und dabei mit benachbarten Regionen und Ländern zusammen zu arbeiten. Das gilt besonders dort, wo der Aufbau einer durchgehenden grenzüberschreitenden Infrastrukturabdeckung für alternative Kraftstoffe oder der Bau neuer Infrastruktur in der Nähe von Staatsgrenzen benötigt wird. Die Richtlinie legt Mindestanforderungen für die Errichtung entsprechender Infrastrukturen insbesondere für Elektrizität, die in diesem Forschungsprojekt im Fokus steht, aber auch für Erdgas und Wasserstoff fest.

In der Richtlinie 2009/28/EG zur „Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“ (EU 2009) wurden für alle Mitgliedstaaten verbindliche Ziele für den Anteil an Energie aus erneuerbaren Energiequellen festgelegt, wobei bis 2020 ein Unionsziel von mindestens 20 % für den Anteil von Energie aus erneuerbaren Energiequellen und von 10 % für den Anteil an erneuerbaren Energieträgern speziell im Verkehrssektor erreicht werden sollen.

Auch in den Leitlinien für das transeuropäische Verkehrsnetz (TEN-V) wird darauf hingewiesen, Erdöl als Energieträger für den Verkehrssektor zumindest teilweise durch alternative Kraftstoffe zu ersetzen, um die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und somit die Umweltverträglichkeit des Verkehrssektors zu erhöhen. Für das in der EU-Verordnung Nr. 1315/2013<sup>10</sup> festgelegte Kernnetz der EU, müssen flächendeckend alternative Kraftstoffe und die entsprechende Infrastruktur zur Verfügung stehen. In Thüringen ist der Streckenabschnitt der A 9 Teil dieses Kernnetzes der EU.

---

<sup>8</sup> LEINWEBER (2016), S. 20

<sup>9</sup> BAUMANN (2016)

<sup>10</sup> EU (2013)

Als „Alternative Kraftstoffe“ in diesem Sinne zählen vorrangig Elektrizität, Wasserstoff, Biokraftstoffe, synthetische Kraftstoffe, Erdgas und Flüssiggas. Es obliegt den Mitgliedsstaaten zu entscheiden, welche dieser Kraftstoffe Teil ihrer Strategie sein sollen.

Beim Aufbau einer Ladeinfrastruktur für **Elektrofahrzeuge** sollen die Mitgliedstaaten sicherstellen, dass zugängliche Ladepunkte mit einem angemessenen Abdeckungsgrad errichtet werden, damit Elektrofahrzeuge zumindest in städtischen bzw. vorstädtischen Ballungsräumen und anderen dicht besiedelten Gebieten verkehren können. Die Zahl dieser Ladepunkte sollte unter Berücksichtigung der Anzahl der bis 2020 vermutlich in jedem Mitgliedstaat zugelassenen Elektrofahrzeuge festgelegt werden. Der Richtwert für eine angemessene durchschnittliche Zahl von Ladepunkten sollte mindestens ein Ladepunkt für je 10 Elektrofahrzeuge sein. Viele Ladesäulen haben zwei Ladepunkte, sodass entsprechend jeweils eine Ladesäule für 20 Elektrofahrzeuge vorgehalten werden sollte.

Die Richtlinie empfiehlt weiterhin, eine angemessene Zahl von öffentlich zugänglichen Ladepunkten an Haltestationen der öffentlichen Verkehrsmittel, wie etwa Fahrgastterminals in Häfen, Flughäfen oder auf Bahnhöfen zu installieren.

Besondere Aufmerksamkeit sollen die örtlichen Behörden bei Wohngebäuden sowie Büro- und Geschäftsgebäuden legen, um Privateigentümern von Elektrofahrzeugen eine Möglichkeit des Ladens auf Gemeinschaftsparkplätzen zu ermöglichen. In Kooperation mit Bauherren und Immobilienverwaltern sollen Maßnahmen ergriffen werden, damit die entsprechende Infrastruktur mit einer ausreichenden Zahl von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge errichtet wird.

Die Mitgliedstaaten sollen eine Entscheidung treffen, ob der Aufbau der Infrastruktur auf Normal- oder Schnellladepunkte konzentriert werden soll. Von der EU-Richtlinie wurde der **Typ-2-Stecker** als Standard-Ladesteckverbindung für Normalladepunkte mit Wechselstrom (engl.: AC- alternating current) und Drehstromanschluss bis 22 kW festgeschrieben und als Standard für das Schnellladen mit Gleichstrom (engl. DC - direct current) ab 22 kW **das Combined Charging System (CCS)** vorgegeben. Diese Regelungen sind verbindlich für alle neuen Anlagen ab 18. November 2017 und gewähren davor installierten öffentlichen Anlagen einen Bestandsschutz.

## **2.2 Bundesrechtliche Grundlagen**

### **2.2.1 Zielsetzung**

Die Förderung hin zu einer nachhaltigen umwelt- und klimafreundlichen Mobilität stellt ein wesentliches Bestreben der Bundesregierung dar. Im Rahmen des „Energiekonzepts 2050“ hat Deutschland sich zum Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mind. 80% gegenüber 1990 zu senken. Gleichzeitig soll der Primärenergieverbrauch bis 2050 um 50% gegenüber 2008 gesenkt werden. Für den Verkehrssektor wird eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um rund 40% bis 2050 gegenüber 2005 angestrebt.

In Hinblick auf diese Zielstellungen setzt die Bundesregierung – basierend auf der Europäischen Gesetzgebung – die notwendigen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Entwicklung der Elektromobilität und muss darüber hinaus Anreize schaffen, um die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen zu stärken.

## 2.2.2 Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge

Mit Inkrafttreten des Elektromobilitätsgesetz(EmoG) am 12. Juni 2015 –das die Kennzeichnung und Privilegierung von Elektroautos im Straßenverkehr regelt – bekommen Kommunen die Möglichkeit für elektrisch betriebene Fahrzeuge, wie<sup>11</sup>:

- reine Batterieelektrofahrzeuge
- von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge (mit einer Mindestreichweite von 40 km [bis 21.12.2017 30km] bei rein elektrischer Nutzung und einem maximalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 50g/km)
- Brennstoffzellenfahrzeuge

Bevorrechtigungen für<sup>12</sup>:

- das Parken im öffentlichen Raum
- die Nutzung von für besondere Zwecke bestimmten öffentlichen Straßen und Wegen

auszusprechen. Auch „durch das Zulassen von Ausnahmen von Zufahrtsbeschränkungen oder Durchfahrtsverboten“<sup>13</sup>wie auch in Hinblick auf die Erhebung von Parkgebühren im öffentlichen Raum, kann eine Förderung der Elektromobilität erfolgen.

Die wesentlichen Regelungsinhalte des Gesetzes umfassen damit:

- die Definition der zu privilegierenden E-Fahrzeuge,
- mögliche Bevorrechtigungen dieser Fahrzeuge sowie
- die Kennzeichnung der Fahrzeuge (Nummernschild).

Aufbauend auf der Gesetzgebung wurden folgende Anpassung innerhalb der Straßenverkehrsordnung (StVO) durchgeführt:

- § 39 (10) StVO : Zur Bevorrechtigung elektrisch betriebener Fahrzeuge kann das Sinnbild



als Inhalt eines Zusatzzeichens angeordnet sein. Elektrisch betriebene Fahrzeuge sind die nach § 9a Absatz 2 und 4 StVO, jeweils auch in Verbindung mit Absatz 5, der Fahrzeug-Zulassungsverordnung gekennzeichneten Fahrzeuge.

Nach § 46 (1a) StVO können die Straßenverkehrsbehörden zur Bevorrechtigung elektrisch betriebener Fahrzeuge durch das Zusatzzeichen Ausnahmen von Verkehrsbeschränkungen, Verkehrsverboten oder Verkehrsumleitungen zulassen(s. Tab. 2.1)

---

<sup>11</sup> EMOG (2015), S. 1

<sup>12</sup> EMOG (2015), S. 2

<sup>13</sup> EMOG (2015), S. 2

Tab. 2.1: Verkehrsverbote

	<p>260: Verbot für Krafträder und sonstige mehrspurige Kraftfahrzeuge</p> <p>250: Durchfahrt verboten</p> <p>251: Verbot für Kraftwagen</p> <p>253: Verbot für Kraftfahrzeuge &gt;3,5t</p> <p>255: Verbot für Krafträder</p>
---	--

Das gleiche Recht haben sie für die Benutzung von Busspuren durch elektrisch betriebene Fahrzeuge

- Durch das Zusatzzeichen (§ 39 (10) StVO) zu Zeichen 286 (§12 StVO)



wird das Parken für elektrisch betriebene Fahrzeuge innerhalb der gekennzeichneten Flächen erlaubt.

- Darüber hinaus können Ausnahmeregelungen für das Parken mit Parkschein oder Parkscheibe getroffen werden.

### 2.2.3 Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile

Mit Inkrafttreten der Ladesäulenverordnung (LSV) am 17.03.2016 werden die europäischen Vorgaben hinsichtlich der Etablierung von Steckerstandards und (Fahrzeug-)Kupplungen für das Laden von Elektrofahrzeugen in deutsches Recht überführt (vgl. Kapitel 2.1).

Nach § 3 Abs. 1-3 LSV wird der Einsatz folgender Anschlussmöglichkeiten:

Wechselstrom: Typ 2  
(DIN EN 62196-2)



Gleichstrom: Typ Combo 2  
(DIN EN 62196-3)



festgelegt. Seitens der Verbände Bundesverband Solare Mobilität (BSM), LEMnet Europe wie auch Park+Charge wird mit der Festlegung auf diesen Standard die Neutralität bzgl. anderer Ladetechnologien kritisiert, da eine Ausbremsung der Entwicklung von Stecker- und Ladesysteme für höhere Ladeleistungen befürchtet wird.

Über die Anforderungen der Richtlinie 2014/94/EU hinaus wird gemäß § 4LSV weiterhin die Verankerung der Anzeige und Nachweispflicht bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) gefordert. Die Verordnung geht dabei von folgenden jährlichen Kosten (Maximalwerte) aus:

- Anzeigepflicht je Ladesäule: 22,90€
- Erstprüfung von Schnellladepunkten: 250€ (AC-Schnellladen) – 310€ (DC-Ladepunkte)
- Wiederholungsprüfungen von Schnellladepunkten: 170€ (AC-Schnellladen) – 250€ (DC-Ladepunkte)

Für Betreiber von Schnellladepunkten deren Inbetriebnahme vor Inkrafttreten der Verordnung erfolgte, d.h. deren Ladepunkte sich bereits im Bestand befinden, werden ebenfalls die genannten Kosten erhoben.

Zudem wurde im Vorfeld des Inkrafttretens der Verordnung die Umsetzung einer bürokratiearmen Anzeige- und Nachweispflicht – selbstorganisiert durch die Wirtschaft – gefordert. Insbesondere in Hinblick einer möglichst hohen Auslastung der errichteten Infrastruktur haben die Betreiber ein großes Eigeninteresse an der Meldung Ihrer Ladepunkte und der Nutzen einer öffentlich regulierten Anzeige- und Nachweispflicht ist nach Meinung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.(BDEW) kritisch zu hinterfragen.<sup>14</sup>

Das EU-seitig festgelegte Übergangsdatum des 18. Novembers 2017 (Artikel 4, § 4, Abs. 1-2 2014/94/EU) wird in **§6 LSV** nicht ausgeschöpft. Die LSV setzt eine dreimonatige Übergangsregelung (d.h. den Aussatz der nach § 3 Abs. 1-3 beschriebenen technischen Standards für Ladesäulen) nach Inkrafttreten vom 17.03.2016 an.

Zusätzlich zur Regelung der beschriebenen technischer Standards innerhalb der LSV, sollen im Rahmen der Umsetzung der **LSV II** ebenfalls **standardisierte Möglichkeiten für die Authentifizierung** sowie **den Einsatz von Bezahlssystemen** geschaffen werden. Gegenwärtig liegt noch kein Entwurf der Verordnung vor. Die Einbindung der Anforderungen durch die LSV II in die LISS für Thüringen erfolgt zum Veröffentlichungszeitpunkt.

#### **2.2.4 Einkommenssteuergesetz**

Eine Änderung im Einkommenssteuergesetz soll die steuerlichen Rahmenbedingungen für Elektrofahrzeuge verbessern.<sup>15</sup> Zwei Maßnahmen wurden bereits umgesetzt. Hierbei handelt es sich um den Nachteilsausgleich bei der Privatnutzung von Firmen- oder Dienstwagen, der sich durch die Besteuerung ergibt. Es soll vermieden werden, dass die höheren Anschaffungskosten Grund für die Nichtanschaffung eines Dienstwagens mit Elektromotor sind. Da der Neuwagenpreis von Elektrofahrzeugen höher liegt als bei konventionellen Fahrzeugen, soll hier ein Ausgleich des steuerpflichtigen Einkommens geschaffen werden. Dieser Nachteilsausgleich erfolgt durch eine schrittweise Verminderung des Bruttolistenpreises eines Elektrofahrzeuges oder eines extern aufladbaren Hybridelektrofahrzeuges.<sup>16</sup> Bis zum 31. Dezember 2013 angeschaffte Elektrofahrzeuge unterliegen einer Bruttolistenpreisminderung von 500 Euro pro Kilowattstunde Batteriekapazität. Obergrenze für die Minderung sind 10.000 Euro pro Fahrzeug. In den Folgejahren mindert sich der Betrag jährlich um 50 Euro. Der Nachteilsausgleich ist befristet auf den 31. Dezember 2022. Fahrzeuge, die nach diesem Stichtag angeschafft werden, sind nicht mehr von einem Nachteilsausgleich betroffen.<sup>17</sup>

Die zweite steuerpolitische Maßnahme wird im Rahmen des Kraftfahrzeugsteuergesetzes umgesetzt (s. Kapitel 2.2.5).

---

<sup>14</sup> BDEW (2015)

<sup>15</sup> LEINWEBER (2016), S. 15

<sup>16</sup> VDA (2014)

<sup>17</sup> Vgl. § 6 Abs. 1 Nr. 4 S. 2 u. 3 EStG

### 2.2.5 Kraftfahrzeugsteuergesetz

Im Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG), § 3d Steuerbefreiung für Elektrofahrzeuge, ist die Steuerbefreiung für das Halten von Elektrofahrzeugen geregelt.<sup>18</sup> Dies gilt ab dem Tag der ersten Zulassung. Unterschieden wird hierbei zwischen dem Zeitraum vom 18. Mai 2011 bis zum 31. Dezember 2015 und vom 1. Januar 2016 bis 31. Dezember 2020. Bei Ersterem gilt die Steuerbefreiung für 10 Jahre bei Zweitgenannten für 5 Jahre. Die Steuerbefreiung ist eine einmalig gewährte Befreiung und wird bei Halterwechsel, sollten die 5 bzw. 10 Jahre nicht abgelaufen sein, übertragen. Anschließend vermindert sich die Kraftfahrzeugsteuer um 50%. Elektrofahrzeuge sind entsprechend der Anforderungen des EmoG definiert (vgl.: Kapitel 2.2.2). Die Steuervergünstigung ist nicht antragsgebunden, da es sich hier um eine fahrzeugbezogene Steuervergünstigung handelt.

Die aufgezeigten steuerlichen Maßnahmen sind damit sowohl als Anreizsystem als auch als Ausgleich von steuerlichen Nachteilen durch die Anschaffung eines Elektrofahrzeuges zu verstehen.

### 2.2.6 Fahrzeugzulassungsverordnung

Die Fahrzeugzulassungsverordnung (FZV) findet Anwendung bei der Zulassung von Kraftfahrzeugen mit einer Höchstgeschwindigkeit (bauartbedingt) von mehr als 6 km/h sowie der Anhänger.

Sind die Anforderungen gemäß EmoG (vgl. Kapitel 2.2.2), erfüllt, so erfolgt die Kennzeichnung des Elektrofahrzeuges mit einem zusätzlichen „E“ auf dem Kennzeichen folgend auf die Erkennungsnummer. Diese Kennzeichnung ist auch im Zentralen Fahrzeugregister sowie im örtlichen Fahrzeugregister einzutragen. Bei Wechselkennzeichen ist das „E“ auf dem Teil, der fahrzeugbezogen ist, anzubringen. Dieses Kennzeichen kann seit dem 26. September 2015 beantragt werden.

In Anlage 3a (zu § 9a Absatz 4) wird darüber hinaus auf die Beschaffenheit der Plakette eingegangen, die seit September 2015 zugeteilt werden kann. Die Gebühr beträgt 11 Euro.

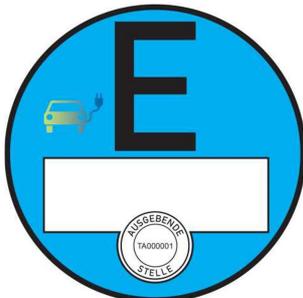


Abb. 2.1: Plakettenmuster für elektrisch betriebene Fahrzeuge

## 2.3 Förderprogramme des Bundes

Mit einem Marktanreizprogramm im Umfang von 1 Milliarde Euro hat das Bundeskabinett im Mai 2016 einen bedeutenden Beitrag zur Förderung der Elektromobilität verabschiedet. Bundesmittel in Höhe von 300 Mio. Euro sollen dazu genutzt werden im Zeitraum 2017 bis 2020 etwa 15.000 Ladesäulen in Deutschland zu errichten. Für den Aufbau öffentlich zugänglicher Schnellladeinfrastruktur in Metropolen und entlang der Bundesfernstraßen sind ca. 5.000 Ladestationen vorgesehen. Weitere 10.000 Ladestationen für Normalladen sollen an Tankstellen und Autohöfen an Hauptverkehrsach-

<sup>18</sup> LEINWEBER (2016), S. 15 f.

sen, Shopping- und Einkaufszentren, Sportzentren, Carsharing-Stationen sowie Bahnhöfe, Flughäfen und Messezentren gefördert werden. Unterstützt werden dabei sowohl private Investoren als auch Städte und Gemeinden.

Im Mai 2015 hat das BMVI bekannt gegeben, dass flächendeckend alle Autobahnraststätten eine mit Schnellladesäulen und Parkplätzen für Elektrofahrzeuge bis Ende 2017 ausgestattet werden sollen. Mit der Autobahn Tank & Rast GmbH wurde bereits ein entsprechender Vertrag für deren 400 Autobahnraststätten geschlossen. Allen weiteren 30 Konzessionsinhabern von Raststätten an Bundesautobahnen können zu gleichen Bedingungen entsprechende Förderanträge stellen.

Mit etwa 600 Mio. Euro unterstützt der Bund zusammen mit der Autoindustrie seit 18.5.2016 den Kauf von Elektroautos. Für reine Elektrofahrzeuge gibt es eine Kaufprämie von 4.000 Euro und für Plug-In-Hybrid in Höhe von 3.000 Euro. Jeweils die Hälfte dieser Kaufprämien übernehmen dabei die teilnehmenden Konzerne der Autoindustrie.

### 3 Bestands- und Anforderungsanalyse Ladeinfrastruktur Thüringen

#### 3.1 Datengrundlage Ladeinfrastruktur

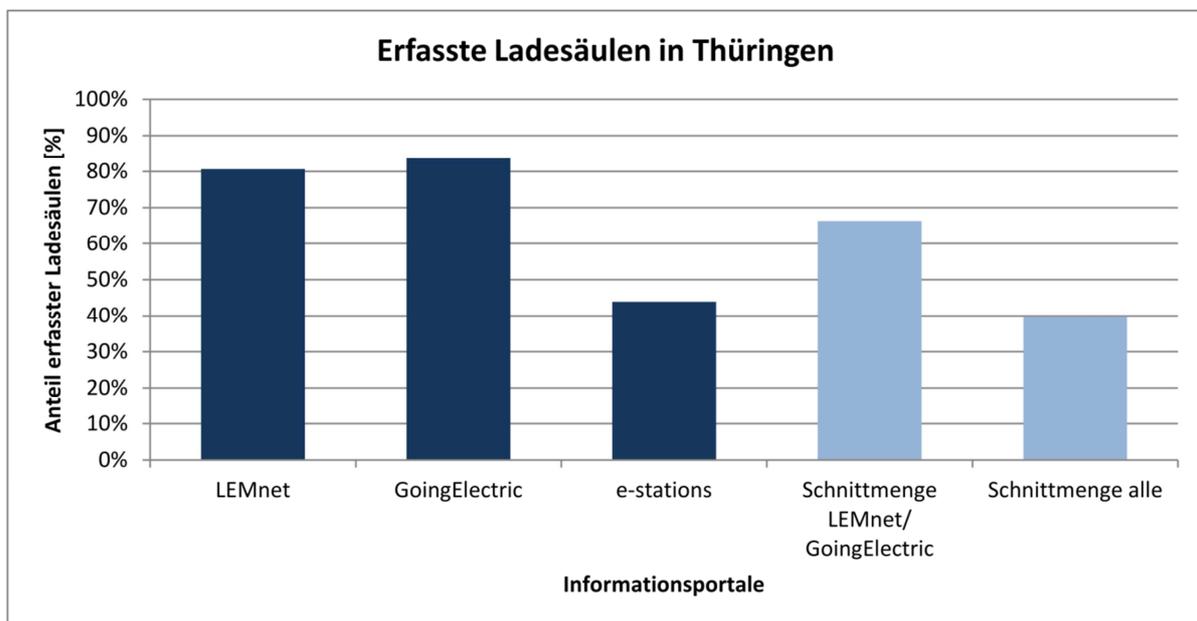
Derzeit existiert keine öffentlich zugängliche Informationsplattform, die eine vollständige Übersicht über die bestehende Ladeinfrastruktur in Deutschland gibt.

Es erfolgte daher die Auswahl von drei geeigneten Portalen mit Informationen über:

- den Standort und Betreiber,
- das Steckersystem,
- die Erhebung von Parkgebühren,
- den Zugang (per Ladekarte [ohne/mit Mitarbeiter, ohne/mit tel. Anmeldung, ohne/mit Zahlung auch per SMS], Zugang durch Mitarbeiter [kostenlos, Barzahlung, Spende], Tel. Anmeldung [kostenlos, Barzahlung, Spende], freier Zugang [ohne Ladekarte, Schlüssel, Mitarbeiter, etc.], Freischaltung per Telefon [SMS, PIN]) und
- die Öffnungszeiten (24h/7d).

Grundlage bildete eine georeferenzierbare Datenbank des Internetportals „LEMnet - Stromtankstellen für Elektrofahrzeuge.“ Erweitert wurde diese um Informationen der Online-Plattformen:

- GoingElectric und
- e-Stations.de: Elektromobilität.



**Abb. 3.1: Übersicht erfasster Ladesäulen (über LEMnet, GoingElectric, e-stations)**

Abb. 3.1 verdeutlicht, dass über kein Internetportal alle Ladestationen erfasst werden. Ersichtlich wird darüber hinaus, dass über die Portale GoingElectric und LEMnet– mit einem Anteil von je etwa 80% des Gesamtbestandes – die meisten Ladesäulen erfasst werden. Etwa 65% des Ladesäulenbestands in Thüringen werden über diese beiden Online-Plattformen und lediglich 40% in allen drei Portalen erfasst.

Insgesamt konnten durch einen Einzelabgleich der drei Internetportale für **Thüringen 98 Ladesäulen**(öffentlich, halböffentlich, privat) zum Stand Januar 2016 identifiziert werden.

## Empfehlungen

- ⇒ *Perspektivisch Schaffung einer einheitlich, öffentlich zugänglichen Plattform/Oberfläche mit Informationen bzgl. des deutschlandweiten Gesamtbestands an öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur*
- ⇒ *Wiedergabe quantitativ und qualitativ einheitlicher Informationen bzgl. Steckersystem, Öffnungszeiten und Zugang (Authentifizierung und Bezahlssysteme)*

### 3.2 Thüringen im bundesweiten Vergleich

Grundlage der Auswertung bildete die über LEMnet verfügbare Datenbank des Ladesäulenbestands (12/2015) für Deutschland. Diese wurde folgend in Verbindung mit weiteren statistischen Daten – der Einwohnerzahl, der Fläche, der Anzahl der Gesamt-Pkw und der Anzahl E-Pkw – analysiert. Daraus konnten die im Folgenden aufgeführten Kennzahlen für Thüringen im bundesweiten Vergleich abgeleitet werden:

#### (1) Ladesäulen/1 Mio. Einwohner

Datengrundlage:

- LEMnet (Bestand Ladesäulen 12/2015)
- Destatis: Bevölkerungszahlen zum 31.12.2014

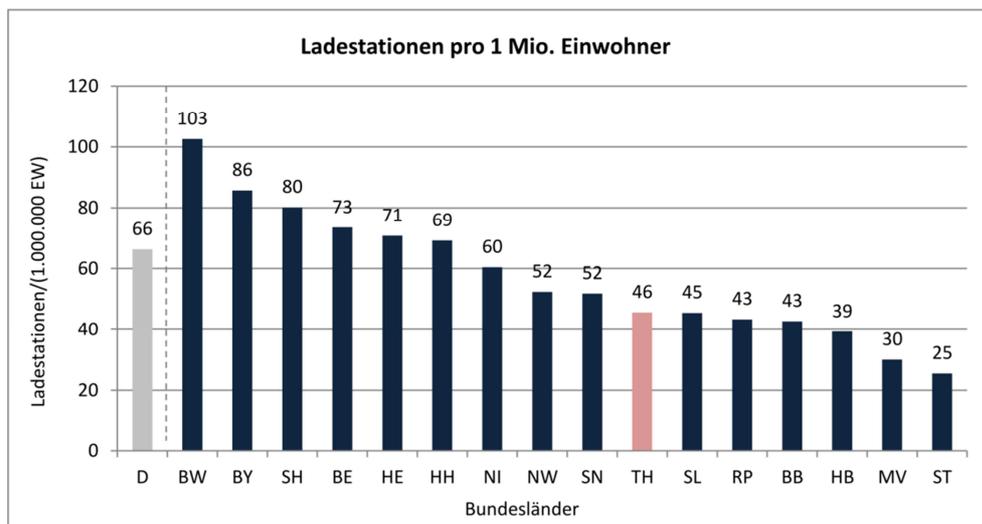


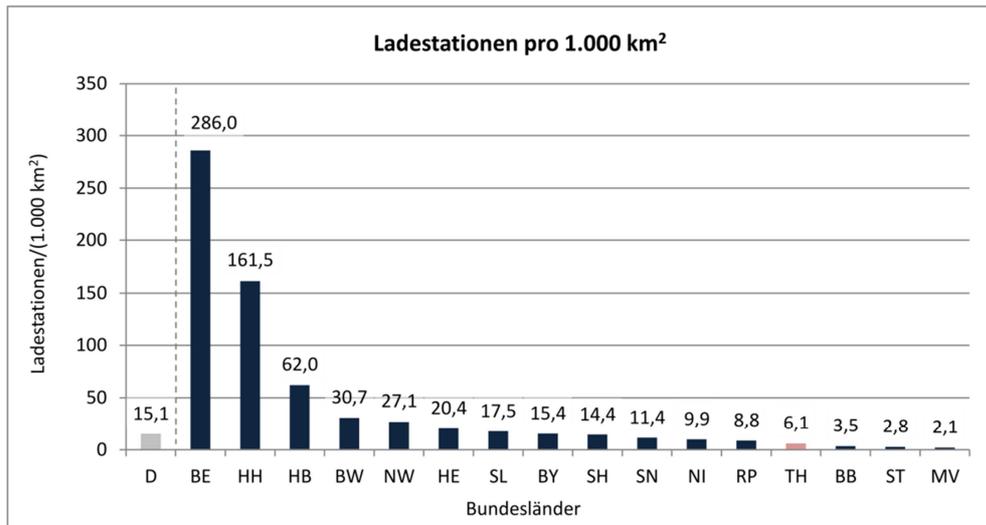
Abb. 3.2: Ladestationen pro 1 Mio. Einwohner<sup>19</sup>

#### (2) Ladesäulen/1.000km<sup>2</sup>

Datengrundlage:

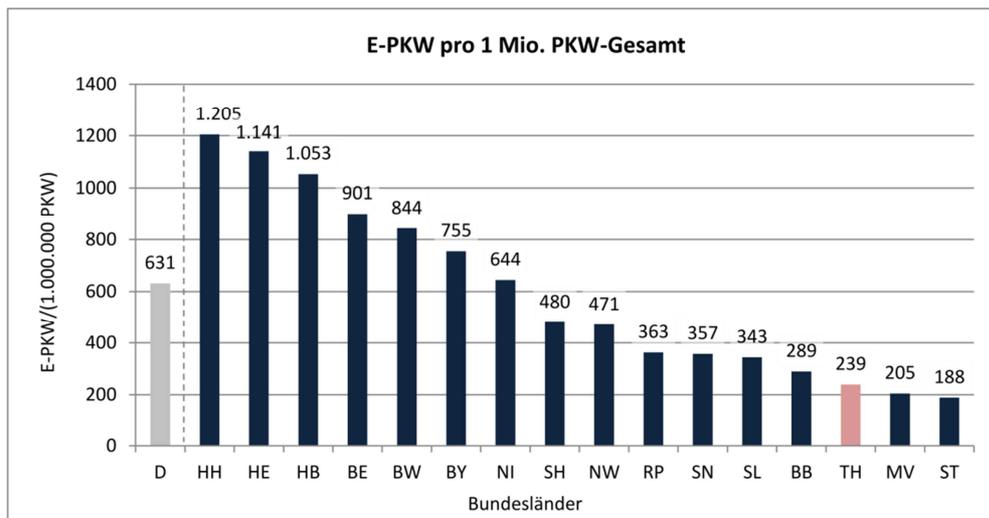
- LEMnet (Bestand Ladesäulen 12/2015)
- Destatis: Gebietsfläche nach Bundesländern zum 31.12.2013

<sup>19</sup>nach LEMNET (2015), DESTATIS (2015)

Abb. 3.3: Ladestationen pro 1.000km<sup>220</sup>(3) E-Pkw/Pkw-Gesamt<sup>21</sup>

Datengrundlage:

- Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugbestand nach Umweltmerkmalen zum 01.01.2015 (Fahrzeugzulassungen (FZ) 13)
- Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugzulassungen 10/2015 (Fahrzeugzulassungen (FZ) 8)

Abb. 3.4: E-Pkw pro 1 Mio. Pkw-Gesamt<sup>22</sup><sup>20</sup>nach LEMNET (2015), DESTATIS (2013)<sup>21</sup>Grundlage der Annahme bildet der Bestand an Fahrzeugen mit ausschließlich elektrischem Antrieb (E-Pkw). Systeme, die die Reichweite eines Elektro-Fahrzeugs erhöhen (Range Extender), sind derzeit in der Statistik des KBA nicht gesondert ausweisbar. Darüber hinaus können auch Hybride nicht nach klassischen und Plug-in-Hybriden getrennt ausgewiesen werden. Daher sind auch Plug-In-Hybride nicht in die Bestandsanalyse integriert.<sup>22</sup>nach KBA FZ1 (2015), KBA FZ8 (2015)

(4) Ladesäulen/100 E-Pkw

Datengrundlage:

- LEMnet (Bestand Ladesäulen 12/2015)
- Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugbestand nach Umweltmerkmalen zum 01.01.2015 (Fahrzeugzulassungen (FZ) 13)
- Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugzulassungen 10/2015 (Fahrzeugzulassungen (FZ) 8)

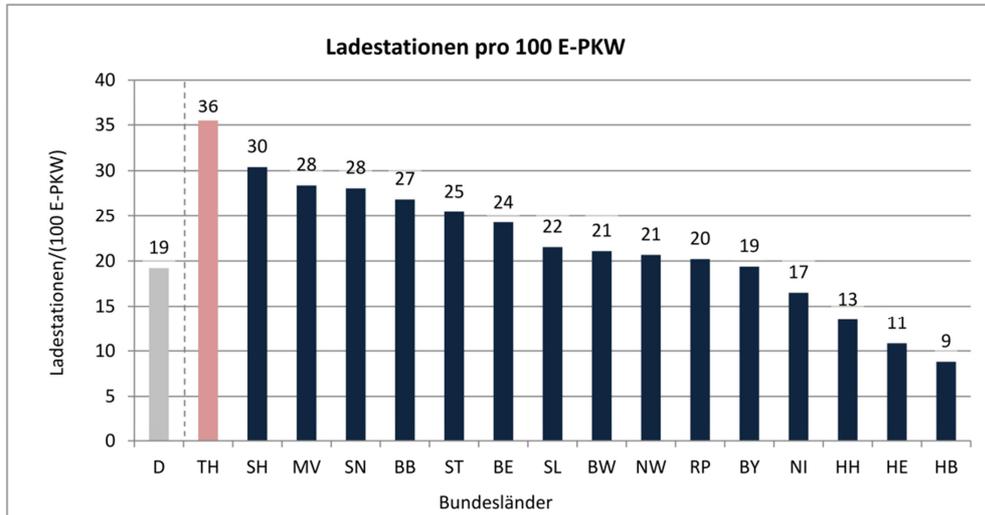


Abb. 3.5: Ladesäulen pro 100 E-Pkw<sup>23</sup>

Dabei zeigt sich, dass **Thüringen:**

- gemessen an der Einwohnerzahl etwa **30% weniger Ladestationen**,
- gemessen an der Fläche etwa **59% weniger Ladestationen**,
- gemessen am Fahrzeugbestand **etwa 62% weniger E-Fahrzeuge**,
- für die vorhandene Zahl von Elektrofahrzeugen überdurchschnittliche viele – **88% mehr Ladestationen**

als der Bundesdurchschnitt hat. Thüringen weist damit für die aufgezeigten Kennzahlen vorwiegend eine unterdurchschnittliche Ausstattung mit Ladeinfrastruktur auf.

Für die relative Anzahl an E-Pkw zum Bestand an Ladeinfrastruktur kann auf den ersten Blick jedoch ein Überangebot im bundesweiten Vergleich festgestellt werden (s. Abb. 3.5). Werden dagegen die absoluten Zahlen von E-Pkw und Ladesäulen (s. Abb. 3.6) betrachtet zeigt sich, dass für Thüringen sowohl für den Bestand der Ladesäulen als auch der Elektrofahrzeuge noch Optimierungspotential ggü. anderen Bundesländern besteht.

<sup>23</sup>nach KBA FZ1 (2015), KBA FZ8 (2015), LEMNET (2015)

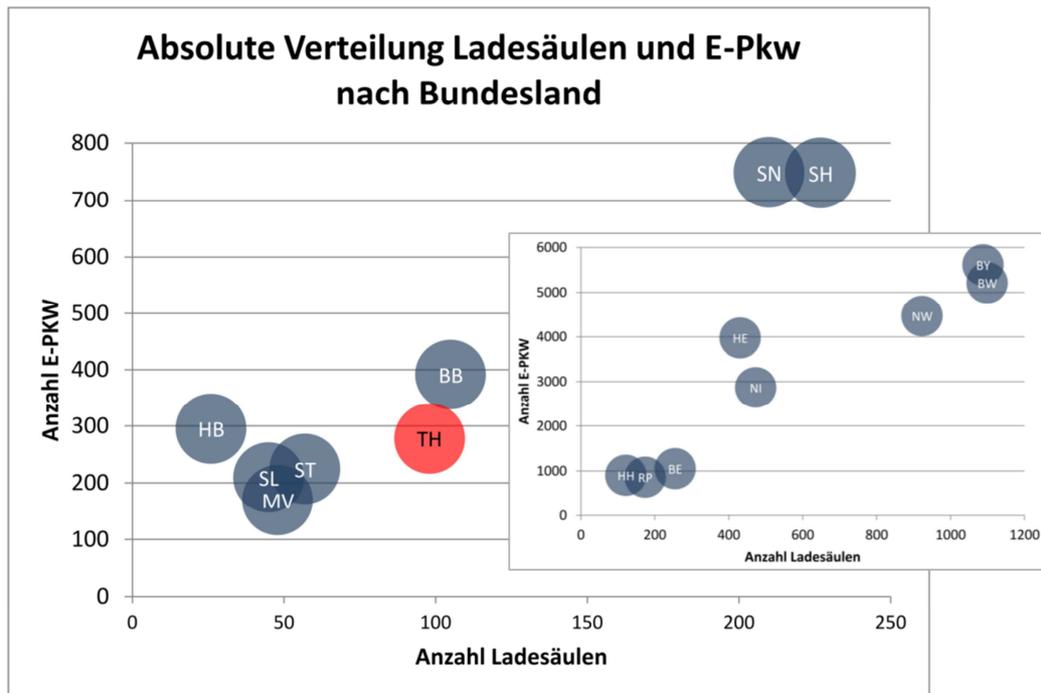


Abb. 3.6: Absolute Verteilung des Ladesäulen- und E-Pkw-Bestands nach Bundesland<sup>24</sup>

### 3.3 Anforderungen an die Ladeinfrastruktur

#### 3.3.1 Abgrenzung

Die Anforderungen an Ladeinfrastruktur müssen in drei Kategorien – entsprechend des Eigentums an der Standfläche sowie des Zugangs durch den Nutzer – unterschieden werden<sup>25</sup>:

- (1) Ladeinfrastruktur im **öffentlichen Bereich**, d.h. im öffentlich bewirtschafteten Straßenland, bspw. an Flughäfen oder Bahnhöfen. Diese Ladestationen werden direkt an das öffentliche Stromnetz angeschlossen.
- (2) Ladeinfrastruktur im **halböffentlichen Bereich**, d.h. im privat bewirtschafteten aber uneingeschränkt oder begrenzt öffentlich zugänglichen Straßenland, bspw. an Autohäusern, Supermärkten, Tankstellen, Hotels, etc.
- (3) Ladeinfrastruktur im **privaten Bereich**, d.h. private Stellplätze, bspw. Garage und Carport, sowie Firmenparkplätze.

Ladeinfrastruktur im öffentlichen und halböffentlichen Bereich wird in diesem Zusammenhang auch unter dem Begriff „öffentlich zugängliche“ Ladeinfrastruktur zusammengefasst.<sup>26</sup>

Abb. 3.7 zeigt in diesem Zusammenhang die Betreiberstruktur für Thüringen. Es kann zusammengefasst werden, dass:

- die Mehrzahl der Ladesäulen durch Energieversorger betrieben werden (= erhöhtes Potential zur Schaffung öffentlicher Ladeinfrastruktur).

<sup>24</sup>nach KBA FZ1 (2015), KBA FZ8 (2015), LEMNET (2015)

<sup>25</sup> BEM (2016 b), NOW GmbH (2014), S. 9 f., NOW GMBH (2016),

<sup>26</sup> NOW GMBH (2014), S. 9 f.

- etwa 43% der Ladesäulen durch Autohäuser, Anbieter von Übernachtungsmöglichkeiten und im Tourismusbereich betrieben werden (= erhöhtes Potential zur Schaffung halböffentlicher Ladeinfrastruktur)
- auch einige private Anbieter ihre Lademöglichkeit nach Absprache zur Verfügung stellen.

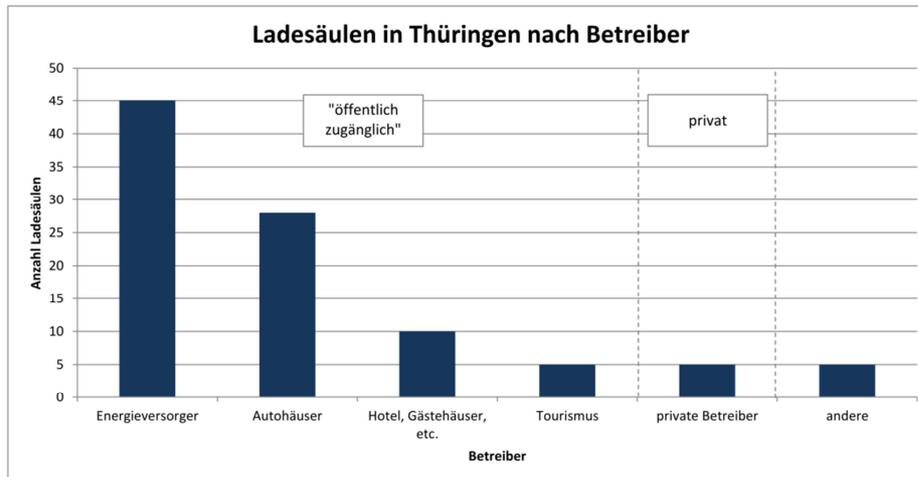


Abb. 3.7: Ladesäulen in Thüringen nach Betreiber

Für die beschriebenen Kategorien müssen Anforderungen an:

- die **Ladetechnologie** (Ladeanschlusssystem, Leistungsanschluss und Anschlusskonfiguration),
- die **Zugangsmöglichkeiten** (Standort und Öffnungszeiten, Authentifizierung und Bezahlssysteme) und
- die **Interaktionsfähigkeit** (Kommunikation, Bedienfunktion, Information)

formuliert werden. In den folgenden Kapiteln werden diese Anforderungen unter der Zielsetzung eines diskriminierungsfreien (d.h. eine Ladung an jeder Ladesäule ist möglich) und zukünftig auch interoperablen (d.h. eine Ladung ist an jeder Ladesäule mit einem Zugangsmedium möglich) Aufbaus von Ladeinfrastruktur definiert.

### 3.3.2 Ladetechnologie

Im Bereich der Ladetechnologie kann auf bereits bestehende Standards seitens der EU (vgl. Kapitel 2.1.2) bzw. deren Überführung in deutsche Normen verwiesen werden:

- (1) **2014/94/EU**: Festlegung von Standards für Steckersysteme (Normal- und Schnellladung)
- (2) **DIN EN 61851**: Reihe für Ladeinfrastruktur
- (3) **DIN EN 62196**: Reihe für Steckverbindungen

Tab. 3.1 gibt eine allgemeine Übersicht über die derzeit existierenden Ladeanschlussysteme. Für **Thüringen** kann festgestellt werden, dass aktuell bereits an **80 Ladesäulen** ein EU-konformer **Typ 2** Stecker verfügbar ist (s. Abb. 3.8).

Tab. 3.1: Übersicht über verfügbare Ladeanschlussysteme<sup>27</sup>

Stecker	Beschreibung
<i>AC-Ladung (überwiegend Normalladen, ab 43kW Schnellladen)</i>	
<b>Typ 1</b> 	ausgelegt auf das nordamerikanische 120/240-Volt-Einphasen-Dreileiternetz
<b>IEC Typ 2</b> 	<b>entspricht dem EU-Standard (IEC 62196-2),</b> ausgelegt auf hohe Stromstärken und mehrere tausend leichtgängige Steckvorgänge
<b>Typ 3A</b> 	hauptsächlich verbreitet in Frankreich und Italien, unterstützt lediglich einphasige Ladung
<i>DC-Ladung (Schnellladung)</i>	
<b>CCS Typ 2</b> 	„Combined Charging System“ CCS, <b>entspricht dem EU-Standard (IEC 62196-2),</b> europäischer und amerikanischer Ladestandard, Erweiterung des Typ 2 um zwei Pole für die DC-Schnellladung, Vorteil: es wird nur ein fahrzeugseitiger Anschluss benötigt, da dieser mit AC und DC kompatibel ist
<b>CHAdeMO</b> 	japanischer Standard, Unterstützung der bidirektionale Ladung, daher kann Strom aus der Fahrzeugbatterie z.B. als Notstrom verwendet werden
<i>sonstige Stecksysteme</i>	
<b>CEE blau</b> 	ausgelegt für 16A Dauerbelastung, in industriellen Anwendungen verbreitet
<b>CEE rot</b> 	Dreiphasenwechselstrom meistens für 16A
<b>Tesla</b> 	Spezielles Stecksystem des kalifornischen Herstellers von Oberklasse-Elektrofahrzeugen
<b>Schuko</b> 	herkömmlicher Haushaltsstecker in Deutschland, nicht für dauerhafte, schnelle Ladung geeignet, leicht überhitzbar

Grundsätzlich ist sowohl das AC-Laden (Wechselstrom, in der Praxis zumeist Normalladen) als auch das DC-Laden (Gleichstrom, in der Praxis zumeist Schnellladen) mit unterschiedlichen Ladeleistungen für Elektrofahrzeuge möglich.

Gegenwärtig können an vielen öffentlichen AC-Ladesäulen mit einem Typ 2 Anschluss bereits 22 kW Ladeleistung abgerufen werden. Von diesem Potential nutzen jedoch noch viele E-Pkw – aus Kosten- und fahrzeugseitigen Gründen – nur einen Teil. Für einige Modelle kann eine erhöhte Ladeleistungen gegen einen Aufpreis nachgerüstet werden.

Auch in Thüringen lässt die Mehrzahl der Ladesäulen bereits Ladeleistungen von 22kW zu. Für das Schnellladen existiert in Thüringen jedoch bisher keine kundenorientierte Infrastruktur (s. Abb. 3.8).

<sup>27</sup> NPE (2014)

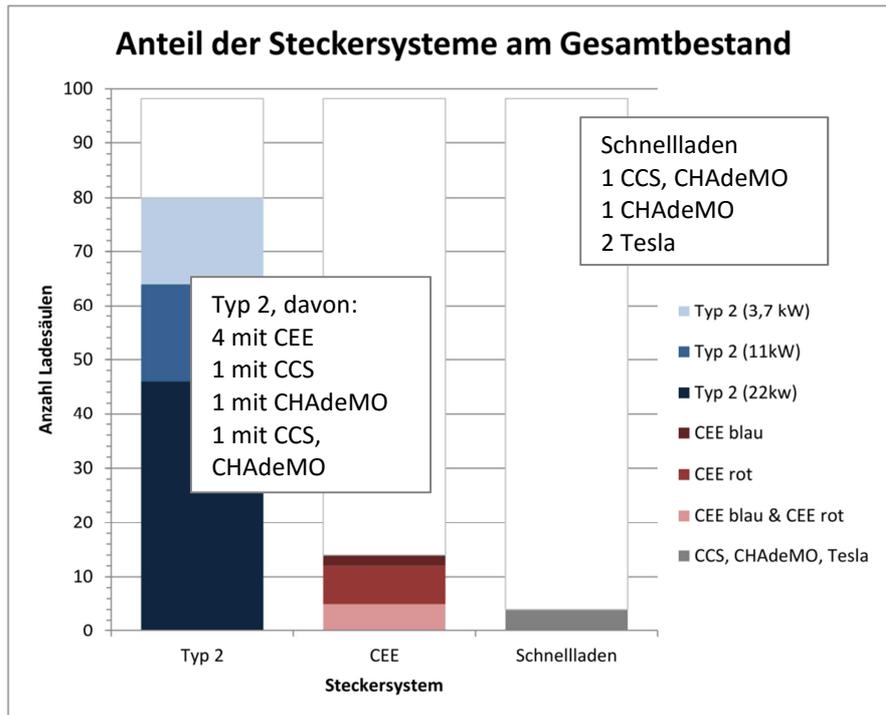


Abb. 3.8: Anteile der Steckersysteme am Gesamtbestand für Thüringen

Neben dem Leistungsanschluss können auch verschiedene Varianten der Anschlusskonfiguration (DIN 61851) definiert werden:

- (1) feste Verbindung des Ladekabels mit dem Fahrzeug
- (2) feste Verbindung des Ladekabels mit der Ladesäule
- (3) Ladekabel ohne feste Verbindung zu Fahrzeug oder Ladesäule.

In Abb. 3.9 wird zusammenfassend ein Überblick über Ladearten und Ladebetriebsvarianten gegeben.

Ladeart	Lade-modus	einphasig	dreiphasig	Abbildung
AC-Ladung	Modus 1	max. 16 A, 3,7 kW	max. 16 A, 11,0 kW	
	Modus 2	max. 32 A, 7,4 kW	max. 32 A, 22,0 kW	
	Modus 3	max. 63 A, 14,5 kW	max. 63 A, 43,5 kW	
DC-Low-Ladung	Modus 4	max. 80 A, 38 kW		
DC-High-Ladung		max. 200 A, 170 kW		
Induktionsladung	-	nicht marktreif, kein Serieneinsatz		
Batteriewechsel	-	heute nur in geschlossenen Flotten		

Abb. 3.9: Ladearten und Ladebetriebsvarianten<sup>28</sup>

<sup>28</sup> FRAUNHOFER IOSB-AST (2015)

## Empfehlungen

- ⇒ *Ausschließliche Förderung von den durch die EU formulierten Standards für Steckersysteme, Typ 2 (Normalladen) und CCS (Schnellladen).*
- ⇒ *Kombinierte Ladesäulen mit Typ 2 und CCS Stecker sollten in Ober- und Mittelzentren Thüringens sowie am Bundesfernstraßennetz bevorzugt gefördert werden.  
Die Erweiterung um weitere Steckersysteme kann möglich aber nicht förderfähig sein. Basierend auf den sicherheitstechnischen Anforderungen an das Laden eines Elektrofahrzeuges als auch in Hinblick der sehr langen Ladedauern ist das Laden mittels einer landesüblichen Haushaltssteckdose, Schutzkontakt-Steckdose, nicht zu empfehlen. (Auch nach Empfehlung der NPE sollten für drei- und vierrädrige Elektrofahrzeuge für das Normalladen mit Wechselstrom als auch das Schnellladen mit Gleichstrom „zweckgebundene Steckdose“ bevorzugt verwendet werden.<sup>29</sup>)*
- ⇒ *Eine feste Installation des Ladekabels an Schnellladesäulen ist zu bevorzugen.*
- ⇒ *Jede Ladesäule sollte mit mind. zwei Ladepunkten ausgestattet werden.(Gewährleistung gleichzeitiger Ladevorgänge)*

---

### 3.3.3 Zugangsmöglichkeiten

Grundsätzlich müssen für die Qualität der Zugänglichkeit einer Ladesäule die folgenden Kriterien bewertet werden:

- die räumliche Zugänglichkeit (Standort),
- die zeitliche Zugänglichkeit(Öffnungszeiten) und
- die Authentifizierung und das Bezahlungssystem (Bestands-/Vertragskunden und ad hoc Kunden [punktueller Laden])

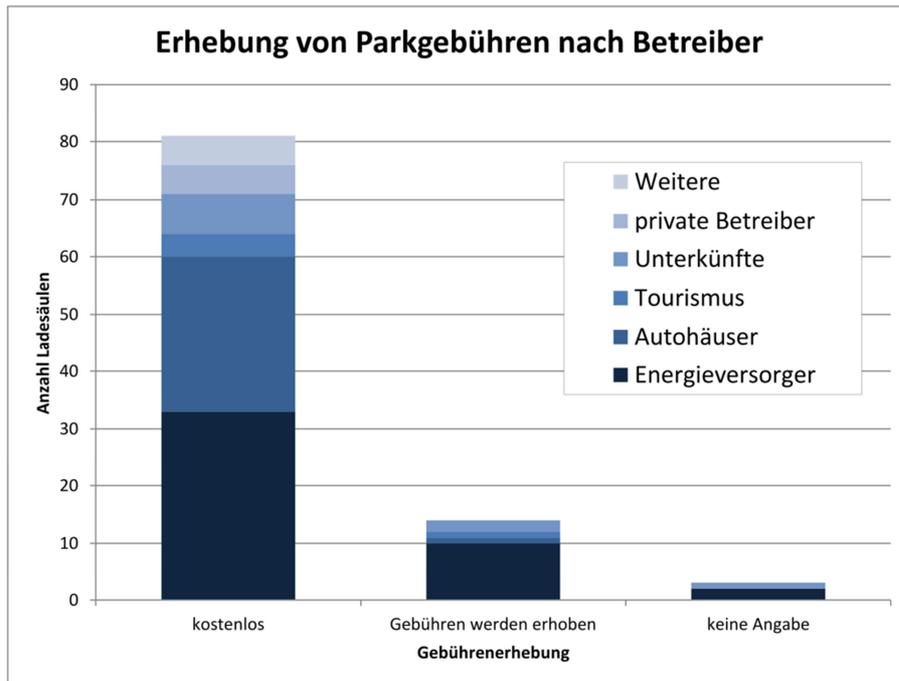
Die Standortwahl für eine Ladesäule sollte im ersten Schritt unter dem Fokus eines räumlich barrierefreien Zugangs erfolgen, d.h. die Abgrenzung des Stellplatzes bspw. durch eine Schranke darf für öffentliche bzw. sollte für halb-öffentliche Ladeinfrastruktur nicht erfolgen.

Mit Inkrafttreten des EmoG im Juni 2015 können zudem Parkbevorrechtigungen und Parkgebührenbefreiungen für elektrisch betriebene Fahrzeuge im öffentlichen Verkehrsraum ausgesprochen werden. Abb. 3.10 zeigt in diesem Zusammenhang für Thüringen, dass bereits gegenwärtig die Mehrheit der bestehenden Ladesäulen gebührenfrei genutzt werden kann.

Darüber hinaus besteht der Anspruch einer zeitlichen Verfügbarkeit von **24 Stunden und sieben Tage pro Woche** (24h/7d) für öffentliche Ladesäulen. Abb. 3.11 zeigt, dass dieses Kriterium in **Thüringen** lediglich für **46 Ladesäulen** erfüllt ist.

---

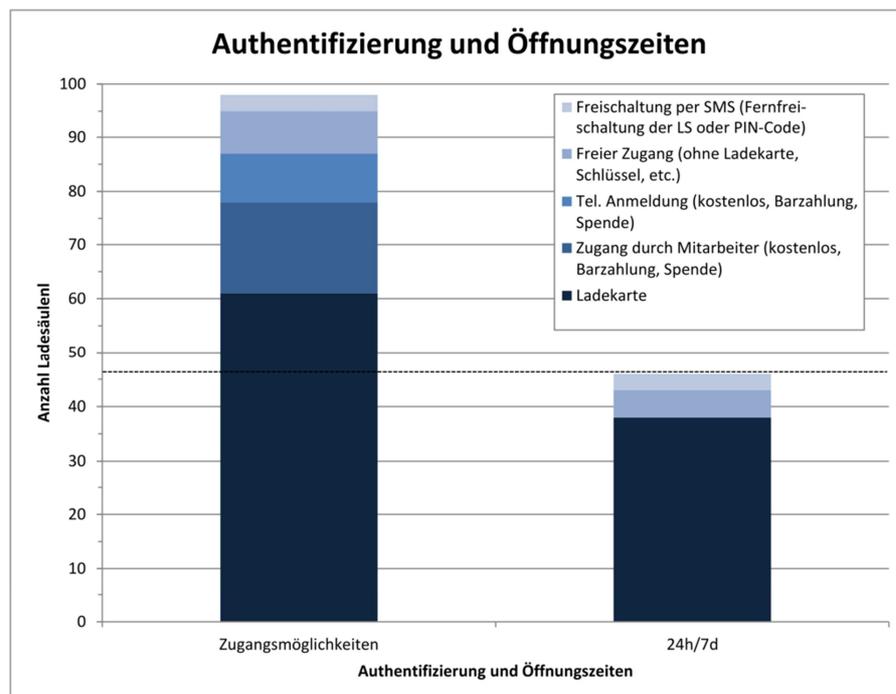
<sup>29</sup> NPE (2013)



**Abb. 3.10: Erhebung von Parkgebühren für den Gesamtbestand an Ladesäulen in Thüringen**

Für diese 46 Ladesäulen ist zudem ein Zugang ohne tel. Voranmeldung oder über einen Mitarbeiter des Ladesäulenbetreibers möglich. Werden diese zwei Merkmale nicht beachtet, erfüllen weitere 14 Ladesäulen (an Hotels und Autohöfen, private Anbieter oder Energieversorger mit 24h-Dienst) die Anforderung einer Zugänglichkeit von 24h/7d.

Darüber hinaus erfüllen jedoch nur **40** dieser 46 Ladesäulen für **Thüringen** die Anforderung eines **Typ 2** Steckers. In Hinblick der Anforderungen der EU werden im Rahmen dieser Untersuchung damit ausschließlich diese 40 Ladesäulen für den aktuellen Ladeinfrastrukturbestand in Thüringen zugrunde gelegt. (vgl. Anhang, Anlage I: Datenblätter der Landkreise und kreisfreien Städte Thüringens).



**Abb. 3.11: Zeitliche Zugänglichkeit und Authentifizierung des Gesamtbestands an Ladesäulen in Thüringen**

Für die Zugänglichkeit einer Ladesäule hinsichtlich Authentifizierung und Bezahlssystem existiert noch ein sehr heterogenes Angebot. Grundsätzlich können die folgenden Möglichkeiten zur Authentifizierung unterschieden werden:

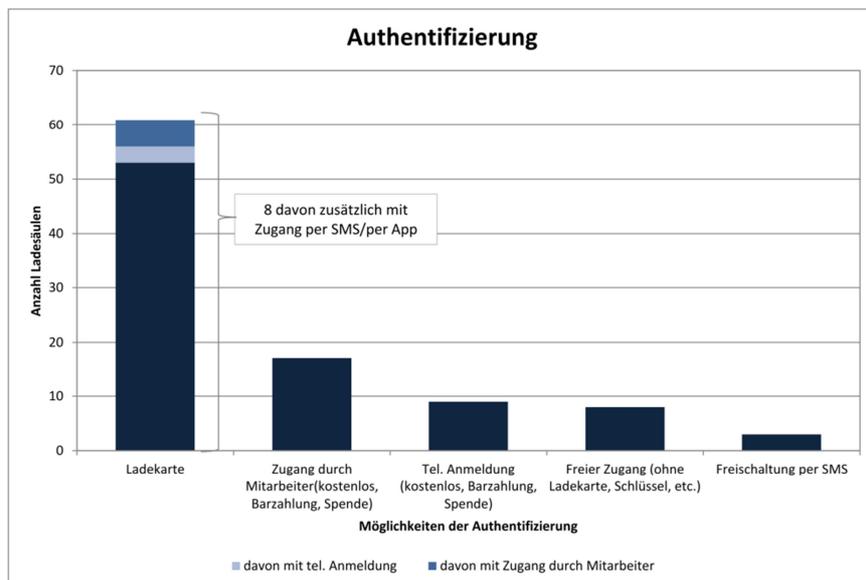
- (1) **Analoge Authentifizierung**, mittels RFID-Karte (bspw. Ladekarte, e-Roaming Karte) oder Schlüsselsystem (bspw. Park and Charge). Mit Hilfe des jeweiligen Zugangsmediums wird die Sperre einer Ladestation aufgehoben und die Freischaltung der Ladesäule zum Ladevorgang erfolgt.
- (2) **Digitale Freischaltung**, mittels App, SMS oder Telefonhotline. Diese ermöglichen bspw. eine Freischaltung der Ladesäule durch die Ladeanfrage per SMS. Es erfolgt die Übersendung einer PIN zum Starten des Ladevorgangs. Die Abrechnung wird direkt über den Mobilfunkvertrag des Kunden umgesetzt.
- (3) **Automatische Authentifizierung („Plug and Charge“)**. Bei diesem Mechanismus erfolgt die Identifikation, Autorisierung, das Starten des Ladevorgangs und die Bezahlung automatisch (entspricht der Idee des „smart charge“).

Für Thüringen kann festgestellt werden, dass etwa 60% der Ladesäulen mittels Ladekarte zugänglich sind (s. Abb. 3.12). Davon muss jedoch für fünf Ladestationen eine spezielle Ladekarte (bspw. regional) beim Betreiber ausgeliehen werden. Bei drei weiteren Ladesäulen ist eine tel. Voranmeldung gewünscht (private Anbieter).

Eine Auswertung über die Anteile der Nutzung unterschiedlicher Anbieter von E-Roaming Plattformen kann aufgrund der inkonsistenten Datenlage nicht belastbar dargestellt werden. Häufig wurden jedoch die Anbieter:

- Ladenetz (Kooperation der Stadtwerke, etwa 50 Partner),
- TheNewMotion (ermöglichen bereits in den Niederlanden und Belgien eine flächendeckende Nutzung, Kooperation mit Ladenetz) und
- PlugSurfing (Verträge mit über 20 Ladestationsanbietern)

genannt. Darüber hinaus sind ca. 25% der Ladesäulen in Thüringen ausschließlich mittels einer tel. Voranmeldung oder eines Mitarbeiters des Ladesäulenbetreibers möglich. Das Laden ist an diesen Säulen kostenlos, wird bar oder über freiwillige Spende beglichen.



**Abb. 3.12: Authentifizierungsmöglichkeiten an den Bestandsladesäulen in Thüringen**

Abschließend können für den Bereich der Abrechnungssysteme die folgenden Möglichkeiten benannt werden:

- (1) **Vertragsgebundenes Laden**, bspw. per E-Roaming Karte. Die Abrechnung erfolgt dabei monatlich.
- (2) **Mobile Payment**, die Initiierung der Ladung erfolgt dabei per SMS oder App.
- (3) **Direktbezahlung**, bspw. Bezahlung pro Ladung (pro kW/h) pro Zeit (fester Betrag für einen festen Zeitintervall), mittels EC-Karte, etc.

### Empfehlungen

- ⇒ *Ausschließlich Förderung von Ladeinfrastruktur (öffentlich/ halböffentlich im Sinne „öffentlich zugänglicher“ Ladeinfrastruktur) die eine freie räumliche (keine Beschränkungen) und zeitliche (24h/7d) Zugänglichkeit gewährleistet.*
- ⇒ *Standorte die ein entsprechendes Stellplatzangebot gewährleisten – auch in Hinblick einer möglichen Erweiterung des Ladestandorts bei überdurchschnittlich hoher Annahme des Angebots – sollten bevorzugt gefördert werden.*
- ⇒ *Stellplätze sollten entsprechend der gesetzlichen Regelungen (§ 39 (10) StVO) mit dem für Elektrofahrzeuge autorisierten Sinnbild gekennzeichnet/ beschildert werden. Eine stichprobenartige Überprüfung der Belegung der Stellplätze mit den autorisierten Fahrzeugen wird empfohlen.*
- ⇒ *Ausschließlich Förderung von Ladeinfrastruktur die eine Authentifizierung und Abrechnung über ein RFID-Kartensystem erlaubt. (Das Laden per RFID-Karte ist im bundesdeutschen Raum bereits weit verbreitet und wird zukünftig einen möglichen Standard darstellen)*
- ⇒ *Für Thüringen sollte ein einheitlicher Zugang mittels einer Ladekarte geschaffen werden. Die Ausschreibung zur Auswahl eines geeigneten/gängigen Roaming Partners– bspw. „Ladenetz“, „E-Wald“, Hubject“ – kann durchgeführt werden.*
- ⇒ *Für das punktuelle Laden muss ebenfalls eine Lösung oder deren Nachrüstung vorgehalten werden. Derzeit werden in Thüringen bspw. bereits Ladevorgänge per SMS ausgelöst. Folgende allgemeine Randbedingungen müssen jedoch bei allen mobilen Lösungen abgewogen werden:*

- *Der Standort muss eine gute Netzverfügbarkeit gewährleisten.*
- *Das Laden von Fahrzeugen über ein Diensthandy ist rechtlich nicht eindeutig bewertbar.*
- *Ausgrenzung von Personengruppen die keine Handy-/Smartphone-Nutzer sind.*

*Darüber hinaus kann das punktuelle Laden auch per Münzzahlung oder Prepaid Karte erfolgen. Aufgrund der hohen Aufwendungen wird die Ladung via EC-/Kreditkarten Terminal kritisch eingeschätzt.*

---

### 3.3.4 Interaktionsfähigkeit

Derzeit existiert keine rechtliche Vorgabe bzgl. der technischen Kriterien Bedienfunktion, Kommunikation und Installation beim Aufbau von Ladeinfrastruktur.

Allerdings stellt insbesondere die Kommunikationsfähigkeit der Ladesäule ein wichtiges Kriterium in Hinblick der Zukunftsfähigkeit (Interoperabilität) von Ladeinfrastruktur dar. Sie bildet bspw. die Grundlage für die Übertragung von Informationen zwischen:

- Ladesäule und Fahrzeug,
- einer einzelnen Ladesäule und einem Ladesäulennetzwerk als auch
- Ladesäule und Kunde, bspw. über eine Anwendung (App oder Navigationsanwendung mit Informationen zur Belegung, zur technischen Ausstattung, etc.)

In diesem Zusammenhang sollte auch die Detektion von Parkplätzen für E-Pkw, bspw. zum Abruf der Belegung, bei einer Errichtung von Ladeinfrastruktur bedacht werden.

#### Empfehlungen

- ⇒ *Bevorzugte Förderung von Ladeinfrastruktur mit einer Anbindung an ein Backend-System (Online Anbindung) oder deren Nachrüstbarkeit um eine Übertragung relevanter Daten (bspw. per GSM) zu ermöglichen.*
- ⇒ *Bevorzugte Förderung von Ladeinfrastruktur, die ein Monitoring der Systemkomponenten ermöglicht (bspw. zur Fehlererkennung, zum Neustart, zur Freischaltung des Ladevorgangs, zur Updatefähigkeit, Beachtung der Schnittstellenkompatibilität, etc.).*
- ⇒ *Bevorzugte Förderung von Ladeinfrastruktur mit einem intuitiven Bedienkonzept.*
- ⇒ *Die technischen Basisanforderungen bilden die in der EU-Richtlinie 2014/94/EU sowie die in der LSV I, geplant LSV II genannten technischen Anforderungen (vgl. Kapitel 3.3.2).*

---

### 3.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann bzgl. des **Bestandes** an Ladeinfrastruktur in **Thüringengegenwärtig** festgestellt werden, dass:

- Thüringen im Bundesvergleich noch einen **Bedarf an Ladeinfrastruktur** aufweist.
- bisher für Thüringen **keine flächendeckende Ladeinfrastruktur** besteht.
- lediglich **40 Ladesäulen** das EU-seitige Kriterium eines **Typ 2** Steckers und eine Zugänglichkeit von **24h/7d** erfüllen.

Die Bestandsdaten nach kreisfreien Städten und Landkreisen für Thüringen sind im Anhang, Anlage I: Datenblätter der Landkreise und kreisfreien Städte Thüringens im Detail hinterlegt.

Die zu stellenden **Anforderungen an die Förderfähigkeit öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur** ist noch einmal zusammenfassend in Tab. 3.2 aufbereitet.

Tab. 3.2: Anforderungen an eine Förderrichtlinie zum Ladeinfrastrukturausbau in Thüringen

<i>Ladetechnologie</i>	
Fördervoraussetzungen	Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stecker: Typ 2(AC-Laden), CCS (DC-Laden)</li> <li>• (Vorgaben LSV I)</li> <li>• Ladeleistung AC-Ladung: bis 22kW</li> <li>• Ladeleistung DC-Ladung: ab 22kW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung weitere Steckersysteme möglich aber nicht förderfähig</li> <li>• Bevorzugung kombinierter Ladesäulen (Typ2/CCS), bspw. auch Umbau vorhandener CHAdeMO Ladesäulen als Triple-Charger</li> <li>• Bevorzugung von Schnellladesäulen mit fester Installation des Ladekabels an der Ladesäule</li> <li>• Ausstattung mit mind. 2 Ladepunkten je Ladesäule</li> </ul>
<i>Zugangsmöglichkeiten</i>	
Fördervoraussetzungen	Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• freier räumlicher Zugang</li> <li>• freier zeitlicher Zugang (24h/7d)</li> <li>• Zugang per RFID-Kartensystem</li> <li>• Lösung für punktuellen Laden vorhanden oder nachrüstbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevorzugung von Standorten mit einem erweiterbaren Stellplatzangebot</li> <li>• Kennzeichnung der Stellplätze mit dem Sinnbild nach § 39 (10) StVO</li> <li>• Stichprobenhafte Überprüfung der Belegung der Stellplätze</li> <li>• einheitlicher Zugang für Thüringen mittels einer Ladekarte, Ausschreibung zur Auswahl eines geeigneten Roaming-Partners</li> </ul>
<i>Interaktionsfähigkeit</i>	
Fördervoraussetzungen	Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• technische Basisanforderungen gemäß 2014/94/EU bzw. LSV I/ zukünftig auch LSV II</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevorzugung von Ladesäulen mit einer Online-Anbindung bzw. deren Nachrüstbarkeit</li> <li>• Bevorzugung von Ladesäulen mit einem Monitoring-System bzw. dessen Nachrüstbarkeit</li> <li>• Bevorzugung von Ladesäulen mit einem intuitiven Bedienkonzept</li> </ul>
<i>Weitere Kriterien</i>	
Fördervoraussetzungen	Empfehlungen
k. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anforderungen an die Qualität der Ladesäule sind zu beachten, bspw. hinsichtlich Gehäuse, Verarbeitung, etc.</li> <li>• Gewährleistung des Betriebs der Ladesäule durch den Antragssteller (Störungsbeseitigung)</li> <li>• Sachgemäße Wartung der Ladesäule (nach Herstellerangaben, bzw. gesetzliche Vorgaben)</li> </ul>

## 4 Bedarfsräume des Ladeinfrastrukturausbaus in Thüringen

### 4.1 Grundlagen

Um Bedarfsräume definieren zu können, erfolgte im ersten Schritt die umfassende Bestandsaufnahme der Ladeinfrastruktur in Thüringen (Auswertungen s. Kapitel3).

Ableitend daraus wurden zwei Ansätze zur Prognose bzw. zur Bestimmung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur entwickelt (s. Abb. 4.1) die in den folgenden Kapiteln ausgeführt werden.

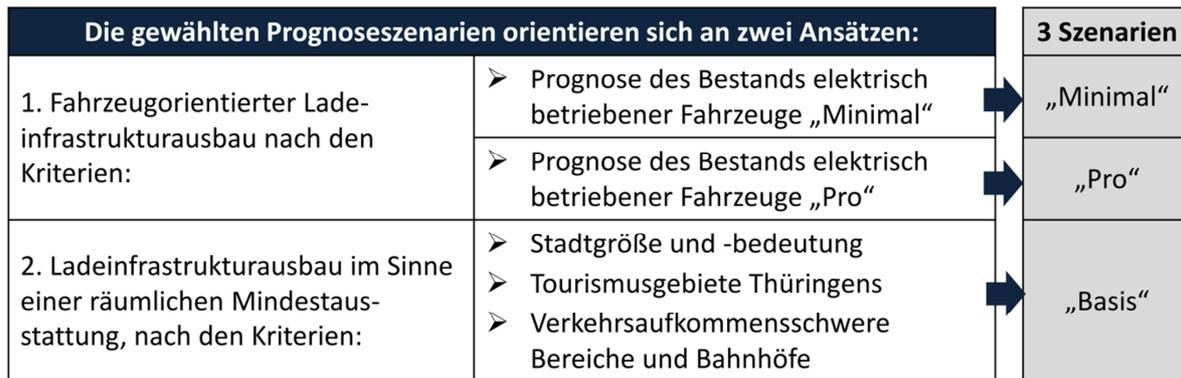


Abb. 4.1: Ansätze zur Bestimmung des Ladeinfrastrukturbedarfs in Thüringen

### 4.2 Fahrzeugorientierter Ladeinfrastrukturausbau

Entsprechend den Anforderungen der EU (vgl. Kapitel 2.1.2) gilt als ein möglicher Richtwert zum Ausbau der Ladeinfrastruktur ein öffentlicher Ladepunkt je 10 Elektrofahrzeuge.

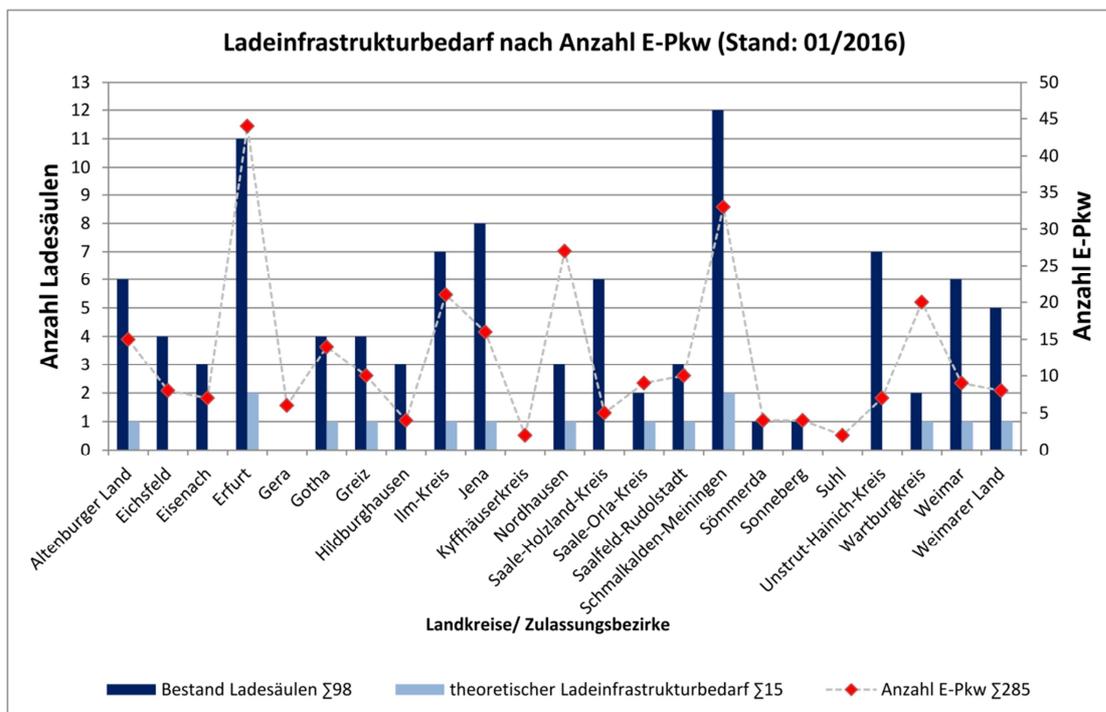


Abb. 4.2: Ladeinfrastruktur nach Anzahl E-Pkw in Thüringen

Für den Bestand von 285 E-Pkw in Thüringen zum 01.01.2016 müssten nach diesem Richtwert 29 Ladepunkte bzw. – unter der Annahme von zwei Ladepunkte (LP) je Ladesäule (LS) – 15 Ladesäulen

vorgehalten werden. Damit ergäbe sich eine Abdeckung von einer Ladesäule auf ca. 1.000km<sup>2</sup> bzw. auf 140.000 Einwohner. Gegenwärtig würde für Thüringen nach diesem Ansatz ein Gesamtüberschuss von 83 Ladesäulen bestehen.<sup>30</sup>

Es kann festgestellt werden, dass der fahrzeugseitige Ansatz bei hohen Bestandszahlen eine grobe Abschätzung des Ladeinfrastrukturbedarfs erlaubt. Es kann jedoch weder im Sinne einer **Angebotsplanung** agiert noch eine Aussage zur räumlichen **Verteilung der Ladeinfrastruktur** getroffen werden.

Für den Bereich der Prognose von E-Fzg. müssen die folgenden regulatorischen Rahmenbedingungen beachtet werden (s. ebenfalls Kapitel 2.3 und 2.2.5):

- (1) Förderung des Ladeinfrastrukturausbaus durch das BMVI<sup>31</sup>
  - Fördersumme 300 Mio.€ (evtl. abzgl. Overhead): Förderung von 15.000 Ladesäulen
  - 100 Mio.€ Normalladen: Förderung von 10.000 Ladesäulen
  - 200 Mio.€ Schnellladen: Förderung von 5.000 Ladesäulen
- (2) Kaufprämie für Elektroautos (1,2 Mrd. Euro , 50% Bundmittel/ 50% Mittel der Autoindustrie)<sup>32</sup>
  - 4.000 € für E-Pkw, 3.000 € für Hybride
  - Start der Prämien-Auszahlung: ab Mai 2016, max. Laufzeit: bis 2019
- (3) Gesetz zur steuerlichen Förderung von Elektromobilität<sup>33</sup>
  - zehnjährige Kraftfahrzeugsteuerbefreiung
  - steuerbefreites Laden am Arbeitsplatz

#### *Annahme 1: Prognose des Ladeinfrastrukturausbaus in Thüringen bis 2020*

*Der Anteil für neu zu errichtende Ladesäulen in Thüringen liegt bei etwa 1,5 - 2% des Bundesdurchschnitts (Ableitung in Anlehnung an die Entwicklung der aktuellen Bestandszahlen).*

*⇒ Es wird die Förderung von etwa **200 Normalladesäulen** und **70 Schnelladesäulen** durch den Bund angenommen.*

---

Anhand dieser Rahmenbedingungen in Verbindung mit der Recherche verschiedener Studien<sup>34</sup>:

- (1) Prognosehorizont 2020
  - Fraunhofer ISI „Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge“, 2013  
3 Szenarien: Contra-EV, Mittel, Pro-EV: **175 Tsd. – 1,1 Mio. EVs**
  - Horváth & Partners „Fakten-Check Mobilität 3.0“, 2015: **820 Tsd. EVs**

---

<sup>30</sup>Grundlage der Annahme bildet der Bestand an Fahrzeugen mit ausschließlich elektrischem Antrieb (E-Pkw). Systeme, die die Reichweite eines Elektro-Fahrzeugs erhöhen (Range Extender), sind derzeit in der Statistik des KBA nicht gesondert ausweisbar. Darüber hinaus können auch Hybride nicht nach klassischen und Plug-in-Hybriden getrennt ausgewiesen werden. Daher sind auch Plug-In-Hybride nicht in die Bestandsanalyse integriert.

<sup>31</sup> BMVI (069/2016)

<sup>32</sup> BMWI (2016 b)

<sup>33</sup> BUNDESREGIERUNG (2016 b)

<sup>34</sup> Im Rahmen dieser Studien sind Electric Vehicles (EV) ausgewiesen, diese umfassen Batterie-EV. (BEV), Plug-In-Hybrid-EV (PHEV) und Range-Extender-EV (REEV), vgl.: Kapitel 5.1

- Kienbaum „Marktentwicklung Elektromobilität in Deutschland“, 2014: **760 Tsd. EVs**
- (2) Prognosehorizont 2030
- Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu):  
**200 Tsd. – 22 Mio. EVs**  
„Ökologische Begleitforschung zum Flottenversuch Elektromobilität“, 2013  
3 Szenarien: Nische, Moderate Marktentwicklung, Forcierte Durchdringung
- (3) Prognosehorizont 2040
- Shell Deutschland/ Prognos AG „Shell PKW-Szenarien bis 2040“, 2014  
**4,4 Mio. – 8,5 Mio. EVs**

wurden zwei Szenarien für den Markthochlauf der Elektromobilität bis 2020 gewählt.

#### Annahme 2: Prognose der EVs in Thüringen bis 2020

Der Anteil an EVs in Thüringen bis 2020 liegt bei etwa 1% des Bundesdurchschnitts (Ableitung in Anlehnung an die Entwicklung der aktuellen Bestandszahlen, Vgl. Kapitel 5.1.1).

- ⇒ **Szenario** der starken Marktdurchdringung „**Pro**“: **1,1 Mio. Evs** bis 2020 in Deutschland,
- **1% in Thüringen: 11.000 Evs**
- ⇒ **Szenario** der gemäßigten Durchdringung „**Minimal**“: **500 Tsd. Evs** bis 2020 in Deutschland,
- **1% in Thüringen: 5.000 Evs**

vgl. ebenfalls Kapitel 5.1.1

Zusammenfassend kann aus Annahme 2 in Verbindung mit der o.g. Anforderung seitens der EU der folgende Bedarf an Ladesäulen für Thüringen bis 2020 abgeleitet werden (s. Tab. 4.1)

- Szenario „Pro“: 550 Ladesäulen
- Szenario „Minimal“: 250 Ladesäulen

Tab. 4.1: Fahrzeugseitige Prognose des Ladeinfrastrukturausbaus

	Szenario „Minimal“	Investitionsbedarf Ladeinfrastruktur (12.000 Tsd.€/NL)	Szenario „Pro“	Investitionsbedarf Ladeinfrastruktur (12.000 Tsd.€/NL)
Deutschland (100%)	500.000 EV's		1.100.000 EV's	
Thüringen (1%)	5.000		11.000	
<b>Anzahl LP/LS *</b>	500 LP = <b>250 LS</b>	<b>3 Mio. €</b>	1.100 LP = <b>550 LS</b>	<b>6,6 Mio. €</b>

\* Entsprechend EU-Forderung 1LP pro 10 E-Fzg.

LP = Ladepunkt, LS = Ladesäule, EV's = Electric Vehicles

Wird diesen Szenarien

- zum einen die förderseitig getroffene Annahme 1 zu Grunde gelegt,
- als auch in Abstimmung mit dem TMUEN die Zusage der landesseitigen Förderung von mind. 75 Normalladesäulen

ergibt sich der in Tab. 4.2 dargelegte Förderbedarf durch den Bund und das Land Thüringen.

Tab. 4.2: Förderung des prognostizierten Ladeinfrastrukturbedarfs

	Szenarien	
	„Minimal“	„Pro“
Bestand Ladesäulen	40	40
Förderung Bund Schnellladen	60	70
Förderung Bund Normalladen	75	200
Förderung Land Schnellladen	-	10
Förderung Land Normalladen	75	230
<b>Gesamtbestand Ladesäulen</b>	<b>250</b>	<b>550</b>

Die dargelegten Ergebnisse stellen lediglich eine mögliche Entwicklungsprognose dar. Gegenwärtig sind zudem die genauen Förderbedingungen noch nicht gänzlich bekannt. Abgewartet werden muss bspw., ob Schnellladeneben Bundesfernstraßen und in Ballungsräumen/Metropoloregionen (nach aktuellem Kenntnisstand gäbe es für Thüringen keine entsprechende Region) auch in anderen Bereichen gefördert wird. Mit Kenntnis der genauen Rahmenbedingungen sollte eine Anpassung der dargelegten Prognosen zur Förderung erfolgen.

### 4.3 Flächenorientierter Ladeinfrastrukturausbau

#### 4.3.1 Übersicht Bewertungskriterien

Neben dem fahrzeugorientierten Ansatz wurde auch die Bestimmung des Ladeinfrastrukturangebotes nach dem Prinzip einer räumlichen Mindestausstattung anhand eines flächenorientierten Ansatzes in Form des Szenario „Basis“ untersucht. Nach umfassenden Recherchen zzgl. zu Diskussion während der Arbeitssitzungen konnten die folgenden Kriterien definiert werden:

- (1) Verdichtete Siedlungsräume, d.h. **Ober- und Mittelzentren Thüringens mit mehr als 15 Tsd. Einwohnern**

Grundlage dieses Kriteriums bildet die Orientierung am durch den Freistaat Thüringen herausgegebenen „Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025“. Ein wesentlicher Ansatz der Daseinsvorsorge ist darin die Theorie der zentralen Orte. „Zentrale Orte sind Gemeinden, die aufgrund ihrer Einwohnerzahl, ihrer Lage im Raum, ihrer Funktion und ihrer zentralörtlichen Ausstattung Schwerpunkte des wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Lebens im Freistaat Thüringen bilden.“<sup>35</sup> Sie sind damit auch „Ziel- und Verknüpfungspunkte des Verkehrs“<sup>36</sup> und stellen wichtige Bereiche für den Infrastrukturausbau dar. Folgt man zudem der Annahme einer Studie des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Universität Magdeburg – das die „Anwendung der Elektromobilität in Verkehr und Logistik“ untersucht hat – dann kann darüber hinaus für verdichtete Siedlungsräume ein erhöhtes Potential zum Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur abgeleitet werden. Bewohner von Ein- und kleinen Mehrfamilienhäusern – häufig in ländlichen Regionen – können demnach mit weniger Aufwand

<sup>35</sup> LEP 2025 (2014), S. 22

<sup>36</sup> LEP 2025 (2014), S. 23

Ladepunkte realisieren als Bewohner größerer Mehrfamilienhäuser, wie sie häufig in verdichteten Siedlungsräumen zu finden sind.<sup>37</sup>

## (2) Tourismusregionen Thüringens

Insbesondere touristische Regionen weisen ein erhöhtes Potential zum Aufbau von Ladeinfrastruktur auf, da:

- sowohl die Zielregion aber auch zumeist ein konkreter Standort für Ladeinfrastruktur definiert werden kann und
- eine zu erwartende Verweildauer gegeben ist, die speziell auch für die Errichtung von Normalladesäulen spricht.

## (3) Verkehrsaufkommensschwere Bereiche sowie Bahnhöfe mit Verknüpfungsfunktion im überregionalen und regionalen Verkehr

Bahnhöfe bilden nach 2014/94/EU (vgl. Kapitel 2.1.2) Punkte mit besonderer Bedeutung für die Errichtung von Ladeinfrastruktur und wurden daher ebenfalls in die Analyse integriert.

### 4.3.2 Stadtgröße und Bedeutung

„Zentrale Orte sollen das Rückgrat der Landesentwicklung zur Stabilisierung (Ankerpunkt) oder Entwicklung (Impulsgeber) aller Landesteile bilden, sowie als Standortsystem der öffentlichen Daseinsvorsorge dienen.“<sup>38</sup> Die zentralörtliche Gliederung wird dabei durch Ober-, Mittel- und Grundzentren in Ergänzung mit Mittelzentren mit Teilfunktionen eines Oberzentrums beschrieben.

Tab. 4.3: Übersicht über OZ, MZ und MZ (OZ) in Thüringen<sup>39</sup>

Oberzentrum	Mittelzentrum (mit Teilfunktion eines Oberzentrums)	Mittelzentrum
Erfurt, Gera, Jena	Altenburg, Eisenach, Gotha, Mühlhausen, Nordhausen, Rudolstadt, Saalfeld, Suhl, Weimar	Apolda, Arnstadt, Bad Langensalza, Bad Salzungen, Greiz, Heilbad Heiligenstadt, Ilmenau, Leinefelde-Worbis, Meiningen, Schmalkalden, Sömmerda, Sondershausen, Sonneberg, Zeulenroda-Triebes
∑ Städte: 3	∑ Städte: 9	∑ Städte: 14
<b>Gesamt ∑: 26</b>		

Im Rahmen dieser Analyse werden hinsichtlich ihrer Bedeutung ausschließlich:

- **Oberzentren (OZ):** Konzentration hochwertiger Funktionen der Daseinsvorsorge mit landesweiter Bedeutung, insbesondere mit großräumiger Verkehrsknotenfunktion (BAB sowie Fernverkehr bzw. schneller SPNV) und zentraler Gesundheits-, Kultur- und Freizeitfunktion
- **Mittelzentren mit Teilfunktion eines Oberzentrums (MZ(OZ)):** höherwertige Funktion der Daseinsvorsorge mit i.d.R. überregionaler Bedeutung, insbesondere überregionale Verkehrs-

<sup>37</sup> ILM (2015), S. 257 f.

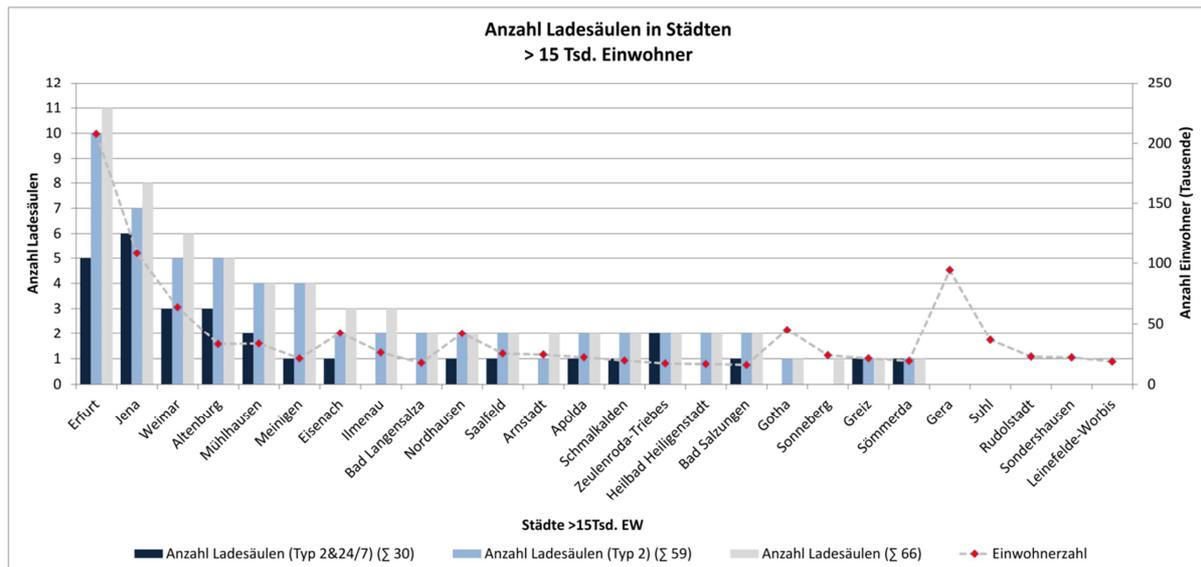
<sup>38</sup> LEP (2025), S. 21

<sup>39</sup> LEP 2025, S. 24 ff.

knotenfunktion (Fernstraßenverbindung bzw. schneller SPNV) und Bildungs-, Gesundheits-, Kultur- und Freizeitfunktion

- **Mittelzentren (MZ):** gehobene Funktionen der Daseinsvorsorge mit mind. regionaler Bedeutung, insbesondere mit überregionaler Verkehrsknotenfunktion und Bildungs-, Gesundheits-, Kultur- und Freizeitfunktion

mit **mehr als 15 Tsd. Einwohnern** betrachtet (s. Tab. 4.3). Grundzentren (GZ) erfüllen Funktionen der Daseinsvorsorge mit überörtlicher Bedeutung primär ergänzend zu höherstufigen zentralen Orten. Sie werden aufgrund dieser Charakterisierung im weiteren Verlauf zusammenfassend mit dem restlichen „Umland“ betrachtet.



**Abb. 4.3: Anzahl Ladesäulen in Städten mit mehr als 15 Tsd. Einwohnern unter Beachtung Zentraler Orte**

Wird diesen Kriterien in einem ersten Schritt der Bestand gegenüber gestellt (s. Abb. 4.3) zeigt sich, dass derzeit in den Städten: **Gera, Suhl, Rudolstadt, Sondershausen** und **Leinefelde-Worbis** keine Ladeinfrastruktur verfügbar ist. Werden die Kriterien um die Zugänglichkeit von 24h/7d und dem Steckertyp 2 erweitert, weisen ebenfalls die Städte **Arnstadt, Bad Langensalza, Gotha, Heilbad Heiligenstadt, Ilmenau** und **Sonneberg** keine Ladeinfrastruktur auf.

Für **elf der 26 gewählten Städte** gibt es damit gegenwärtig **kein Angebot an Ladeinfrastruktur**.

Zur weiteren Identifikation des Ladesäulenbedarfs im Sinne einer Mindestausstattung in der Fläche für Thüringen wurden der Bedeutung der Zentralen Orte sowie des Umlandes entsprechend die folgenden **Zielsetzungen** formuliert:

- (1) **OZ:** durchschnittlich 1 Ladesäule pro 5 -9 km<sup>2</sup>
- (2) **MZ (OZ):** durchschnittlich 1 Ladesäule pro 10 - 15 km<sup>2</sup>
- (3) **MZ:** durchschnittlich 1 Ladesäule pro 16 -20 km<sup>2</sup>
- (4) **Umland:** durchschnittlich 1 Ladesäule pro 80 - 100 km<sup>2</sup>

Diese Klassifizierung bildet einen möglichen Ansatz, der je nach Charakteristik der betrachteten Regionen ggf. anzupassen ist.

Für **OZ, MZ(OZ) und MZ** ergibt sich somit ein Gesamtbedarf von **190 Ladesäulen**, zu einem Bestand von 30 Ladesäulen (mit dem Kriterium 24h/7d und Typ 2) (s. Abb. 4.4).

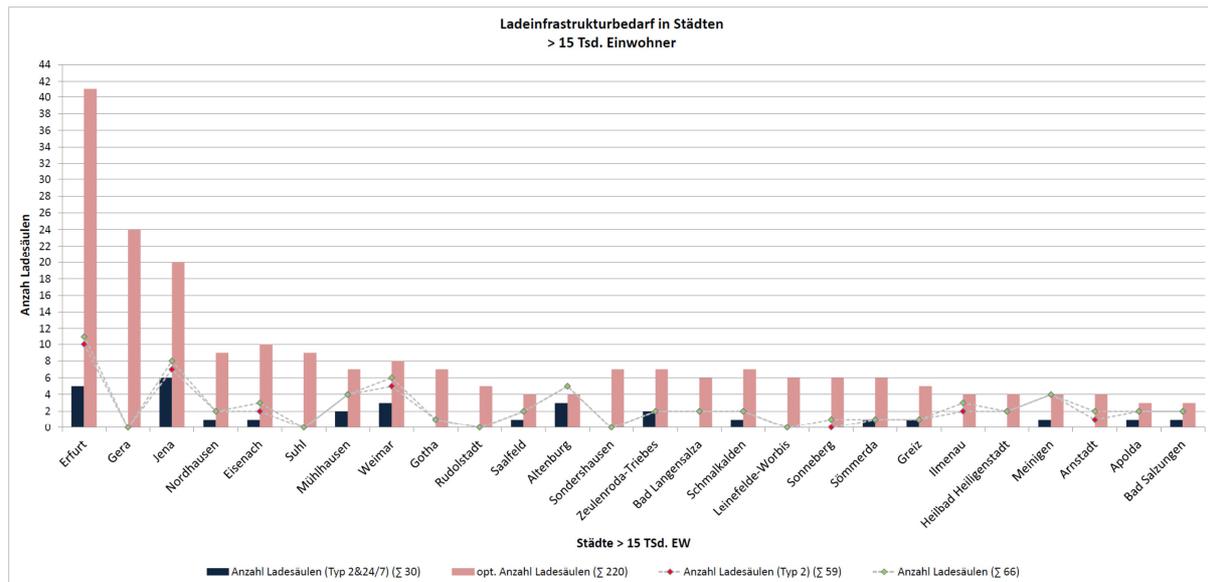


Abb. 4.4: Ladeinfrastrukturbedarf in Städten mit mehr als 15 Tsd. Einwohnern unter Beachtung Zentraler Orte

Zusätzlich wird die Vorhaltung einer **strukturellen Reserve** von **30 Ladesäulen** zur weiteren Förderung empfohlen. Diese soll für Normalladen in Städten an Punkten vorgehalten werden, die sich als besonders attraktive Ladestandorte erweisen. Für die städtischen Regionen Thüringens ergibt sich daher ein **Gesamtbedarf von 220 Ladesäulen**.

Für die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs des Umlands, wurde die Randbedingung formuliert, dass eine Ladesäule etwa alle 80 – 100km<sup>2</sup> zur Verfügung stehen sollte. Für das **Umland** ergibt sich somit ein **Gesamtbedarf von 150 Ladesäulen**, zu einem Bestand von 10 Ladesäulen (mit dem Kriterium 24h/7d und Typ 2) (s. Tab. 4.4).

Tab. 4.4: Auswertung des Ladesäulenbedarfs verdichteter Siedlungsräume und des Umlandes

	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Bestand LS*	LS-Dichte [1 LS auf km <sup>2</sup> ]	opt. Anzahl LS	opt. LS-Dichte [1 LS auf km <sup>2</sup> ]	Bedarf LS [Anzahl]
OZ&MZ TH	2.463	30	82	250	10	220
Umland TH	13.739	10	1.374	160	85	150
Gesamt TH	16.202	40	405	410	40	<b>370</b>

\* Ladesäulen mit Steckertyp 2 und 24h/7d

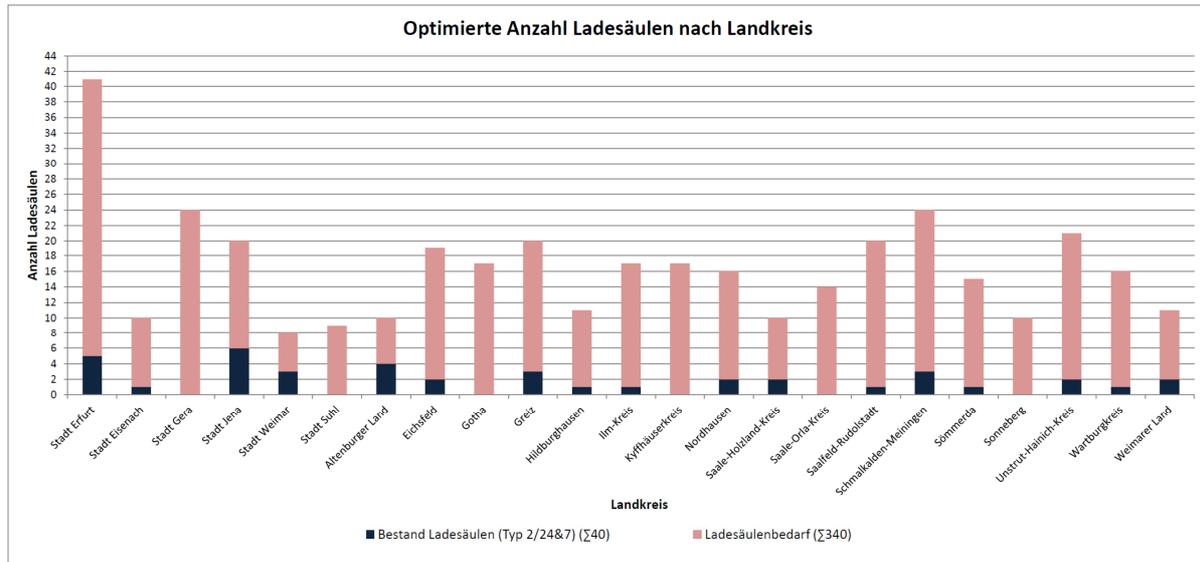
Es ergibt sich damit ein **Gesamtbedarf** von ca. **370 neu zu errichtenden Ladesäulen** (s. Abb. 4.5).

Der daraus entstehende **Gesamtbestand von 410 Ladesäulen** entspricht nach dem gewählten Ansatz einer Mindestausstattung in der Fläche (für die Aufteilung Schnellladen/ Normalladen vgl. Anhang, Anlage I Datenblätter der Landkreise und kreisfreien Städte Thüringens).

Der ermittelte Ladeinfrastrukturbedarf ist zyklisch zu prüfen und dabei:

- sowohl zu den aktuellen Entwicklungen der Bestands- und Prognosezahlen von E-Pkw – Entwicklung des Markthochlaufs der Elektromobilität – in Thüringen und bundesweit als auch

- zur Annahme des geschaffenen Ladeinfrastrukturangebotes (Prüfung der Standortwahl) zu referenzieren.



**Abb. 4.5: Optimierte Anzahl Ladesäulen nach Landkreis im Sinne einer flächendeckenden Mindestausstattung**

Für die räumliche Verteilung der Ladeinfrastruktur sind die nachfolgenden Empfehlungen zu beachten.

#### Empfehlungen

- ⇒ Der Aufbau von Ladeinfrastruktur sollte insbesondere in verdichteten Räumen aufgrund ihrer Charakteristik in der Daseinsvorsorge erfolgen.
- ⇒ Primäre Bedarfsräume sind verdichtete Siedlungsräume ohne Ladeinfrastruktur.
- ⇒ Sekundäre Bedarfsräume bestehen in verdichteten Siedlungsräumen ohne eine adäquate Anzahl an Ladesäulen.
- ⇒ Analog muss auch der weitere Aufbau der Ladeinfrastruktur im Umland erfolgen. Die innerhalb des LEP 2025 genannten Mittel- und Grundzentren sind dabei zu bevorzugen.<sup>40</sup>
- ⇒ Zur konkreten Standortplanung sind ebenfalls die Ausführungen der folgenden Kapitel 4.3.3, 4.3.4 und 4.4 zu beachten

#### 4.3.3 Tourismus

Zur Identifikation besonders relevanter touristischer Zielregionen Thüringens wurden drei Randbedingungen formuliert:

- (1) Orientierung an den, durch das Thüringer Landesamt für Statistik definierten, zehn Reisegebieten in Thüringen (E20 bis E29).
- (2) Durchführung statistischer Auswertung über Ankünfte, Übernachtungen und durchschnittliche Aufenthaltsdauern nach Reisegebiet,
- (3) Auswahl konkreter touristischer Ziele, basierend auf Veröffentlichungen der Thüringer Tourismus GmbH,

<sup>40</sup> LEP 2025 (2014), S. 27

(4) Ergänzung um die im Rahmen des LEP 2025 benannten „Schwerpunkträume Tourismus“.

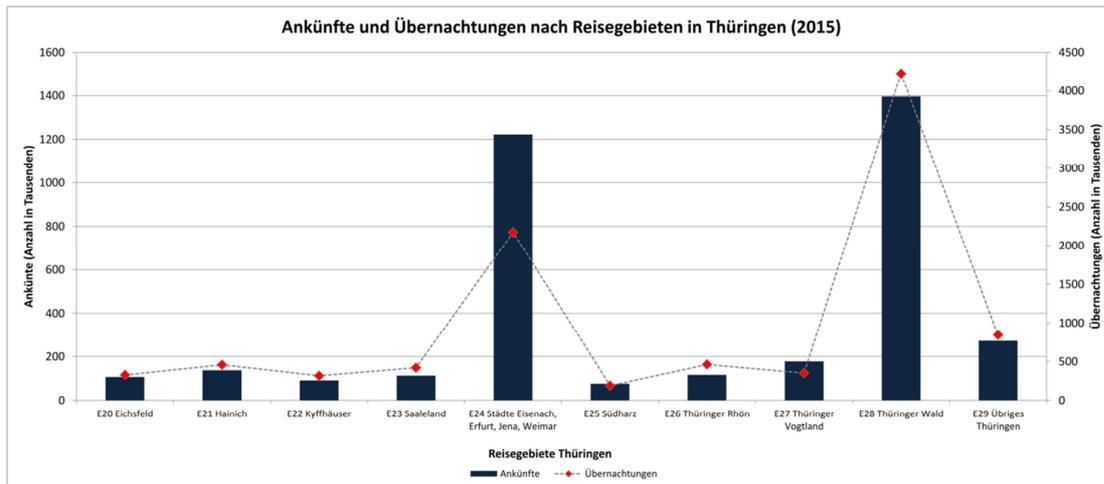


Abb. 4.6: Ankünfte und Übernachtungen nach Reisegebieten in Thüringen in 2015<sup>41</sup>

Aus Abb. 4.6 wird deutlich das insbesondere die **Städte Eisenach, Erfurt, Jena und Weimar**, wie auch der **Thüringer Wald** attraktive Reiseregionen darstellen.

Darüber hinaus werden nach LEP 2025 auch als Schwerpunkträume im Tourismus<sup>42</sup>:

- das Eichsfeld, der Hainich, die Harzregion, der Kyffhäuser, die Rhön, das Thüringer Schiefergebirge/ die Saalregion und das Vogtland

ausgewiesen. Neben den Tourismusregionen wurden ebenfalls die, durch die Thüringer Tourismus GmbH definierten besonders attraktiven Reiseziele zusammengeführt und als potentielle Standorte von Ladesäulen ausgewählt (s. Abb. 4.7).

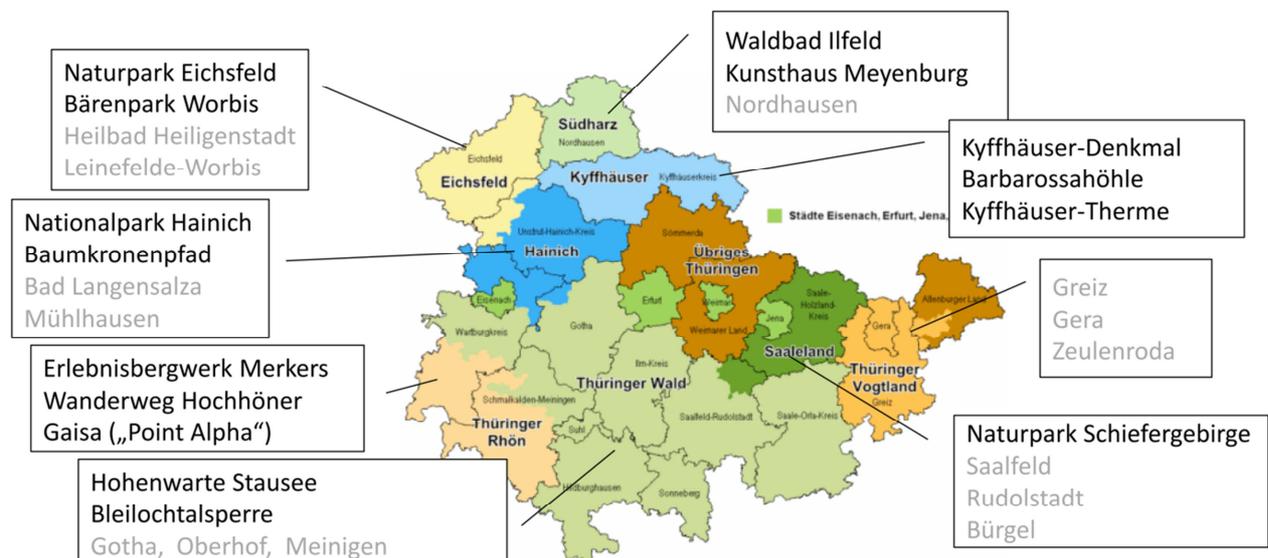


Abb. 4.7: Tourismusziele Thüringens<sup>43</sup>

<sup>41</sup>nach TLS (2016 a)

<sup>42</sup> LEP (2025), S. 64

<sup>43</sup>nach THÜRINGER TOURISMUS GMBH (2015)

## Empfehlungen

- ⇒ *Die Detailabstimmungen bzgl. attraktiver Standorte für Ladesäulen im Tourismusbereich sollten mit der Thüringer Tourismus GmbH erfolgen.*
- ⇒ *Die Integration touristisch attraktiver Regionen in die Ladeinfrastruktur Thüringen sollte im Rahmen der konkreten Standortplanung erfolgen.*

### 4.3.4 Verkehrsaufkommensschwere Bereiche und Bahnhöfe

Bahnhöfe bilden nach 2014/94/EU (vgl. Kapitel 2.1.2) Punkte mit besonderer Bedeutung für die Errichtung von Ladeinfrastruktur.

Als besonders relevant wurden innerhalb der Bearbeitung Bahnhöfe mit der Anbindung an das Fernverkehrsnetz, wie auch Bahnhöfe mit einem großen Einzugsgebiet betrachtet. Nach Recherche wurde für die Analyse relevanter Bahnhöfe auf die folgenden – durch die Deutsche Bahn definierten– Bahnhofskategorien zurückgegriffen, die sich aus den folgenden Komponenten:

- Anzahl Bahnsteigkanten,
- Maximale Bahnsteiglänge,
- Anzahl Reisende,
- Anzahl Zughalte,
- Vorhandensein technischer Stufenfreiheit und
- Vorhandensein Service-Personal

ableiten<sup>44</sup>. Die Gewichtung der Faktoren erfolgt dabei durch hinterlegte Kostenstrukturen. Bahnhöfe mit ähnlichen Gesamtkosten werden danach in einer Kategorie abgebildet. Trotz der, durch diese Kostenbetrachtung evtl. entstehenden Unterschiede in der verkehrlichen Bedeutung, „weisen die Bahnhöfe in den sieben Kategorien i.d.R. folgende Leistungsmerkmale auf:<sup>45</sup>

- Kategorie 1: Bahnhöfe mit leistungsstarker Infrastruktur, die hoch frequentiert sind
- **Kategorie 2:** wichtige Zustiegspunkte für den Fernverkehr, Schnittstellen zu Flughäfen und Hauptbahnhöfen
- **Kategorie 3:** Hauptbahnhöfe kleiner bis mittelgroßer Städte, hohe verkehrliche Bedeutung und viele Reisende
- Kategorie 4: Bahnhöfe in Ballungsräumen, die stark durch Regional- und Stadtverkehr geprägt sind
- Kategorie 5: Bahnhöfe kleinerer Städte und Stadtteilbahnhöfe
- Kategorie 6: Bahnhöfe in dünn besiedelten Gebieten, an Standorten mit geringen Reisendenzahlen, Funktionen in der Grundversorgung
- Kategorie 7: Bahnhöfe mit einfacher bzw. geringer Infrastruktur

Als relevant für den Aufbau von Ladeinfrastruktur wurden Bahnhöfe der Kategorien 1, 2 und 3 definiert. Für Thüringen können daher die folgenden zehn Bahnhöfe als Standorte für Ladesäulen – Normalllader – identifiziert werden<sup>46</sup>:

<sup>44</sup> DB (2016 a)

<sup>45</sup> DB (2016 a)

<sup>46</sup> DB (2016 b)

Kategorie 1: es gibt keinen Bahnhof der Kategorie 1 in Thüringen

Kategorie 2: Erfurt, Weimar

Kategorie 3: Eisenach, Gera Hbf., Gotha, Jena Paradies, Jena West, Leinefelde, Nordhausen, Saalfeld (Saale)

Neben dem Aufbau von Normalladen sollte auch die stetige Entwicklung einer Schnellladeinfrastruktur umgesetzt werden:

- da Thüringen als zentrales Transitland auch hohe Durchgangsverkehre aufweist und
- nur mit der Errichtung von Schnellladepunkten eine attraktive Ladeinfrastruktur entsteht.

Adressiert werden sollte diese auch an Bundesstraßen in Thüringen mit besonderer Bedeutung für den Fernverkehr (s. Tab. 4.5).

**Tab. 4.5: Bundesstraßen in Thüringen mit besonderer Bedeutung für den Fernverkehr**

Bundesstraße	von	bis	Streckenlänge [km]
B 281	Eisfeld	A9 AS Triptis	100
B 85	Berga	Kronach	140
B 19	Eisenach	Meiningen	56
B 247	Leinefelde-Worbis (Landesgrenze zu NDS)	Gotha	80
B 249	Landesgrenze Hessen	Sondershausen	75
B 4	Nordhausen (Landesgrenze zu NDS)	Erfurt	90
B 243	A38 AS Großwechungen	Landesgrenze NDS	25
B 62	Landesgrenze Hessen	Bad Salzungen	25
B 88	Eisenach	Landesgrenze Sachsen-Anhalt	160
B 94	Schleiz	Landesgrenze Sachsen	40
B 92	Gera	Landesgrenze Sachsen	35
B 7	Gera	Altenburg (Landesgrenze Sachsen)	35
B 7	Eisenach	Landesgrenze Hessen	15
B 7	Jena	Gera	40
B 176	Bad Langensalza	Sömmerda (Landesgrenze Sachsen-Anhalt)	55
			<b>971</b>

Zum Aufbau von Schnellladeinfrastruktur an Bundesstraßen mit besonderer Bedeutung für den Fernverkehr wurde die folgende Annahme fixiert:

- 1 Schnellladesäule je 50 Kilometer

Damit ergibt sich für Bundesstraßen auf 971 km Streckenlänge ein Bedarf von etwa **19 Schnellladesäulen**.

Darüber hinaus wird empfohlen in jedem Landkreis im Sinne einer Angebotsplanung an – im Rahmen der Detailplanungen zu identifizierenden – strategisch relevanten Standorten zwei Schnellladesäulen zu installieren, damit entsteht ein zusätzlicher Bedarf von 46 weiteren Ladesäulen. Weiterhin wird – zur Attraktivitätssteigerung der Ladeinfrastruktur in Städten – empfohlen in den kreisfreien Städten Erfurt, Eisenach, Gera, Jena und Weimar je eine zusätzliche Ladesäule zu installieren. Der resultierende Gesamtbedarf beläuft sich damit auf **51 Schnellladesäulen**.

Für das Land Thüringen ergibt sich damit ein Mindestbedarf **von etwa 70 Schnellladesäulen**. (für die Aufteilung nach Landkreisen vgl. Anhang, Anlage I: Datenblätter der Landkreise und kreisfreien Städte Thüringens).

Darüber hinaus ist zusätzlich die Förderung von Schnellladen an Autobahnen auf 492 km Streckenlänge durch den Bund angestrebt. Unter der Annahme einer Ladesäule je 30 km ergibt sich ein Bedarf von etwa 17 (eine Richtung) bzw. etwa 34 Schnellladesäulen (beide Richtungen).

#### **4.4 Kriterien zur Bewertung der Standorteignung**

Für die konkrete Standortplanung wird die Entwicklung eines Auswahl- und Genehmigungsmodells im Rahmen der Förderumsetzung empfohlen, wie dies bspw. für die Modellregionen Hamburg<sup>47</sup> und Berlin<sup>48</sup> entwickelt wurde (s. Abb. 4.8). In Anlehnung an die genannten Regionen wird die Umsetzung der Förderung von Ladeinfrastruktur in Thüringen in drei Verfahrensschritten empfohlen:

**(1) Kriterien definieren: Grundbedingungen (Standortvorprüfung) – Antragssteller, bspw.**

- Technische Eignung der Fläche (Netzzugang, erforderliche Leitungslänge,...)
- Bauliche Eignung der Fläche (Stadtbild; Flächenbefestigung, mögliche Zufahrten,...)
- Lage im Straßenraum (Parkraumverfügbarkeit, flexible Fahrtrichtungswahl, Abstandsmaße, Radwege, Straßenbäume, Beleuchtungsmasten, etc.)
- Rechtlicher Rahmen (Status der Fläche in der Bauleitplanung, Denkmalschutz, Naturschutz,...)
- Lage in einem der definierten Bedarfsräume für Thüringen

**(2) Kriterien definieren: Standorteignung (konkrete Standortprüfung) – Fördermittelgeber, bspw.**

- Repräsentativität der Lage (öffentlichkeitswirksam, bspw. Bewertung nach Typ: Innenstadt, EKZ, Sehenswürdigkeit, Bahnhof, Veranstaltungsstätte, etc.)
- Attraktivität der Lage (zentrale Örtlichkeit, Standortwünsche konkreter Nutzer, Verweildauer)
- Erreichbarkeit und Verknüpfung (Erkennbarkeit, Verknüpfung Umweltverbund,...)
- Parkdruck und Erweiterbarkeit (Potential der Fremdnutzung, Erweiterung um weitere Stellplätze...)

**(3) Bewertung der Kriterien, bspw.**

- 1. Schritt: Ausschlussverfahren, Erfüllung der Grundbedingungen
- 2. Schritt: Wichtung der Standortkriterien:
  - Ziele mit Gewichtungsfaktoren versehen
  - Bewertung bspw. mittels Punkteskala

---

<sup>47</sup> NOW GMBH (2011)

<sup>48</sup> BERLINBAUT (2014)

Standort:		Standort-Nr.		
Lagebeschreibung (Lagetypus)				
GRUNDSÄTZLICHE STANDORTEIGNUNG (AUSSCHLUSSKRITERIEN)		ja	nein	
Hinderungsgründe in Hinblick auf ...				
A.1	die Verfügbarkeit der Fläche			
A.2	die bauliche und technische Eignung der Fläche (z. B. Größe, Zugang, erforderliche Leitungslänge)			
A.3	städtebauliche Belange			
Rechtliche Hinderungsgründe in Hinblick auf ...				
A.4	den Status der Fläche (in der Bauleitplanung)			
A.5	spezielle Normen (z. B. Denkmalschutz, Naturschutz, Grünflächen VO Binnenlaster VO)			
BEWERTUNG DER STANDORTEIGNUNG				
	... aus Anbieterperspektive	50%	Bewertung (1 bis 5)	Ergebnis
B.1	geringer baulicher Aufwand	10%		0,00
B.2	geringer elektronischer Aufwand	10%		0,00
B.3	geringer Aufwand Verwaltungsverfahren	5%	0,00	
B.4	Attraktivität/Repräsentativität der Lage, Wahrnehmbarkeit für die Öffentlichkeit	20%	0,00	
B.5	Erweiterbarkeit	5%		0,00
	... aus Nutzerperspektive	50%	Bewertung (1 bis 5)	Ergebnis
C.1	Erreichbarkeit, Erkennbarkeit, Zugänglichkeit	10%		0,00
C.2	Attraktivitätsfaktors Ladeort/Zentralität oder Standortwünsche konkreter Nutzer	25%		0,00
C.3	Verknüpfung zum OV und anderen Formen des Umweltaubundes	10%		0,00
C.4	geringer „Parkdruck“ durch andere Fahrzeuge	5%		0,00
GESAMTPUNKTZAHL (Minimum 1,00; Maximum 5,00)				0,00

Abb. 4.8: Bewertungsbogen zur Auswahl potentieller Standorte für Ladeinfrastruktur, Modellregion Hamburg<sup>49</sup><sup>49</sup> NOW GMBH (2014): S. 43

## 5 Nachfrage und Wirtschaftlichkeit

### 5.1 Abschätzung des erforderlichen Strombedarfs einer elektrisch betriebenen Pkw-Flotte

#### 5.1.1 Vorgehen

In diesem Abschnitt soll der jährliche erwartete Strombedarf für elektrisch betriebene Pkw in Thüringen bis 2020 abgeleitet werden. In den folgenden Abschnitten werden das Vorgehen und die getroffenen Annahmen für die Berechnungen erläutert.

#### Anzahl EVs in Thüringen bis 2020

Zur Analyse der Entwicklung der EVs werden 3 Szenarien unterschieden: gedämpft, neutral und gefördert. Diese beruhen auf den Studien:

- „Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge“ Fraunhofer ISI, 2013
- „Market penetration analysis of electric vehicles in the german passenger carmarket towards 2030“, DLR, 2013

Durch diese werden zum einen unterschiedliche Handlungsansätze von Bund und Ländern, aber auch Änderungen in der Anwenderakzeptanz modelliert. In den vorliegenden Studien wird jedoch nicht näher auf die zu erwartende Entwicklung in den einzelnen Bundesländern eingegangen. Um hier eine Abschätzung treffen zu können wurde auf Daten des KBA<sup>50</sup> zurückgegriffen. Durch die vom KBA veröffentlichte Aufschlüsselung der Anzahl Elektrofahrzeuge auf die einzelnen Bundesländer konnte so der Beitrag jedes Bundeslandes bestimmt werden. Aus Abb. 5.1 ist erkenntlich, dass zwar der Anteil von Bundesland zu Bundesland erheblich schwankt, jedoch für die meisten Bundesländer annähernd konstant ist und keinen klaren Trend aufweist. Thüringen (hellrot) liegt mit durchschnittlich 1,022% auf Platz 14 bei einer geringen Standardabweichung von 0,186 Prozentpunkten. Dies ist ähnlich dem Anteil der Bevölkerung, welcher in Thüringen lebt - laut dem statistischen Bundesamt liegt Thüringen hier auf Platz 12 (2,66%, Stand vom 31.12.2014). Ohne nennenswerte Zu- oder Abwanderungen kann somit auch für 2020 ein EV-Anteil von ca. 1% angenommen werden.

---

<sup>50</sup> KBA, DESTATIS

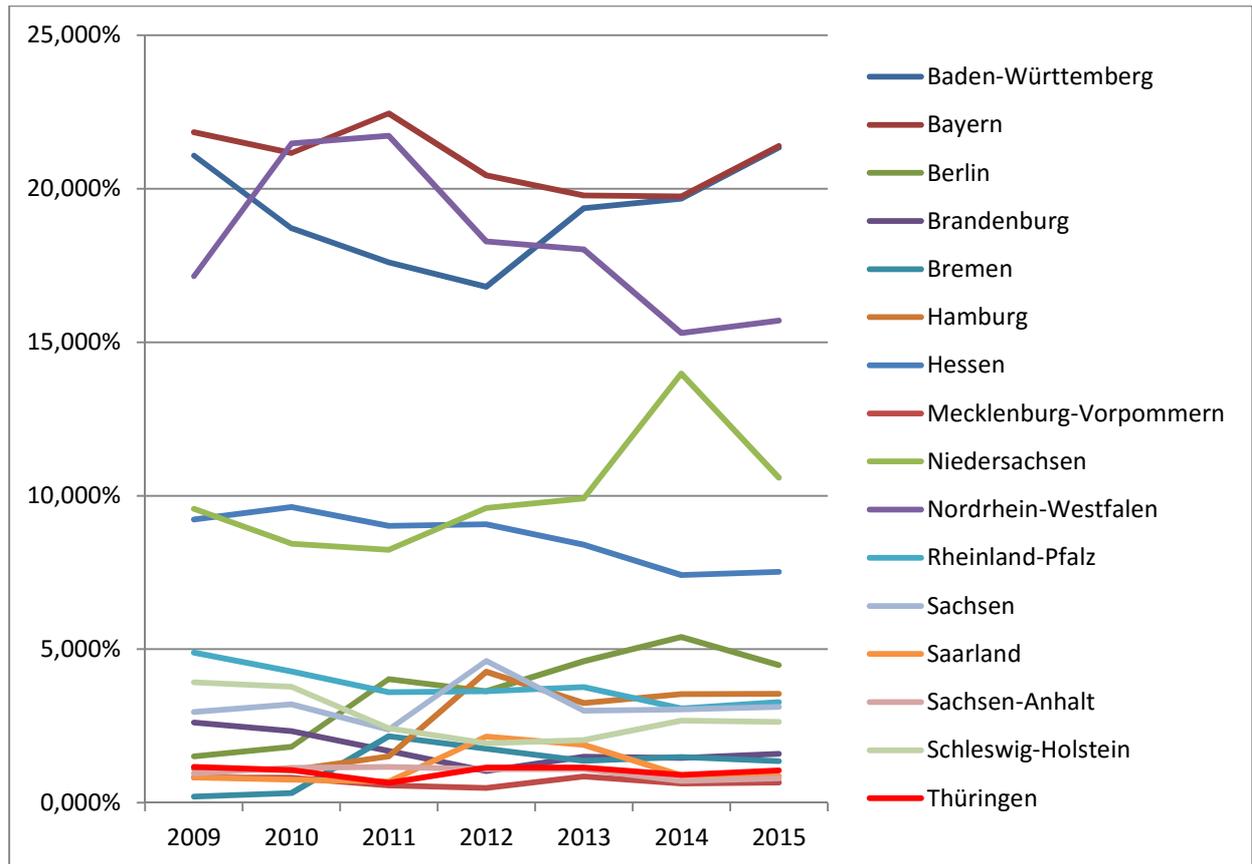


Abb. 5.1: Anteil EVs je Bundesland

Die zu erwartende Anzahl EV wurde in jeweils drei Szenarien analysiert – normal, gefördert und gedämpft<sup>51</sup>. Der dementsprechend zu erwartende Verlauf ist in Abb. 5.2 dargestellt.

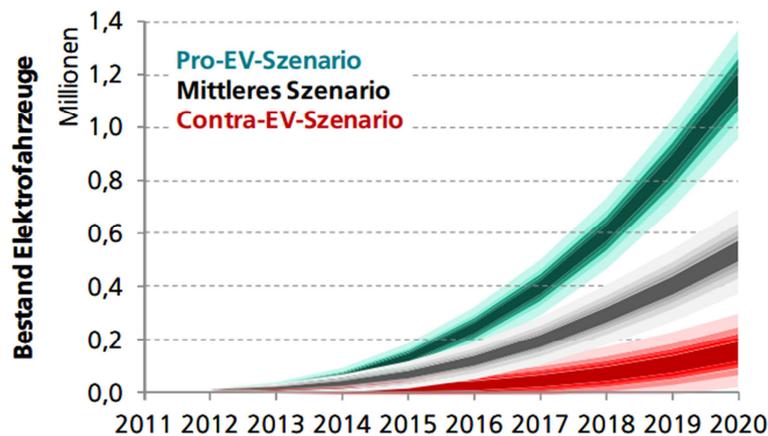


Abb. 5.2: Markthochlauf bei günstiger Infrastruktur und Käufen mit TCO (total cost of ownership) als Hauptentscheidungskriterium<sup>52</sup>

Da die durch Fraunhofer ISI erstellte Studie, insgesamt ausführlicher ist und auch Zwischenergebnisse und Parameter konkret benannt werden, wird auf diese im Weiteren verstärkt Bezug genommen.

<sup>51</sup> FRAUNNHOFER ISI (2013), DLR (2013)

<sup>52</sup> FRAUNHOFER ISI (2013), S. 119

Zusammen mit der obigen 1%-Annahme ergeben sich für Thüringen je nach Szenario 11.000, 5.000 und 1.300 EV in 2020 (vgl. Kapitel 4.1).

### Fahrzeugtypen

Elektrofahrzeuge werden in Batterie- (BEV), Plug-In-Hybrid- (PHEV) und Range-Extender-EV (REEV) unterteilt<sup>53</sup>. Im Rahmen der Untersuchung durch das DLR erfolgt hingegen lediglich eine Unterteilung der Fahrzeuge in Batterie- und Plug-In-Hybrid-EV, in der Auswertung zählen jedoch auch Fahrzeuge mit Brennstoffzellen hinzu. Die Fahrzeuge werden zusätzlich in Groß-, Mittel- und Kleinwagen unterteilt.

Die Unterscheidung nach Konzept ist in Abb. 5.3 dargestellt. PHEV und REEV verfügen beide über einen konventionellen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor, der Unterschied liegt vor allem in der Priorisierung der Antriebsart und wann welcher Motor verwendet wird PHEV nutzen vorrangig den Verbrennungsmotor und den Elektroantrieb zur Unterstützung, REEV nutzen ihre Motoren genau umgekehrt.

	Referenzfahrzeuge der NPE:			
	Nutzfahrzeuge		Stadtfahrzeuge	
	Familienfahrzeuge		Stadtfahrzeuge	
	Micro-, Mild- und Full-Hybrid			
Verbrennungsmotor	✓			
Elektrisches Fahren	[✓] teilweise			
Stromerzeuger				
Rekuperation	[✓] teilweise			
E-Boost-Funktion	[✓] teilweise			
Energiequellen				
	PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)	REEV (Range Extended Electric Vehicle)	BEV (Battery Electric Vehicle)	FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)
Verbrennungsmotor	✓			
Elektrisches Fahren	✓	✓	✓	✓
Stromerzeuger		[✓] teilweise		
Rekuperation	✓	✓	✓	✓
E-Boost-Funktion	✓			
Energiequellen				
in NPE betrachtet				
Elektrofahrzeug allgemein				

Abb. 5.3: Schematische Einteilung von alternativen Antrieben<sup>54</sup>

Auch wenn es sich bei PHEV und REEV nicht um reine Elektrofahrzeuge handelt, sollten sie dennoch unbedingt in den Analysen dieses Projekts berücksichtigt werden, da sie laut den gewählten Prognosen einen erheblichen Anteil ausmachen (der Anteil REEV an der Gesamtanzahl EV liegt in jedem Szenario bei über 50%). Die Aufteilung für das Pro-Szenario ist in Abb. 5.4 dargestellt. Das Antriebskonzept hat vor allem Auswirkungen auf Kapazität und Verbrauch und somit mittelbar auf den typischen Ladebedarf und die Reichweite.

<sup>53</sup> FRAUNHOFER ISI (2013)

<sup>54</sup> NPE (2011), S. 23

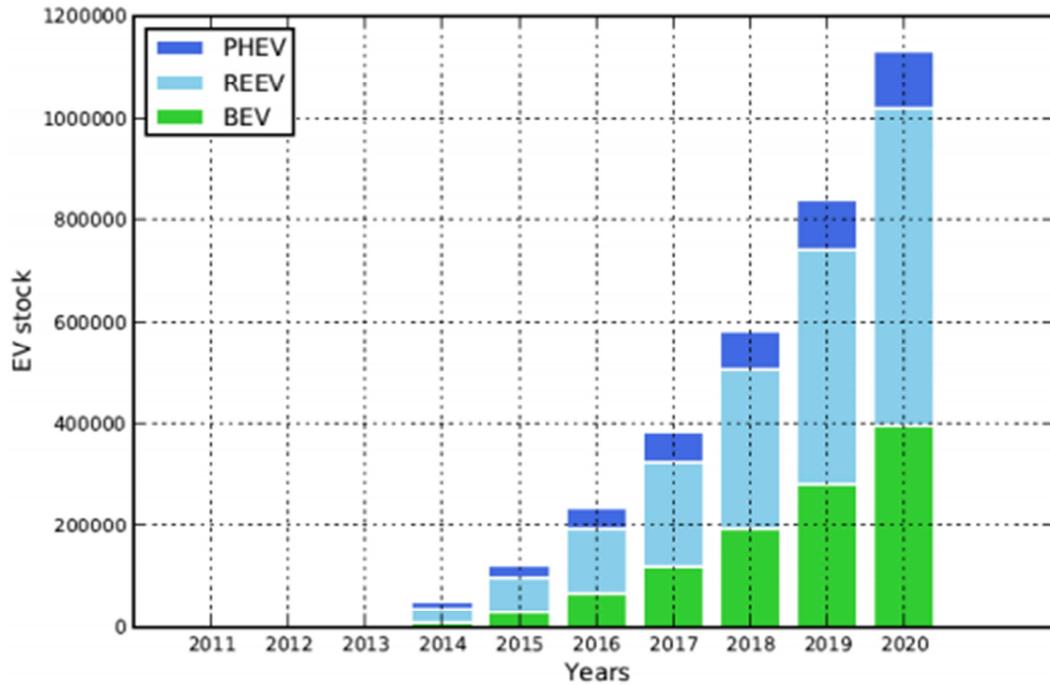


Abb. 5.4: Zusammensetzung Elektrofahrzeuge im Pro-Szenario<sup>55</sup>

Auch wenn sich in dieser Studie keine direkte Angabe über die Aufteilung der Fahrzeuge in Groß-, Mittel- und Kleinwagen finden lässt, so lassen sich diese Angaben dennoch in anderen Quellen finden. Die Aufteilung in Deutschland findet sich als Nebenergebnis in mehreren Studien, welche das Fahrverhalten untersuchen<sup>56</sup>. Wie in Abb. 5.5 zu sehen ist, kommen alle Studien auf relativ ähnliche Ergebnisse.

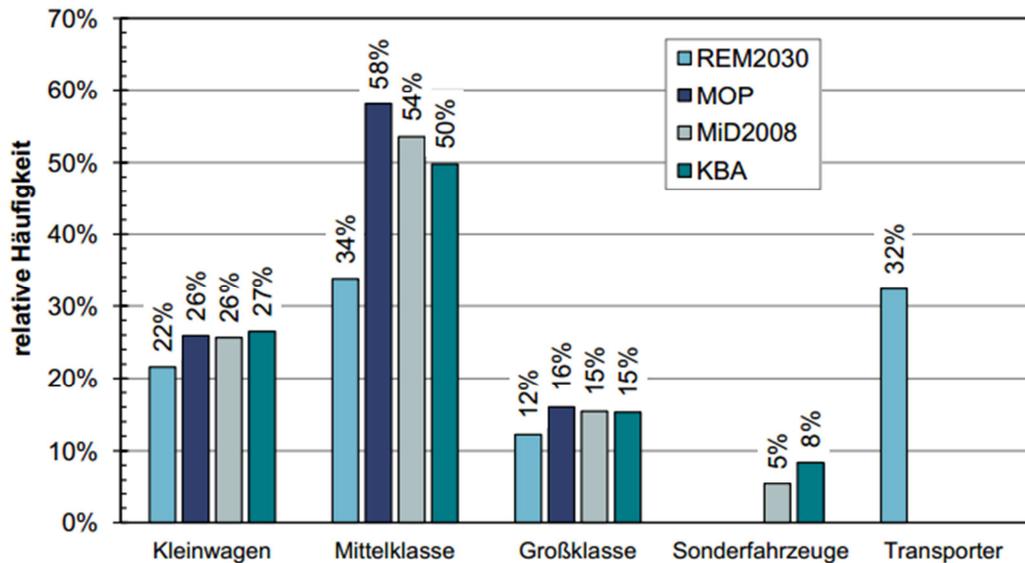


Abb. 5.5: Anteil je Fahrzeugklasse in unterschiedlichen Studien<sup>57</sup>

<sup>55</sup> FRAUNHOFER ISI (2013), S. 155

<sup>56</sup> MID (2008), BBR (2007)

<sup>57</sup> FRAUNHOFER ISI (2013), S. 179

Da für das modellierte Fahrverhalten die Ergebnisse der Studie „Mobilität in Deutschland 2008“ am besten geeignet ist, wird auch die Aufteilung der Fahrzeugklassen auf diese gestützt. Somit ergeben sich die in den folgenden Tabellen dargestellten Fahrzeuganzahlen. Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesamtanzahl Fahrzeuge.

**Tab. 5.1: Anzahl Fahrzeuge nach Klasse im Pro-Szenario**

<i>Großklasse</i>			<i>Mittelklasse</i>			<i>Kleinklasse</i>		
BEV	PHEV	REEV	BEV	PHEV	REEV	BEV	PHEV	REEV
5,74%	1,44%	8,61%	20,67%	5,17%	31,00%	9,95%	2,49%	14,93%
632	158	947	2274	568	3411	1095	274	1642

**Tab.5.2: Anzahl Fahrzeuge nach Klasse im mittleren Szenario**

<i>Großklasse</i>			<i>Mittelklasse</i>			<i>Kleinklasse</i>		
BEV	PHEV	REEV	BEV	PHEV	REEV	BEV	PHEV	REEV
3,79%	2,53%	9,47%	13,64%	9,09%	34,11%	6,57%	4,38%	16,42%
189	126	474	682	455	1705	328	219	821

**Tab.5.3: Anzahl Fahrzeuge nach Klasse im Contra-Szenario**

<i>Großklasse</i>			<i>Mittelklasse</i>			<i>Kleinklasse</i>		
BEV	PHEV	REEV	BEV	PHEV	REEV	BEV	PHEV	REEV
2,43%	3,64%	9,72%	8,74%	13,12%	34,98%	4,21%	6,32%	16,84%
32	47	126	114	171	455	55	82	219

### Fahrzeugverteilung

Die verwendete Simulationssoftware ELViS nutzt unter anderem ein topologisches Modell (Zonenkarte), um Fahrzeuge und Fahrtziele zu platzieren und die Strecken zwischen ihnen zu berechnen. Um dieses Modell möglichst einfach zu halten wird angenommen, dass die Fahrzeugverteilung der Einwohnerverteilung Thüringens entspricht und diese als Gauß-Glocke über einer Fläche dargestellt werden kann. Die Gaußverteilung trifft für einzelne Gebiete natürlich nicht zu, kann aber insgesamt durch den zentralen Grenzwertsatz dennoch angenommen werden; dieser besagt, dass eine größere Summe von Zufallsvariablen annähernd normalverteilt ist (vorausgesetzt, ihre Varianz ist positiv und endlich, was hier gegeben ist).

Um die Standardabweichung  $\sigma$  (=halbe Breite) der Glocke zu bestimmen, wurden die Gemeinden Thüringens nach ihrer Einwohnerzahl geordnet und Einwohner sowie Fläche aufsummiert. Hierdurch konnte man beispielsweise ablesen, dass 68,32% der Bevölkerung auf 37,7% der Fläche leben (dies entspricht den 94 größten Städten und Dörfern). Bei Gauß-Glocken liegen zwischen  $-\sigma$  und  $+\sigma$  ca.

68,27% aller Werte, für die Breite der Einwohnerverteilung stellt also ein  $\sigma$  von 0,377 eine gute Näherung dar.

### Ladeinfrastruktur

Es kann angenommen werden, dass für jedes Elektrofahrzeug ein Heimpladepunkt zur Verfügung stehen wird (wobei sich „Heim“ hier auf den üblichen Stellplatz bezieht). Darüber hinaus sind halböffentliche Ladepunkte mit eingeschränkter Öffnungszeit und Nutzergruppe, sowie öffentliche Ladepunkte mit freiem Zugang zu erwarten, deren Auswertung auch Ziel dieses Projektes ist.

Zu unterscheiden sind immer Ladestationen (Geräte, an denen geladen werden kann, z.B. eine Wall-Box) von Ladepunkten (Anschlüsse an diesen Geräten), da eine Station eventuell mehrere Ladepunkte anbietet.

Die EU empfiehlt 10 öffentliche Ladepunkte pro 100 EV, im NPE Statusbericht von 2015<sup>58</sup> werden 15 öffentliche und halböffentliche Ladepunkte pro 100 EV erwartet (halböffentlich = eingeschränkter Nutzerkreis, z.B. am Arbeitsplatz). Da sich diese Angaben auf die Anzahl EVs beziehen und die Anzahl EVs auf die Einwohnerzahl bezogen wurde, werden für die örtliche Verteilung der Ladepunkte die gleichen Parameter, wie für die Verteilung der Fahrzeuge verwendet.

### Ladeleistung der EV

Für die verschiedenen Fahrzeugklassen (Groß-, Mittel-, Kleinwagen; BEV, PHEV, REEV) werden im Rahmen der Studie durch das Fraunhofer ISI auch Angaben zu Kapazität und Verbrauch; allerdings macht die Studie implizit die Annahme, dass jedes Fahrzeug jede Ladeleistung unterstützt und die durchschnittliche Kapazität konstant ist. Dies konnte nach eigenen Recherchen nicht bestätigt werden. Eine Recherche über 51 aktuelle EV-Modelle ergab<sup>59</sup>, dass

- BEV Kleinwagen nur selten mehr als 3,7kW unterstützen;
- BEV Mittelklassewagen in der Regel bis zu 6,6kW (3-phasiges Laden) unterstützen;
- BEV Oberklassewagen häufig bis zu 11 oder sogar 22kW unterstützen.
- PHEV nur selten Ladeleistungen über 3,7kW unterstützen; und
- BEV meistens auch einen DC-Schnelllademodus mit 50kW oder mehr unterstützen.

Um zukünftige Fortschritte in der Batterietechnologie zu berücksichtigen, wurde für Mittel- und Oberklassewagen eine tendenziell höhere Ladeleistung angenommen. Tab. 5.4 fasst die aus diesen Ergebnissen resultierenden Festlegungen zusammen.

Tab. 5.4: Unterstützte Ladeleistung nach Fahrzeugtyp

Ladeleistung (kW)	Kleinwagen	Mittelklasse	Oberklasse	50kW DC
BEV	3,7	11	22	Ja
REEV	3,7	11	11	Ja
PHEV	3,7	3,7	11	Nein

<sup>58</sup> NPE (2015)

<sup>59</sup> BACH (2016)

## Ladeleistung der Stationen

Dem TMUEN zufolge sind für das Jahr 2020 insgesamt 50 Schnellladepunkte (50kW DC) für Thüringen geplant. Auf Grund dieser Aussage wurden in allen Varianten, unabhängig von der Anzahl EV, 50 Schnellladepunkte vorgesehen. Um die Auswirkung der verfügbaren Leistung beurteilen zu können, werden die übrigen Ladepunkte, wie in Tab. 5.5 gezeigt, in zwei Varianten je Szenario aufgeteilt. Alle Heimpladepunkte bieten maximal 3,7kW an.

Tab. 5.5: Anzahl Ladepunkte je Leistungsklasse

Szenario	EV	öffentlich				halböffentlich
		3,7 kW	11,1 kW	22,2 kW	50 kW	3,7 kW
pro1	11000	400	200	450	50	550
pro2	11000	50	350	650	50	550
med1	5000	200	50	200	50	250
med2	5000	50	100	300	50	250
contra1	1300	25	0	75	50	65
contra2	1300	0	25	75	50	65

## Fahrverhalten

Das Fahrverhalten bestimmt in der Simulation, wann welches Fahrzeug wohin fährt. Durch die vom Fahrverhalten bestimmten Fahrten ergeben sich der Energieverbrauch und somit auch der Bedarf. In ELVIS wird das Fahrverhalten als Graph aus Orten (Knoten) und Fahrten (Kanten) modelliert (s. Abb. 5.6).

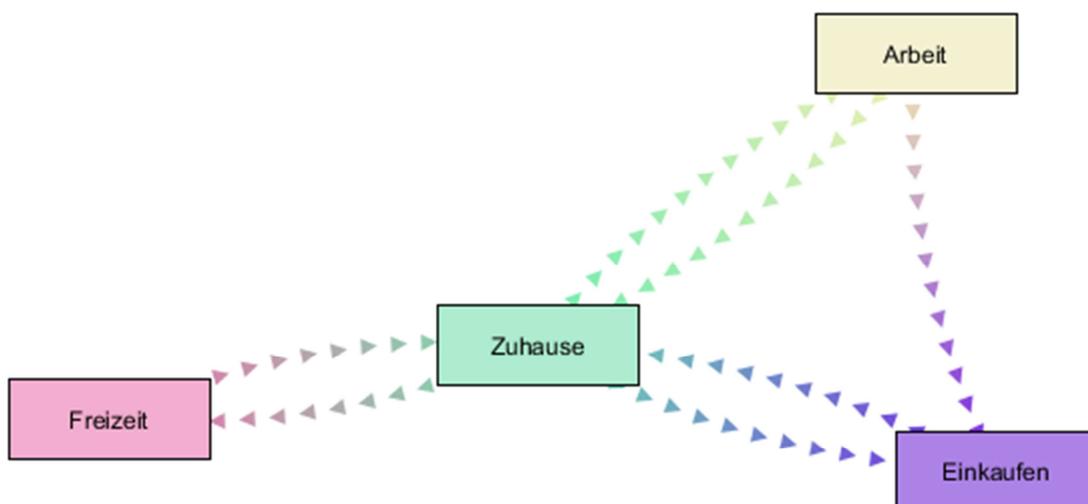


Abb. 5.6: Graph-Darstellung des verwendeten Fahrverhaltens

Die Orte sind hier als Konzepte zu verstehen, die konkreten Zielkoordinaten werden bei Bedarf über Verteilungen bestimmt. So erhält z.B. jedes Fahrzeug eigene Zuhause-Koordinaten, welche sich über die Simulation nicht ändern und auf der Karte über eine Gaußglocke verteilt sind (vgl.: Abschnitt Fahrzeugverteilung) Die Fahrten wiederum können mit Übergangsbedingungen parametrisiert werden. In diesem Modell wurde je nach Kante eine Kombination aus Wahrscheinlichkeit, Startzeit und Aufenthaltsdauer am aktuellen Ort verwendet.

Die Fahrzeuge und Zielorte werden über Gaußglocken verteilt. Aus diesen Verteilungen alleine lassen sich noch keine konkreten Streckenlängen ableiten – es fehlt ein Maßstab. Zu diesem Zweck wird in ELViS eine Zonenkarte modelliert. Diese bestimmt neben einem konkreten Maßstab auch, wo sich gültige Zielorte befinden können, sie bildet jedoch weder Straßen, noch Städte, noch Zielorte ab. Für die Simulationen in LISS wurde eine (annähernd) kreisförmige Zone mit einem Radius von 25km angelegt. Die Größe leitet sich aus dem durchschnittlichen Einzugsradius größerer Städte ab<sup>60</sup> und modelliert in Tests die typische Weglänge und Tagesstrecke gut<sup>61</sup>.

### **5.1.2 Auswertung**

Die Auswertung wird zweigeteilt durchgeführt. Zum einen für die Gesamtheit aller Ladepunkte. Und zum anderen werden nur die öffentlichen Ladepunkte betrachtet.

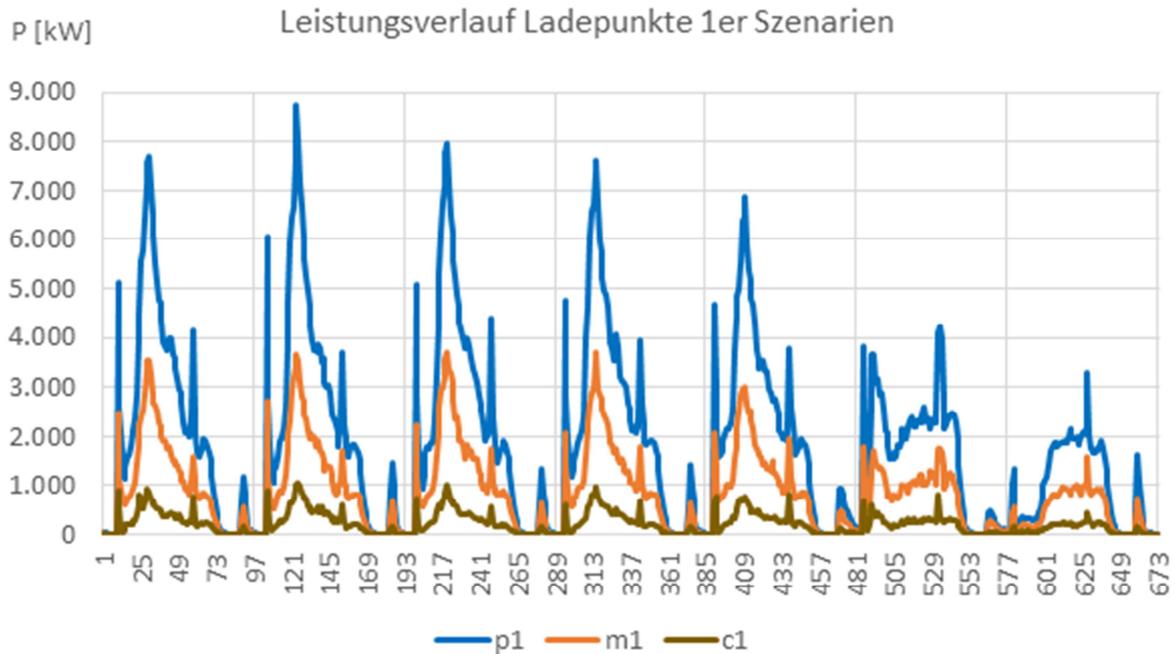
#### **Gesamtheit der Ladepunkte**

Grafisch sind Verläufe der Ladeleistung der Ladepunkte in Abb. 5.7 und Abb. 5.8 zu sehen. Es ist deutlich der Unterschied zwischen den Werktagen und dem Wochenende zu erkennen. Peaks entstehen in den Nacht- und Morgenstunden sowie nachmittags. Der qualitative Verlauf ist unabhängig von den Szenarien und deren Ausprägung gleich. Somit haben die Anzahl der Ladepunkte sowie die Höhe der öffentlichen Ladeleistung einen vernachlässigbar kleinen Einfluss auf den qualitativen Gesamtverlauf. Die 2er Szenarien zeigen eine gering höhere Leistungsspitze (geschuldet der höheren Leistung der Ladepunkte).

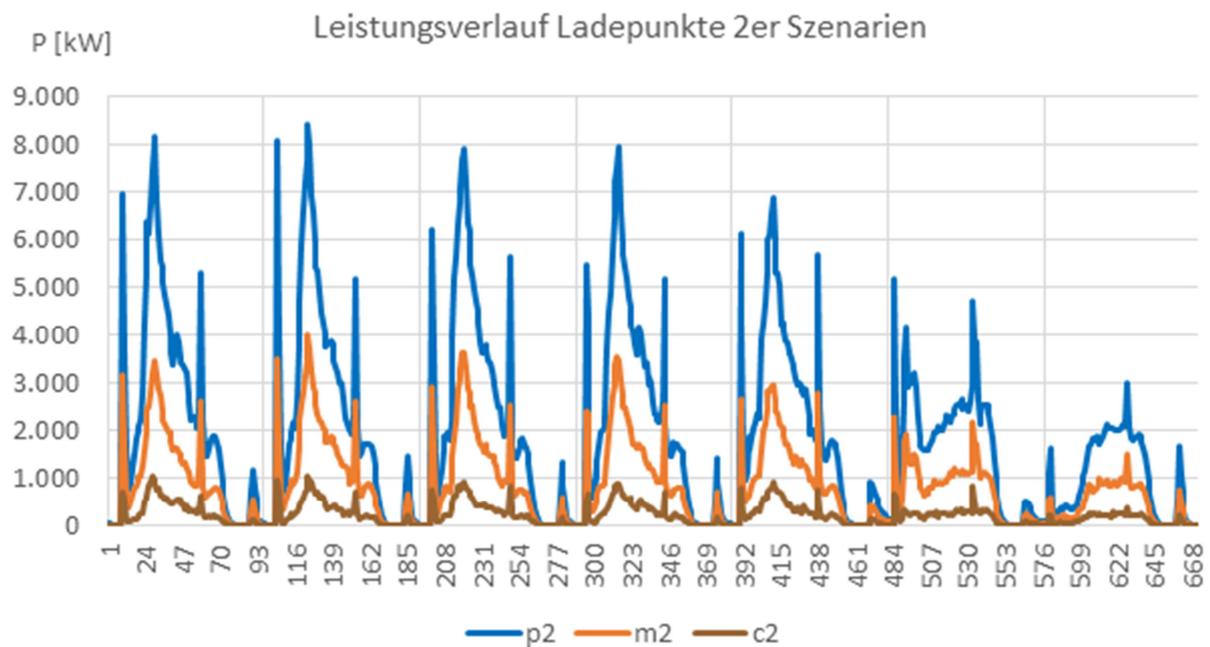
---

<sup>60</sup> BBR (2007)

<sup>61</sup> MID (2008)



**Abb. 5.7: Wochenverlauf der Ladeleistung aller Ladepunkte (1er Szenarien)**



**Abb. 5.8: Wochenverlauf der Ladeleistung aller Ladepunkte (2er Szenarien)**

Die quantitative Auswertung ist Tab. 5.6 zu entnehmen. Es ist augenscheinlich, dass die Ladepunkte durchschnittlich die gleiche Jahresenergie von 1,3 MWh benötigen. Dies entspricht einem Tagesbedarf von 3,6 kWh. Im Szenarien p1 und p2 mit 11.000 EVs in Thüringen beläuft sich der Jahresenergiebedarf auf ca. 17 GWh. Für die Szenarien c1 und c2 mit nur 1.300 EVs liegt der Wert lediglich bei rund 2 GWh.

Tab. 5.6: Jahresenergie nach Szenarien

Szenarien	p1	m1	c1	p2	m2	c2
LP <sub>ges</sub>	12.650	5.750	1.515	12.650	5.750	1.515
LP <sub>öff</sub>	1.100	500	150	1.100	500	150
W <sub>LPges</sub> [MWh]	16.830	7.693	1.951	16.830	7.645	1.980
W <sub>proLP</sub> [MWh]	1,33	1,34	1,29	1,33	1,33	1,31

### Öffentliche Ladepunkte

Die Verläufe der Ladeleistungen der Ladepunkte weisen zwei Spitzen auf, 8.00 Uhr früh und 20:00 Uhr abends (s.Abb. 5.9 und Abb. 5.10). Dargestellt sind die Wochenverläufe eines durchschnittlichen Ladepunktes (Mittelwert über alle öffentlichen Ladepunkte). Die Annahmen der Simulation bewirken, dass an öffentlichen Ladepunkte nur von 8:00 bis 20:00 Uhr geladen. Dabei laden die Fahrzeuge immer an öffentlichen Ladepunkten, wenn diese an ihrem Fahrtziel vorhanden sind. Der Batteriefüllstand und somit die verbleibende Reichweite haben keinen Einfluss auf die Entscheidung zu Laden. Die Verläufe über die Szenarien ähneln sich sehr. Der Verlauf des Szenarios p1 weist geringere Schwankungen auf als der des Szenarios c1. Der Grund ist darin, dass beim p1-Szenario 1.100 Ladepunkte gemittelt wurden und beim c1-Szenario nur 150.

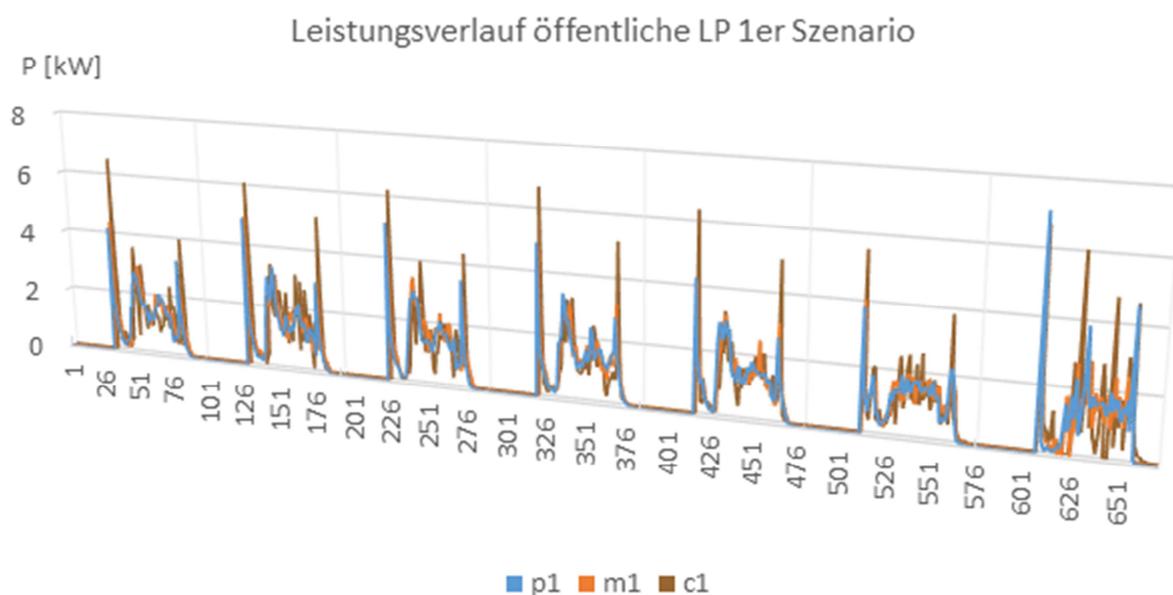


Abb. 5.9: Wochenverlauf der öffentlichen Ladeleistung (1er Szenarien)

Werden die Ergebnisse bezüglich der Höhe der Ladeleistungen ausgewertet (1er Szenarien vs. 2er Szenarien), so ist zu erkennen, dass Szenario p2 (höhere verfügbare Ladeleistungen) größere Last-

spitzen aufweist. Zeitlich korrelieren die Spitzen der Szenarien (8:00 und 20:00 Uhr). Im Zeitraum dazwischen ist der Verlauf annähernd gleich.

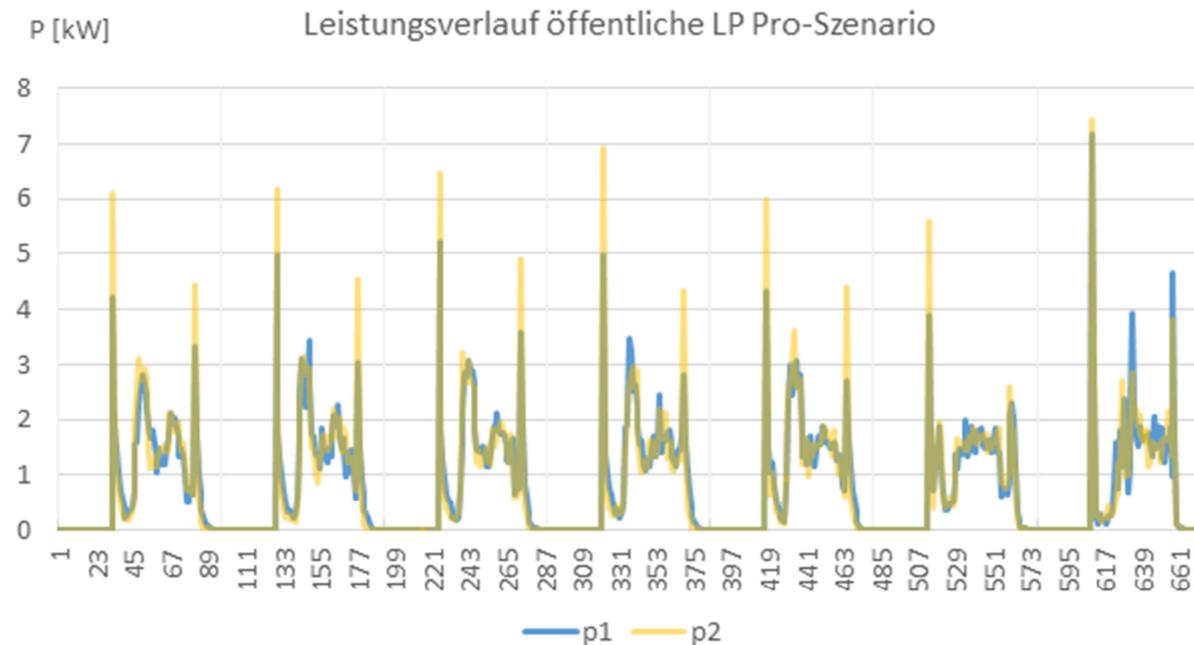


Abb. 5.10: Wochenverlauf der öffentlichen Ladeleistung des Pro-Szenarios (p1 und p2)

Wird auf die Jahresenergie abgestellt, ist festzustellen, dass die Ladeleistung wie sie für die Szenarien gewählt wurde, keinen Einfluss auf die Jahresladeenergie hat. Die entsprechenden Szenarien weisen gleiche Werte auf (7,1 MWh für p1 und p2, 7,0 MWh für m1 und m2, 6,7 MWh für c1 und c2). Jedoch ist zu erkennen, dass die jährliche Ladeenergie pro Ladepunkt mit steigender Gesamtzahl an öffentlichen Ladepunkten zunimmt (von 6,7 MWh im c-Szenario auf 7,1 MWh im p-Szenario). Insgesamt liegen die Jahresenergiebedarfe der öffentlichen Ladepunkte deutlich über den gemittelten Werten aller Ladepunkte (7 MWh zu 1,3 MWh). Begründet ist dies in den höheren Ladeleistungen der öffentlichen Ladepunkte (vornehmlich 11, 22 und 50 kW) gegenüber den Heimpladepunkten mit 3,7 kW.

Tab. 5.7: Jahresenergie der öffentlichen Ladepunkte nach Szenarien

Szenarien	p1	m1	c1	p2	m2	c2
LP <sub>ges</sub>	12.650	5.750	1.515	12.650	5.750	1.515
LP <sub>öff</sub>	1.100	500	150	1.100	500	150
W <sub>LPges</sub> [MWh]	7.820	3.500	1.000	7.850	3.480	1.000
W <sub>proLP</sub> [MWh]	7,1	7,0	6,7	7,1	7,0	6,7

Neben der szenarienbasierten Untersuchung der Jahresenergieverbräuche wurde zusätzlich eine Abschätzung durchgeführt, um den Zusatzenergiebedarf je Landkreis zu ermitteln (s. Abb. 5.11). Die Anzahl der Ladepunkte basiert dabei auf den Verteilungen der Ladepunkte gemäß der Einteilung in Ober- und Mittelzentren (Vgl. Kapitel 4). Im Jahr 2020 wird mit insgesamt 904 Ladepunkten gerech-

net, wobei aktuell 80 der installierten Ladepunkte die Kriterien des Steckertyps und der Verfügbarkeit besitzen. Somit besteht ein Zusatzbedarf an 820 Ladepunkten für Thüringen in 2020. Die Ladeleistung pro Landkreis wurde anhand der Verteilung im Szenario p1 auf die Anzahl der Ladepunkte pro Landkreis skaliert. Der größte Zuwachs an Ladepunkten und somit ein hoher Zusatzladeenergiebedarf ist in den großflächigen Landkreisen ermittelt wurden. In den Stadtkreisen ist der Zusatzbedarf geringer, weil hier einerseits eine geringere Fläche abgedeckt werden muss und andererseits bereits Ladesäulen installiert sind.

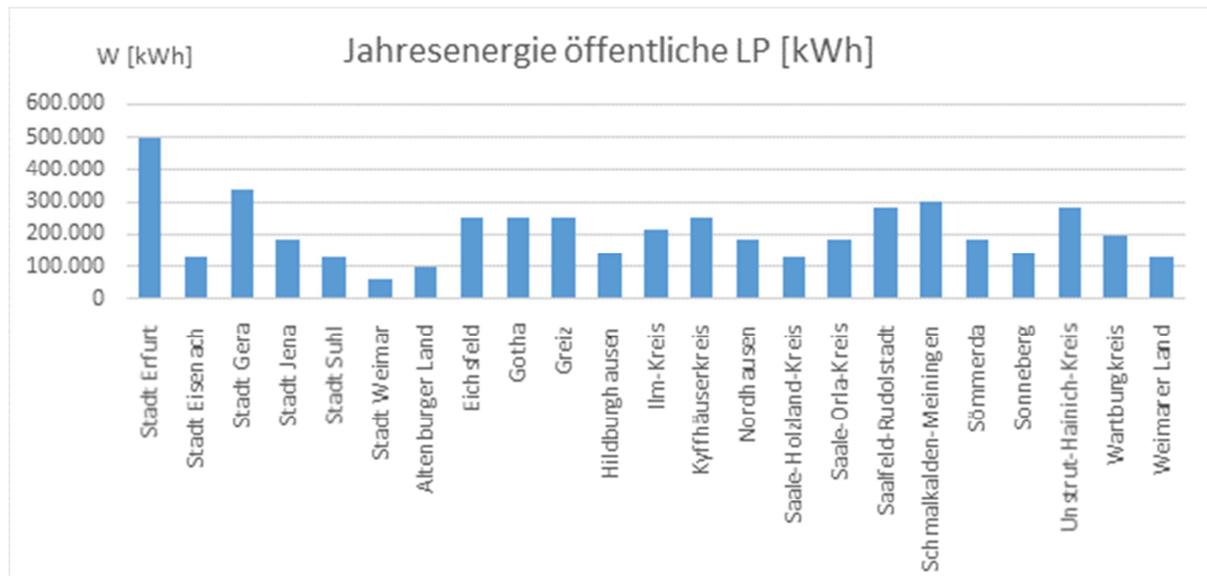


Abb. 5.11: Zusatzladeenergiebedarf nach Landkreisen in Thüringen

### 5.1.3 Kernaussagen

Die Ergebnisse in Bezug auf die Auswertung des Strombedarfs der Ladepunkte lassen sich in folgenden Thesen zusammenfassen.

- (1) Die Ladeleistung der öffentlichen Ladepunkte hat vernachlässigbare Auswirkung auf Ladeenergie aller Ladepunkte.
- (2) Höhere Ladeleistungen an öffentlichen LP führen zu höheren Lastspitzen und geringfügig höherer Jahresladeenergien.
- (3) Je geringer die Anzahl der öffentlichen Ladepunkte, umso geringer die Ladeenergie pro Ladepunkt an den öffentlichen Ladepunkten.
- (4) Die durchschnittliche Jahresladeenergie pro öffentlichem Ladepunkt ist deutlich höher als die Jahresenergie pro Heimpladepunkt.

## 5.2 Vorschläge zur Abdeckung des Strombedarfs der elektrisch betriebenen Pkw-Flotte aus weitgehend erneuerbaren Energiequellen

### 5.2.1 Vorgehen

In diesem Abschnitt werden Ansätze aufgezeigt, wie der im vorangegangenen Abschnitt ermittelte Strombedarf der Ladepunkte über erneuerbare Energiequellen gedeckt werden kann.

## Ablaufschema

Der Ansatz zur Deckung des Strombedarfs der Ladepunkte (LP) durch erneuerbare Energiequellen fokussiert sich auf Photovoltaik- und Windkraftanlagen. Diese Technologien werden untersucht, da sie in ihrer Modularität auch als kleinskalierte Anlagen installiert werden können, um somit einen geringen Zusatzbedarf durch einzelne Ladepunkte decken zu können.

Der Ausgangspunkt der Berechnung ist der Leistungsverlauf der Ladepunkte und somit deren Jahresenergieverbrauch. Im ersten Schritt wird die Ladeleistung über die Erzeugungsleistung von PV-Anlagen decken (s. Abb. 5.12). Dazu wird die Einspeisezeitreihe durch die Anwendung verschiedener Ansätze auf Kenngrößen der Ladeleistungszeitreihe skaliert. Es werden Zeitreihen des Jahres 2015 von 50Hertz verwendet<sup>62</sup>. Aus der skalierten Zeitreihe bestimmt die eingespeiste Jahresenergie. Über den spezifischen Energieertrag ( $E_{PV} = 855 \text{ kWh/kWp}$ ) wird die erforderliche zu installierende Leistung berechnet. Grundlage des Energieertrages sind die Jahreserträge und installierten Leistungen der PV- und Windkraftanlagen in Thüringen gemäß des EEG-Anlagenregisters<sup>63</sup>. Durch die Verlaufscharakteristiken der Ladeleistungs- und Einspeisezeitreihen ergibt sich eine Residuallast, d.h. eine Über- und Unterdeckungszeitreihe und somit ein entsprechender Unterdeckungsbedarf, welcher durch PV nicht gedeckt werden kann (zweiter Schritt). Diese Zeitreihe wird im dritten Schritt über die Einspeisezeitreihe der Windkraftanlagen gedeckt. Hierzu wird die Windeinspeisezeitreihe entsprechend der Residuallast skaliert. Über den spezifischen Energieertrag für Wind ( $E_W = 1600 \text{ kWh/kW}$ ) wird die zu installierende Windleistung ermittelt. Im vierten Schritt bestimmt sich die Residuallast, welche nicht durch PV- und Windkraftanlagen gedeckt werden kann. Als Endresultat ergibt sich ein Unterdeckungsbedarf, welcher über konventionelle Erzeugungsanlagen zu decken ist. Gleichzeitig ergibt sich ein Rückspeisebedarf aufgrund der Tatsache, dass es Zeiträume gibt, in denen die eingespeiste Leistung die erforderliche Ladeleistung übersteigt. Es lässt sich eine Aussage treffen, welcher Anteil der Ladeenergie über PV- und Windkraftanlagen gedeckt werden kann.

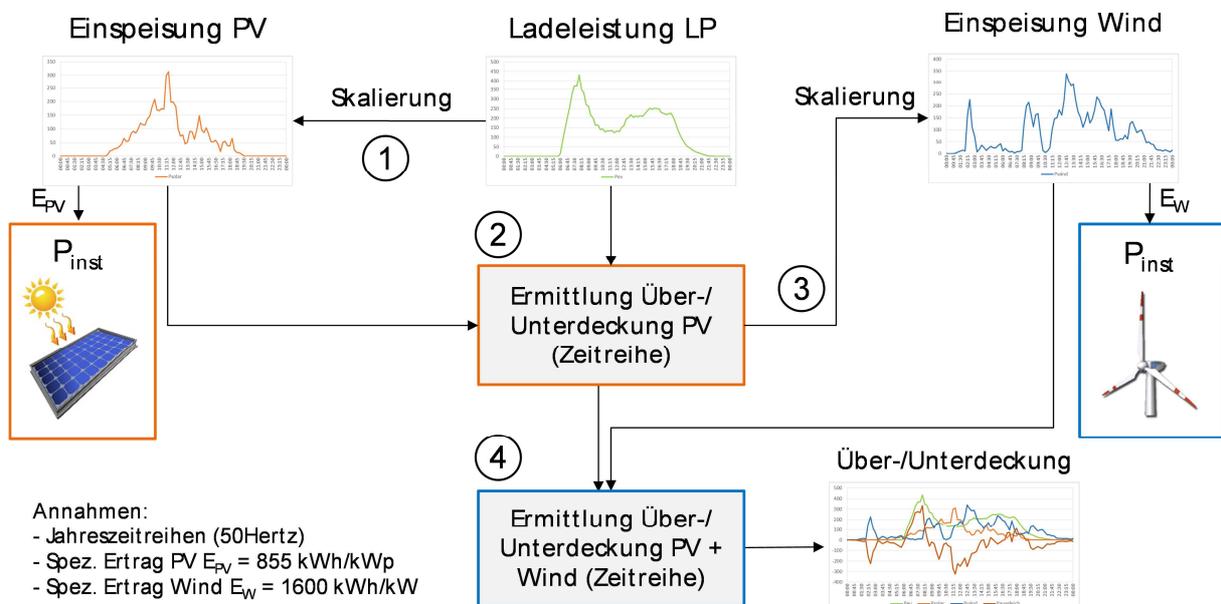


Abb. 5.12: Prozessablauf Deckung Strombedarf

<sup>62</sup> HERTZ (2016)

<sup>63</sup> ENERGYMAP (2016)

### Ansätze zur Skalierung der Einspeisezeitreihe

Für diese Studie werden vier Ansätze untersucht, um die Einspeisezeitreihen (PV und Wind) auf die Ladeleistungszeitreihe (PV) bzw. die Residuallastzeitreihe (Wind) zu skalieren. Die Ansätze bestimmen Skalierungsfaktoren, die Viertelstundeleistungswerte der Einspeisezeitreihen skalieren.

Die verwendeten Ansätze unterteilen sich in zwei Kategorien. Zu einem werden zwei Ansätze verfolgt, welche die Zeitreihenkennwerte (Jahresenergie und Jahreshöchstleistung) als Ausgangspunkt verwenden. Zum anderen minimieren die Ansätze der Optimierung die Summe der Fehlerquadrate einerseits für die geordnete Zeitreihe und andererseits für die tatsächliche Zeitreihe (s. Abb. 5.13).

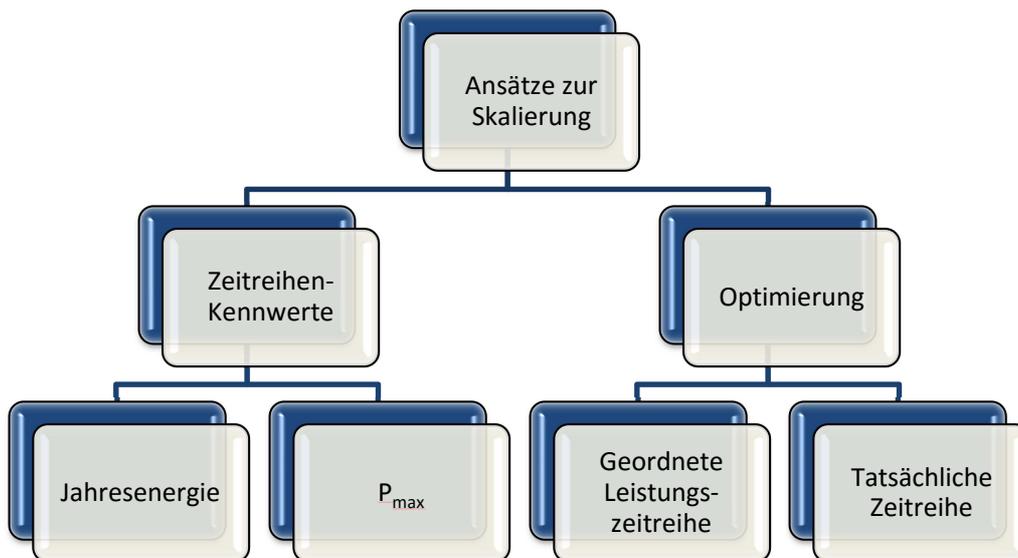


Abb. 5.13: Skalierungsansätze

Die Ansätze werden im Folgenden kurz erläutert.

#### Ansatz Jahresenergie:

Dieser Ansatz verfolgt das Ziel, einen Skalierungsfaktor (SF) zu bestimmen, durch den die Jahreseinspeisung der Jahresladeenergie entspricht. Hierzu wird eine Optimierung auf den Zielwert der Jahresladeenergie  $W_{Lade}$  durchgeführt.

$$\sum_{n=1}^{35040} (P_{Einspeise} \cdot SF) / 4 = W_{Lade} \quad (5.1)$$

mit  $P_{Einspeise}$  = Viertelstundeneinspeiseleistung,  
 $n$  = Viertelstunde des Jahres.

#### Ansatz Jahreshöchstlast:

Dieser Ansatz bestimmt den Skalierungsfaktor (SF) als Verhältnis der Jahreshöchstleistung der Ladeleistungszeitreihe  $P_{maxLP}$  zu zur Jahreshöchstleistung der Einspeisung  $P_{maxES}$ .

$$SF = \frac{P_{maxLP}}{P_{maxES}} \quad (5.2)$$

### Ansatz Optimierung geordnete Leistungszeitreihe:

Dieser Ansatz minimiert die Abweichungen der Viertelstundenleistungswerte. Dazu werden geordnete Leistungszeitreihen (Aufreihung der Leistungswerte beginnend mit dem größten Wert) für Last und Einspeisung aus den tatsächlichen Zeitreihen erstellt. Je Schritt wird das Fehlerquadrat ermittelt. Über die Summe der Fehlerquadrate aller 35040 Schritte (Viertelstunden pro Jahr) wird optimiert.

$$\sum_{n=1}^{35040} (P_{Einspeise} \cdot SF - P_{Lade})^2 = \min \quad (5.3)$$

mit  $P_{Einspeise}$  = Viertelstundeneinspeiseleistung,  
 $P_{Lade}$  = Viertelstundenladeleistung,  
 $n$  = Viertelstunde des Jahres,  
 $SF$  = Skalierungsfaktor.

### Ansatz Optimierung tatsächliche Leistungszeitreihe:

Dieser Ansatz nutzt die gleiche Berechnungsvorschrift wie der Ansatz der Optimierung der geordneten Leistungszeitreihe. Der Unterschied besteht darin, dass der reale Leistungsverlauf verwendet wird.

Für die weiteren Betrachtungen werden zwei Ansätze verwendet, der Ansatz Jahresenergie und der Ansatz Optimierung der tatsächlichen Leistungszeitreihe. Der Ansatz Jahresenergie bestimmt die größte absolute Deckung der Ladeenergie durch PV- und Windkraftanlagen. Der Ansatz Optimierung der tatsächlichen Leistungszeitreihe ermittelt die größte relative Deckung bezogen auf die installierte Leistung.

## 5.2.2 Auswertung

Die Auswertung fokussiert zwei Schwerpunkte. Zum einen die Gesamtheit aller Ladepunkte (Heimladung, halböffentliche und öffentliche Ladepunkte), da die Rahmen der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamte Zusatzladebedarf über erneuerbare Energiequellen gedeckt werden soll. Zum anderen werden die öffentlichen Ladepunkte separat betrachtet, weil diese im Fokus der Förderung durch das TMUEN stehen. Bei den Szenarien wird auf die Ausprägungen Pro, Medium und Contra in der Variante 1 (geringe Ladeleistungen der öffentlichen Ladepunkte) abgestellt (s.Kapitel5.1). Der Unterschied zwischen den Jahresenergien der Varianten 1 und 2 ist gering und somit werden die Ergebnisse der Variante 1 als aussagekräftig angesehen.

### Abdeckung der Ladeleistung aller Ladepunkte

Eine grafische Auswertung der Abdeckung ist in Abb. 5.14 stellvertretend für den Skalierungsansatz „Jahresenergie“ und das Szenario p1 dargestellt. Der Ladeleistungsverlauf ( $P_{ev}$ ) wird durch den Einspeiseverlauf Photovoltaik ( $P_{solar}$ ) gedeckt. Die verbleibende Residuallast PV (PausgleichPV) wird durch die Einspeisung von Wind ( $P_{wind}$ ) gedeckt. Als Ergebnis entsteht die Residuallast (Pausgleich). Es ist zu erkennen, dass die PV-Einspeisung höhere Höchstleistungen aufweist als die Ladeleistung.

Der Grund ist die Heimladung zu Abend- und Nachtstunden, welche nicht mit der PV-Einspeisung tagsüber korrespondiert. Dadurch entsteht ein hoher Rückspeisebedarf.

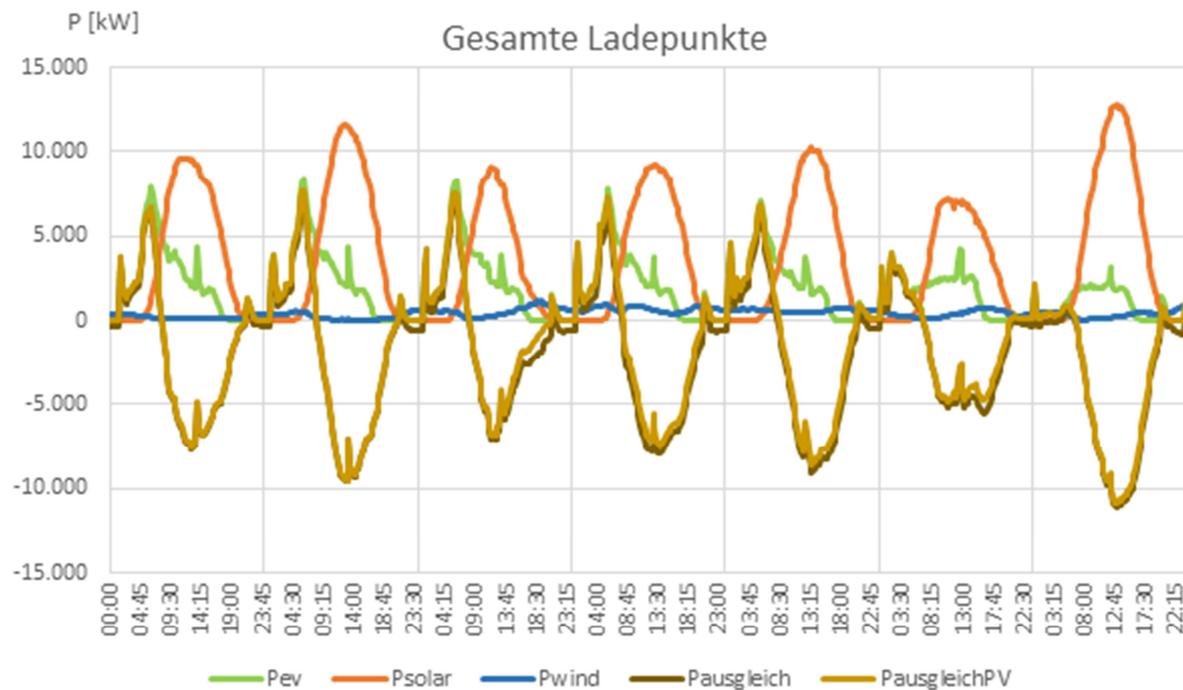


Abb. 5.14: Leistungsverläufe Abdeckung gesamte Ladeleistung (Jahresenergie)

Abb. 5.15 zeigt den Verlauf für Skalierung unter Verwendung des Optimierungsansatzes der tatsächlichen Zeitreihe. Der augenmerkliche Unterschied ist die Höhe des Leistungsverlaufes der Einspeisung. Dieser ist wesentlich geringer als im vorgegangenen Ansatz, da hier bilanziell die Jahresenergie gedeckt wird, sondern die Abweichung der Viertelstundenleistungswerte zwischen Ladeleistung und Einspeiseleistung minimiert wird.

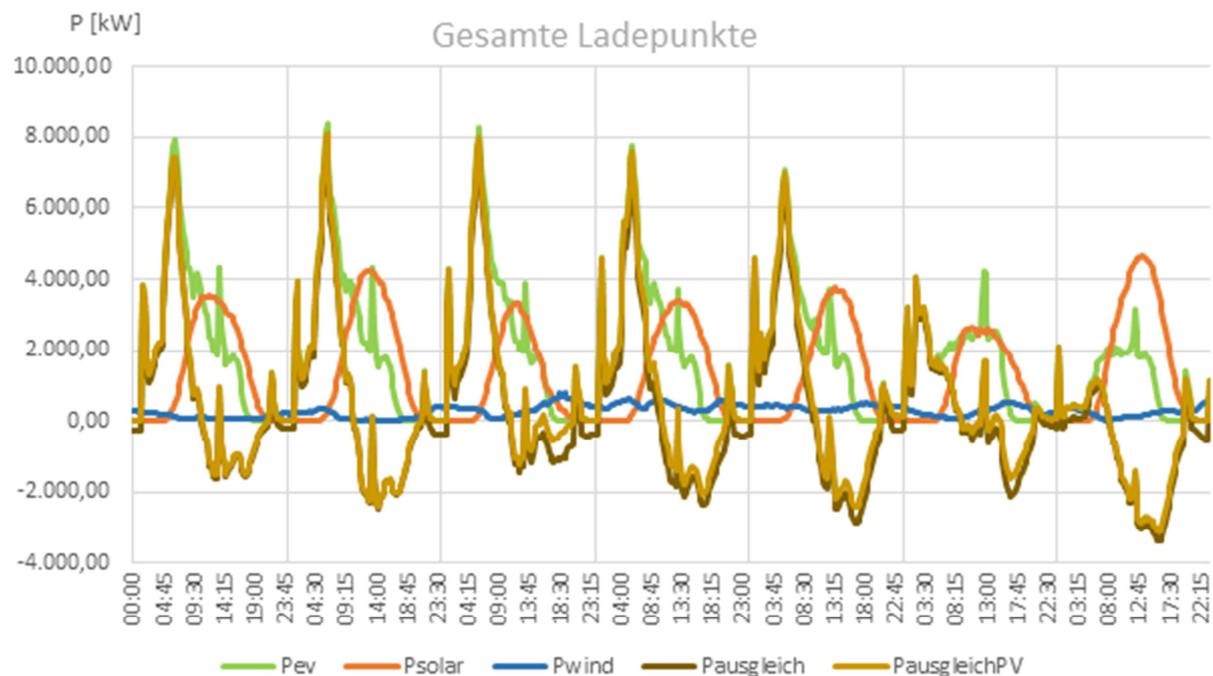


Abb. 5.15: Leistungsverläufe Abdeckung gesamte Ladeleistung (tatsächliche Zeitreihe)

Die quantitative Auswertung der verschiedenen Szenarien und Ansätze sind in Tab. 5.8 aufgezeigt.

Es ist zu erkennen, dass über den Ansatz „Jahresenergie“ übergreifend über alle Szenarien deutlich mehr Ladeenergie gedeckt werden kann als über den Ansatz „Optimierung tatsächliche Zeitreihe“. Der Wert liegt bei ca. 66% im Gegensatz zu 50% beim Optimierungsansatz. Dabei entsteht unter Anwendung des ersten Ansatzes ein Rückspeisebedarf in Höhe der Jahresladeenergie, der viermal so hoch ist wie beim zweiten Ansatz. Wird die Ladeenergie jedoch im Rahmen des Gesamtverbrauches von Thüringen betrachtet, ist der Anteil vernachlässigbar (Gesamtstromverbrauch 17.279.000 MWh/Jahr zu 16.833 MWh/Jahr). Für die zu installierenden Leistungen ergeben sich maximal 20 MWp PV-Anlagen und 6 MW Windkraftanlagen.

In Bezug auf die zu installierende Leistung lässt sich über den Optimierungsansatz ein größerer Anteil der Ladeenergie decken. Hier beträgt der Wert ca. 0,7 kWh/kW, d.h. pro installiertes Kilowatt an EE-Anlage können 0,7 kWh der Ladeenergie gedeckt werden. Über den Ansatz „Jahresenergie“ beläuft sich der Wert auf 0,4.

**Tab. 5.8: Kennwerte der Szenarien gesamte Ladepunkte**

W [kWh] P [kW]	Szenario p1		Szenario m1		Szenario c1	
Ansatz	Jahresenergie	Optimierung tatsächliche ZR	Jahresenergie	Optimierung tatsächliche ZR	Jahresenergie	Optimierung tatsächliche ZR
$W_{EV}$	16.833.040	16.833.040	7.693.528	7.693.528	1.951.922	1.951.922
$W_{PV}$	16.833.040	6.191.023	7.693.528	2.841.166	1.951.922	720.251
$P_{instPV}$	19.688	7.240	8.998	3.323	2.282	842
$W_{UPV}$	9.837.765	12.024.331	4.488.105	5.486.072	1.144.711	1.400.099
$W_{Wind}$	9.837.765	6.683.208	4.488.105	3.052.953	1.144.711	778.855
$P_{instWind}$	6.148	4.180	2.805	1.908	715	486
$W_{Uges}$	6.184.498	8.572.915	2.812.387	3.905.000	734.663	1.011.522
$W_{Üges}$	-16.022.263	-4.614.105	-7.300.482	-2.105.792	-1.1879.366	-558.708

### Abdeckung der Ladeleistung öffentlicher Ladepunkte

Die grafische Auswertung der Abdeckung der öffentlichen Ladeleistung ist in Abb. 5.16 und Abb. 5.17 am Beispiel des Szenarios p1 dargestellt. Der deutlichste Unterschied zur Abdeckung der gesamten Ladeleistung ist in den Leistungsspitzen der Einspeisung zu sehen. Die öffentlichen Ladepunkte werden tagsüber genutzt und korrespondieren dadurch besser mit dem Einspeiseprofil der PV-Anlagen. Im Resultat sind die Leistungsspitzen geringer.

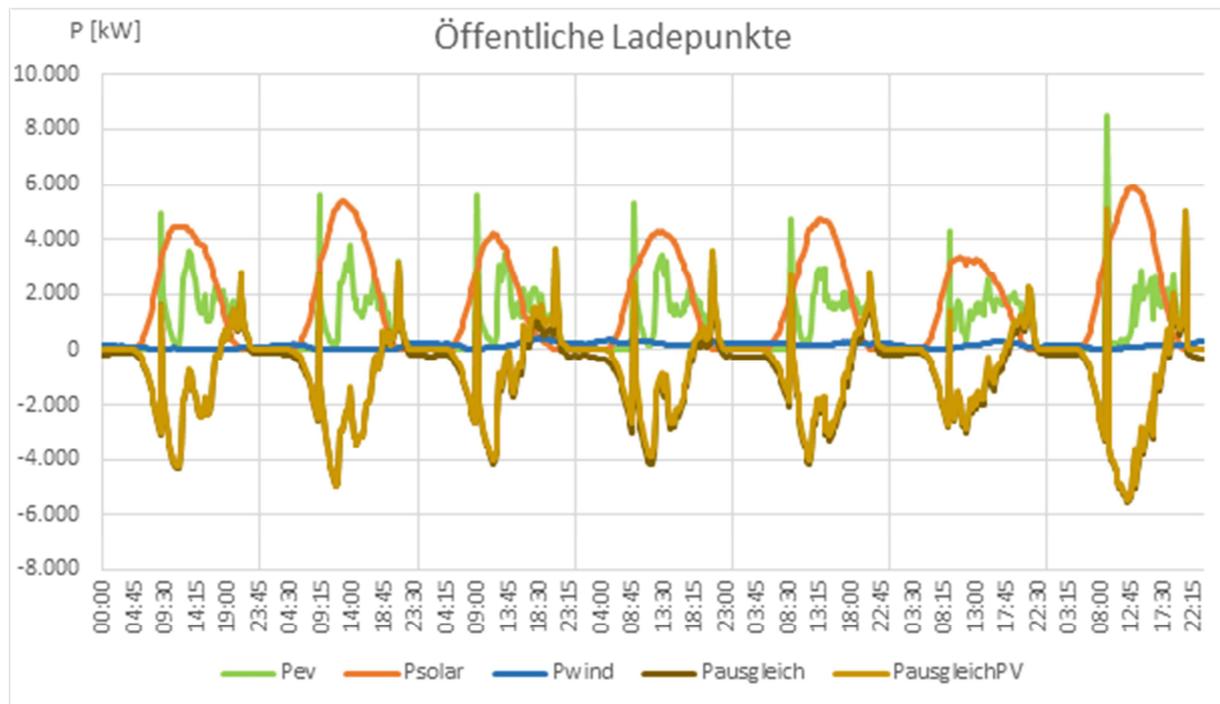


Abb. 5.16: Leistungsverläufe Abdeckung öffentliche Ladeleistung (Jahresenergie)

Bezüglich des Rückspeisebedarfs sind die gleichen Verläufe zu beobachten, wie für die Auswertung alle Ladepunkte. Die bilanzielle Deckung der Ladeenergie (Abb. 5.16) resultiert in einem höheren Rückspeisebedarf als beim Ansatz zur Minimierung der Viertelstundenabweichungen (Abb. 5.17).

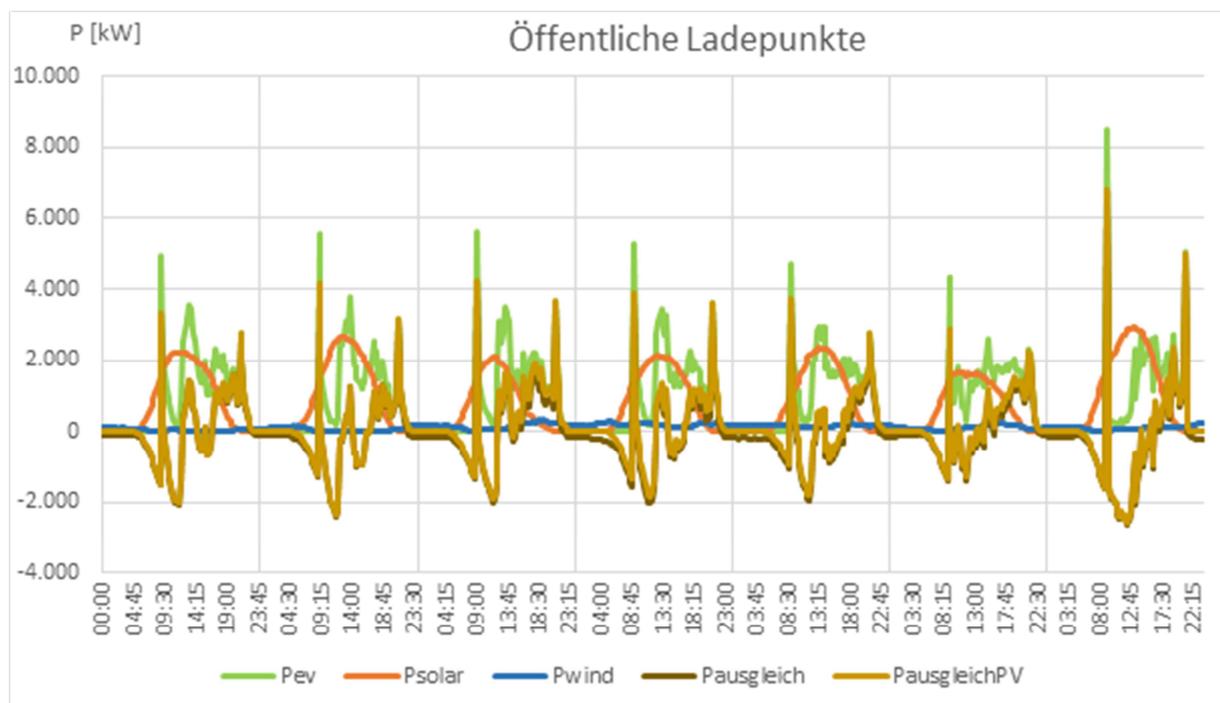


Abb. 5.17: Leistungsverläufe Abdeckung gesamte Ladeleistung (tatsächliche Zeitreihe)

Der Anteil der gedeckten Ladeenergie entspricht den Werten der Betrachtungen aller Ladepunkte (66% für Ansatz „Jahresenergie“ und 50% für Ansatz „tatsächliche Zeitreihe“). Die zu installierenden Leistungen belaufen sich zwischen 1 MW (Szenario c1) und 9 MW (Szenario p1) für PV-Anlagen und 0,5 MW (Szenario c1) und 4,5 MW (Szenario p1) für Windkraftanlagen. Die relative Deckung der Ladeenergie weist im Unterschied zur absoluten Deckung abweichende Werte auf. Der Wert für den

ersten Ansatz liegt mit rund 0,44 kWh/kW höher als bei der Betrachtung aller Ladepunkte. Beim zweiten Ansatz liegt der Wert mit ca. 0,62 kWh/kW geringer.

W [kWh] P [kW]	Szenario p1		Szenario m1		Szenario c1	
	Jahresenergie	Optimierung tatsächliche ZR	Jahresenergie	Optimierung tatsächliche ZR	Jahresenergie	Optimierung tatsächliche ZR
$W_{EV}$	7.819.445	7.819.445	3.496.096	3.496.096	868.388	868.388
$W_{PV}$	7.819.445	3.866.500	3.496.096	1.721.151	868.388	424.430
$P_{instPV}$	9.145	4.522	4.089	2.013	1.015	496
$W_{UPV}$	3.922.812	5.073.824	1.758.340	2.279.550	465.133	592.619
$W_{Wind}$	3.922.812	2.285.771	1.758.340	1.296.861	465.133	332.829
$P_{instWind}$	2.451	1.803	1.098	810	290	208
$W_{U_{ges}}$	2.673.996	3.869.483	1.197.715	1.734.471	334.361	467.819
$W_{U_{ges}}$	-6.596.797	-2.802.309	-2.956.051	-1.256.387	-799.493	-356.691

In Anlehnung an die Auswertung der Zusatzjahresenergie nach Landkreisen wurde auch der Zusatzbedarf an zu installierender Leistung für Photovoltaik und Wind berechnet (s. Abb. 5.18). Die installierte Leistung wurde über den Ansatz der Jahresenergie, d.h. die Jahresladeenergie entspricht der eingespeisten Jahresenergie der PV-Anlagen ermittelt. Als Kennwert wurde ein Wert von 0,55 kW PV-Leistung pro 1 kW Ladeleistung angesetzt, welche sich aus der Auswertung des Szenarios p1 ergibt. Im Szenario p1 beträgt die Summe der installierten Ladeleistung aller Ladepunkte 16 MW. Die Ladeleistung wurde entsprechend der Anzahl der Ladepunkte auf die Landkreise verteilt. Über den Kennwert wurden die zusätzlich zu installierende PV-Leistung (grüne Balken) und die gesamte Leistung der PV- und Windkraftanlagen (orange Balken) errechnet. Die Ergebnisse entsprechen der Auswertung des Zusatzladeenergiebedarfs. Geringe Zusatzleistung an EE-Anlagen in Stadtkreisen und eine höhere zu installierende Leistung in den großflächigen Landkreisen.

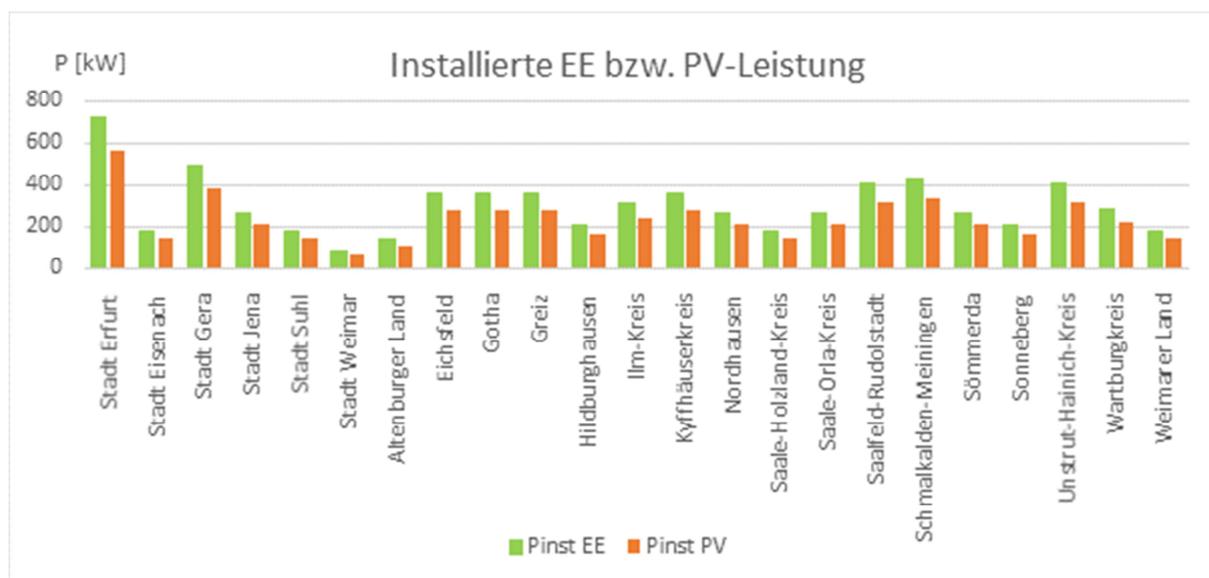


Abb. 5.18: Zusatzleistung an zu installierenden Windkraft- und PV-Anlagen

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Jahresladeenergie nicht zu 100% durch Erneuerbare Energieanlagen gedeckt werden kann. Hierzu ist ein Speicher notwendig. Beispielhaft wird nachfolgend die Speicherdimension für das Szenario p1 (11.000 EVs) dargestellt. Für die Berechnung wurde ein idealer Speicher verwendet, welcher keine Ein- und Ausspeicherverluste aufweist. Aufgrund des Ansatzes „Jahresenergie“ entspricht die Ladeenergie dem PV-Ertrag, d.h. der Speicher übernimmt den zeitlichen Ausgleich zwischen benötigter Ladeleistung und eingespeister PV-Leistung. Im Szenario p1 werden 1.100 öffentliche Ladepunkte betrachtet.

Der Speicher hat die Aufgabe die Residuallast (Differenz aus Erzeugung und Last) ein- bzw. auszuspeichern. Dabei wird im Fall einer Residuallast größer „0“ der Speicher beladen. Ist die Residuallast kleiner als „0“ wird der Speicher entladen und die Elektrofahrzeuge an den Ladepunkten beladen. Bei der Berechnung handelt es sich um eine Jahresbetrachtung. Im ersten Quartal ist die Ladeleistung größer als die Einspeisung durch PV, weil geringe Sonnenstunden vorliegen. Daher muss der Speicher einen Anfangsfüllstand größer als Null aufweisen, damit er nicht negativ wird. Der Speicherfüllstand ergibt sich durch das Aufsummieren der Viertelstundenenergie durch Beladen (+) und Entladen (-) des Speichers. Als Ergebnis der Berechnung werden die Speicherkennwerte Speicherleistung und Speicherkapazität ermittelt. Die Speicherleistung ergibt als Maximum des Betrages der Leistung für das Beladen bzw. Entladen des Speichers. Die Speicherkapazität ist die Differenz aus maximalem und minimalem Speicherfüllstand.

Die Auswertung wurde auf 1 kW Ladeleistung skaliert, um eine einfache Anwendung auf verschiedene Leistungsklassen durchführen zu können. Unter den verwendeten Annahmen ergeben sich folgende Kennwerte:

- Kapazität = 132 kWh
- Leistung = 0,53 kW

Die hohe Speicherkapazität bedingt sich durch die hohen saisonalen Unterschiede zwischen Ladeleistung und Einspeiseleistung. Wird die Betrachtungsdauer auf eine Woche reduziert, sinkt die benötigte Speicherkapazität auf 2 kWh. Ein beispielhafter Verlauf der Residuallast sowie des Speicherfüllstandes sind in Abb. 5.19 zu sehen.

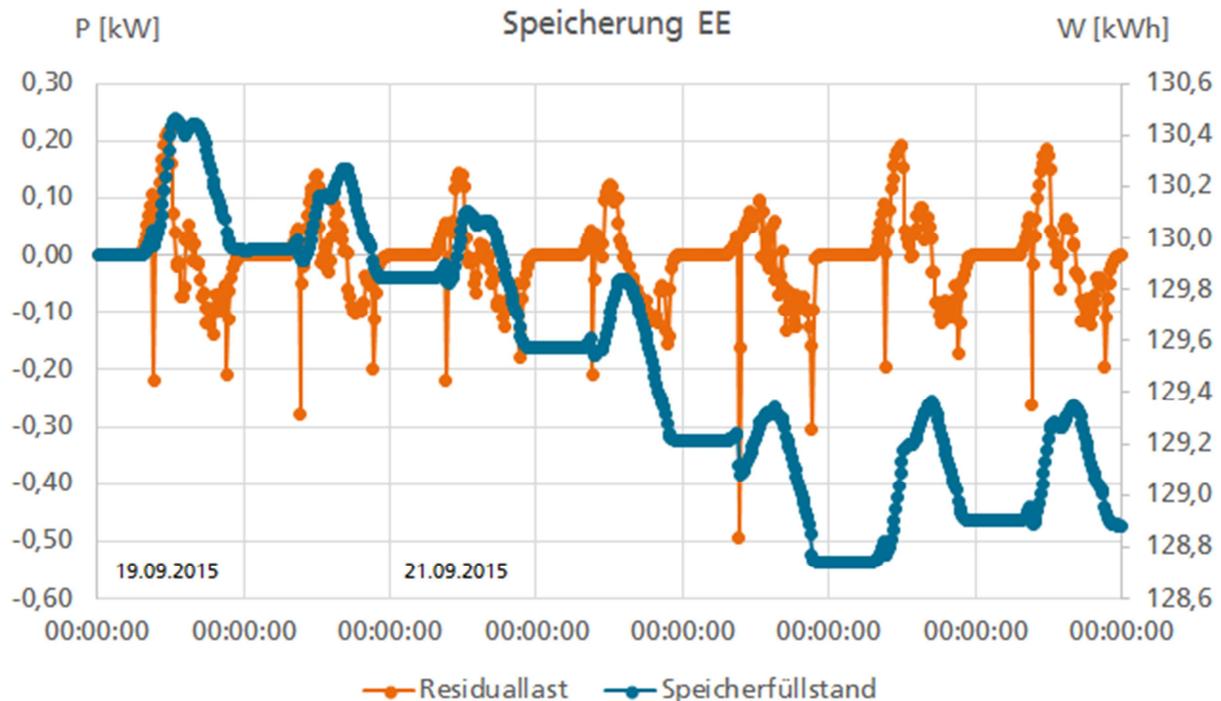


Abb. 5.19: Wochenverlauf eines Speichers zur 100% Deckung durch EE

### 5.2.3 Kernaussagen

Die Kernaussagen dieser Untersuchung lassen sich in folgenden Thesen zusammenfassen.

- (1) Die bilanzielle Deckung der Ladeenergie über erneuerbaren Energien ist möglich (Jahresbedarf = Jahreserzeugung).
- (2) Die tatsächliche Deckung ist aufgrund der Last- bzw. Einspeisecharakteristiken nicht möglich. Eine Deckung der Residuallast über konventionelle Erzeugungsanlagen ist notwendig.
- (3) Eine hohe Abdeckung des tatsächlichen Ladebedarfs erfordert hohe zu installierende Leistungen.
- (4) Die hohe zu installierende Leistung an Erneuerbare Erzeugungsanlagen verursacht einen hohen Rückspeisebedarf.
- (5) Der Lastverlauf der öffentlichen Ladepunkte deckt sich besser mit der PV-Einspeisung als Lastverlauf des Heimpladens.

## 5.3 Geschäftsmodelle zum Betrieb von Ladeinfrastruktur

### 5.3.1 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen

Dieser Abschnitt beschreibt einerseits die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Geschäftsmodelle. Andererseits wird eine wirtschaftliche Bewertung für den Betrieb von Ladeinfrastruktur dargestellt.

Die Betrachtung von Geschäftsmodellen erfordert, dass der Ladestationsbetreiber in den Energiemarkt eingeordnet wird. Dazu lässt sich das Rollenmodell des Energiemarktes verwenden (s. Abb. 5.20). Der Energiemarkt unter Integration der Elektromobilität lässt sich in einen regulierten und einen freien Teil unterscheiden. Der regulierte Markt umfasst die etablierten Rollen, wie Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), Verteilernetzbetreiber (VNB), Lieferant, Bilanzkreisverantwortlicher

(BKV), Erzeuger, Messstellenbetreiber und Anschlussnutzer. Der freie Markt wird durch die Akteure Ladepunktbetreiber, Fahrzeugnutzer, Mobilitätsanbieter, EV-Pool Operator und Aggregator geprägt. Dabei stellt der Ladepunktbetreiber als Anschlussnutzer die Schnittstelle zwischen dem regulierten und dem freien Markt dar. Die Rolle des Ladepunktbetreibers wird durch das Strommarktgesetz definiert.

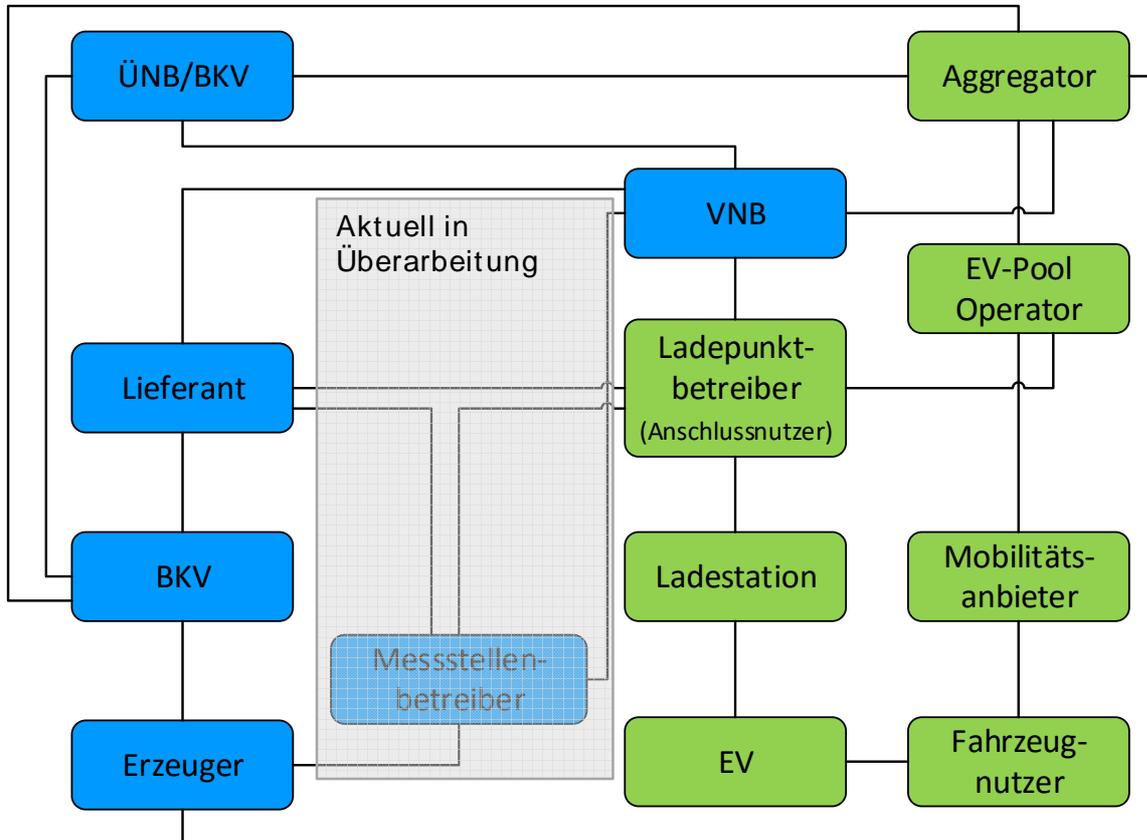


Abb. 5.20: Rollenmodell Energiemarkt

### Strommarktgesetz

Das Strommarktgesetz regelt die Ausgestaltung des Strommarktes 2.0, dessen Bestandteil auch Elektrofahrzeuge (EV) sind. Hierzu werden Ergänzungen des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) vorgenommen. Die wichtigste Festlegung (§3 Nr. 25 EnWG) ist die Definition des Ladepunktbetreibers als Letztverbraucher (Anschlussnutzer). Er ist kein Stromversorger, da er dem EV-Nutzer ein Leistungsbündel (Park-, Service-, Stromleistungen) anbietet. Als Letztverbraucher wählt er den Stromlieferanten. Nach §17 EnWG besteht die Netzanschlusspflicht für Ladepunkte. Im Vertragsverhältnis zum EV-Nutzer besteht für den Ladepunktbetreiber keine Rechnungslegungspflicht nach §40, 42 EnWG (Ausweisung Netzentgelte, Umlagen, Strommix), weil hier der freie Markt Anwendung findet. Lediglich die Umsatzsteuer ist gegenüber dem Fahrzeugnutzer auszuweisen.<sup>64</sup>

<sup>64</sup> STROMMARKTGESETZ (2015)

## Datenschutz

Der Umgang mit Nutzerdaten auf dem regulierten Markt regelt das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG), welches aktuell in Bearbeitung ist. Daher finden diese Regelungen nur Anwendung auf das Verhältnis zwischen dem Ladepunktbetreiber (LPB) und den berechtigten Stellen (VNB, BKV, Lieferant). Eine schriftliche Einwilligung ist aufgrund der Tatsache, dass LPB zumeist eine juristische Person ist, nicht möglich. Die Einwilligung ist hier durch den Vertragsschluss (Netzanschlussvertrag, Stromliefervertrag) per se gegeben (Erlaubnistatbestand). Die genannten Vorschriften beziehen sich auf das Verhältnis zwischen Anschlussnutzer und berechtigte Stellen. Für Elektromobilität erfüllt der Ladepunktbetreiber (LPB) beide Rollen. Daher greifen § 49 und 50 MsbG zwischen EV-Nutzer und Ladepunktbetreiber nicht. Es findet das Bundesdatenschutzgesetz seine Anwendung. Die Verwendung und Übermittlung von Nutzerdaten ist demnach erforderlich, wenn diese Daten für die Geschäftserfüllung der anfordernden Stelle notwendig sind. Der LPB muss dem EV-Nutzer eine Rechnung ausstellen, daher ist er auf seine Daten angewiesen. Nach § 28 Abs. 1 BDSG ist daher keine gesonderte Einwilligung durch den Nutzer erforderlich.

### 5.3.2 Wirtschaftlichkeit

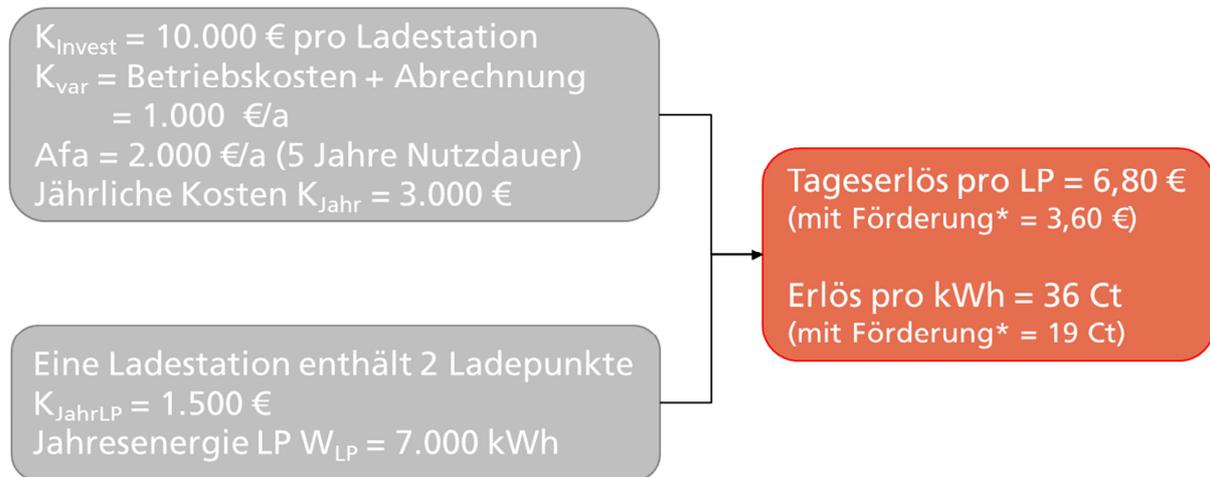
Die Wirtschaftlichkeitsberechnung liefert Aussagen, wie hoch die Erlöse pro Ladepunkt sein müssen, um die Investitionskosten und die jährlichen Kosten einer Ladesäule zu decken (s. Abb. 5.21).

Folgende Annahmen werden hierfür getroffen.

- Die Investitionskosten  $K_{\text{Invest}}$  einer Ladesäule betragen 10.000 €
- Eine Ladesäule verfügt über zwei Ladepunkte.
- Die Betriebskosten  $K_{\text{Betrieb}}$  betragen 5% der Investitionskosten, d.h. 500 € pro Jahr.
- Die jährlichen Kosten für die Abrechnung  $K_{\text{Abrechnung}}$  betragen 500 €.
- Die Abschreibungsdauer ist 5 Jahre. Somit belaufen sich die jährlichen Abschreibungen  $K_{\text{Afa}}$  auf 2000 €.
- Die jährlichen Gesamtkosten ergeben sich als Summe der jährlichen Kostenkategorien.  $K_{\text{Jahr}} = K_{\text{Betrieb}} + K_{\text{Abrechnung}} + K_{\text{Afa}} = 3.000 \text{ € /Ladesäule} = 1.500 \text{ € /Ladepunkt}$
- Die Jahresenergie eines Ladepunktes wird mit  $W_{\text{LP}} = 7.000 \text{ kWh}$  angesetzt (s. Abschnitt 5.1).
- Förderung durch TMUEN von 60%, d.h. 6.000€ und eine jährliche Abschreibung  $K_{\text{Afa}} = 800 \text{ €}$
- $K_{\text{Jahr}} = 1.800 \text{ € /Ladesäule} = 900 \text{ € /Ladepunkt}$ .

Der Berechnungszeitraum beträgt 5 Jahre, in dem die Investitionskosten und jährlichen Gesamtkosten erwirtschaftet werden müssen. Unter den genannten Annahmen ergibt sich erforderlicher Erlös von 6,80 €/Ladepunkt (oder 13,60€/Ladestation), um nach 5 Jahren die Gesamtkosten zu decken. Bezogen auf die bereitgestellte Kilowattstunde bestimmt sich ein Erlös von 36 Cent pro geladene kWh. Durch die Förderung der Ladesäule mit 6.000 € mindert sich die Bemessungsgrundlage für die Abschreibungen, wodurch sich die erforderlichen Erlöse reduzieren auf 3,60 €/Ladepunkt bzw. 19 Cent pro kWh.

Die Zahlen beziehen sich auf die Simulationsergebnisse dieser Studie und sind nicht allgemein anzuwenden.



\* 60%ige Förderung der Ladesäule = 6.000 €

Abb. 5.21: Wirtschaftlichkeitsberechnung Ladeinfrastruktur

### 5.3.3 Kernaussagen

Die Kernaussagen dieser Untersuchung lassen sich in folgenden Thesen zusammenfassen.

- Der Ladepunktbetreiber ist Letztverbraucher (und kein Stromversorger).
- Die Netzanschlusspflicht für Elektrofahrzeuge besteht.
- Abkehr von der Schriftlichkeitserfordernis und Einführung der elektronischen Einwilligung.
- Die Ausarbeitung spezieller Richtlinien für Umgang mit Daten des Fahrzeugnutzers ist erforderlich.
- Die Wirtschaftlichkeit für den Betrieb von Ladeinfrastruktur ist unter Annahmen der Studie gegeben.

## 5.4 Bedarf von Wasserstoff- Tankstellen für Thüringen bis 2020

In Deutschland hat sich der alternative Kraftstoff „Wasserstoff“ bisher langsamer entwickelt als Anfang des Jahrzehnts prognostiziert. Von den 50 geplanten Wasserstofftankstellen bis Ende 2015 wurden nur 34 realisiert. Nur sieben dieser Wasserstofftankstellen werden dabei öffentlich betrieben, die anderen dienen überwiegend Forschungszwecken und sind an Unternehmen gebunden. Mit der H2 Mobility Initiative wollen verschiedene Industrievertreter bis zum Jahr 2023 400 neue Wasserstofftankstellen errichten. Für eine flächendeckende Versorgung wären jedoch rund 1.000 Tankstellen nötig.

Neben den hohen Kosten von 1 bis 1,5 Mio. Euro je Tankstelle ist das aufwendige Genehmigungsverfahren eine zusätzliche Bürde. Bei einem Kaufpreis von etwa 80.000 EUR (z. B. Toyota Mirai) ist es wenig überraschend, dass zum Stichtag 31.10.2015 erst 100 Wasserstofffahrzeuge in Deutschland zugelassen waren.

Umstritten ist derzeit auch die CO<sub>2</sub> Bilanz. Während aus dem Auspuff eines Brennstoffzellenautos nur Wasserdampf entweicht, wird derzeit bei der Herstellung des Wasserstoffs zu 90 Prozent der fossile Rohstoff Erdgas eingesetzt, das das klimaschädliche Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) frei setzt.

Aufgrund der aufgeführten Hemmnisse kann derzeit keine Empfehlung für eine Förderung von Wasserstofftankstellen für Thüringen ausgesprochen werden.

## 6 Vorschlag für einen stufenweisen Ausbau einer angemessenen Ladeinfrastruktur bis zum Jahr 2020

Ziel der vorliegenden Studie war es, aus den gewonnen Erkenntnissen zur aktuellen Situation der öffentlichen Ladeinfrastruktur im Freistaat Thüringen und unter Berücksichtigung der europäischen und nationalen gesetzlichen und untergesetzlichen Rahmenbedingungen eine auf Thüringen bezogene Strategie für den Zeitraum 2016 bis 2020 zu erstellen. Zusammenfassend ergeben sich aus den vorangegangenen Kapiteln die folgenden Handlungsempfehlungen für Thüringen:

- Der Freistaat Thüringen sollte im Sinne einer Angebotsplanung zur Unterstützung des Markthochlaufs der Elektromobilität agieren.
- Der Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur mit Deckung der primären und sekundären Bedarfsräume ist erforderlich:
  - Primäre Bedarfsräume sind verdichtete Siedlungsräume ohne Ladeinfrastruktur.
  - Sekundäre Bedarfsräume bestehen in verdichteten Siedlungsräumen ohne eine adäquate Anzahl an Ladesäulen.
  - Der flächenbasierte Ansatz unter Berücksichtigung touristischer Ziele und verkehrsaufkommensschwerer Bereiche bestimmt den weiteren Bedarf an Ladeinfrastruktur.
- Ein stufenweiser Ausbau der Ladeinfrastruktur unter Berücksichtigung des Markthochlaufs der Elektromobilität ist sinnvoll. Der ermittelte Ladeinfrastrukturbedarf ist zyklisch zu prüfen und dabei sowohl zu den aktuellen Entwicklungen der Bestands- und Prognosezahlen von E-Pkw in Thüringen und bundesweit als auch zur Annahme des geschaffenen Ladeinfrastrukturangebotes (Prüfung der Standortwahl) zu referenzieren.
- Die vorgesehenen Mittel des Freistaats sollten vorrangig für Normalladestationen eingesetzt werden. Die Bundesförderung wird darüber hinaus den Bedarf an Schnellladestationen an Bundesfernstraßen in Thüringen in hohem Maße decken. Darüber hinaus kann durch diese ebenfalls der Aufbau von Normalladestationen unterstützt werden (s. Tab. 6.1).

Tab. 6.1: Szenarien zur Förderung von Ladeinfrastruktur durch den Bund bzw. das Land Thüringen

		Ladesäulen					Gesamt-Bestand
		Bestand	Förderung BUND		Förderung LAND		
			Schnellladen	Normal-Laden	Schnellladen	Normal-Laden	
Szenarien	„Minimal“	40	60	75	-	75	250
	„Basis“	40	65	150	5	150	410
	„Pro“	40	70	200	10	230	550

- In der zu erstellenden Förderrichtlinie sind Mindestanforderungen zu definieren, die u. a. folgende Kriterien erfüllen sollten:
  - Die Vorgaben aus der LSV I und der LSV II sind zu berücksichtigen.
  - Die Schaffung eines einheitlichen Zugangs für Thüringen per RFID Karte ist erforderlich. Eine Ausschreibung zur Auswahl eines geeigneten Roaming-Partners wird empfohlen.
  - Die Schaffung einer einheitlichen Lösung für Spontane und Durchreisende ohne Ladekarte ist erforderlich.
  - Normalladesäulen mit hohen Ladeleistungen (11 bis 22 KW) sollten vorrangig gefördert werden.

- Die Förderung von zusätzlichen Maßnahmen zur Integration elektrisch betriebener Fahrzeuge in ein intelligentes Energiemanagementsystem wird empfohlen.
- Eine 100%-ige Deckung des Strombedarfs durch Erneuerbare Energieanlagen ist anzustreben.
- Förderanträge öffentlicher Unternehmen und Institutionen sollten bevorzugt werden.
- Folgende Förderquoten werden empfohlen:
  - 60% für öffentliche Ladeinfrastruktur mit einer freien Zugänglichkeit von 24h/7d.
  - 10% Abschlag im Falle der eingeschränkten Zugänglichkeit (halböffentlich)
  - 10% Abschlag ohne Zertifizierung EE-Anlagen.

## Literaturverzeichnis

- ART (2014): Amsterdam Round Tables, McKinsey & Company, „EVolution – Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?“, 2014.
- BACH (2016): M. Bach, „Elektromobilität entdecken“, 2 Mai 2016. [Online]. Available: [www.e-stations.de](http://www.e-stations.de), aufgerufen am: 02.05.2016
- BAUMANN (2016): Baumann, Uli, E-Auto-Neuzulassungen in Europa 2014: Wer gibt Europa richtig Strom?, Auto Motor und Sport, <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/eu-neuzulassungen-2014-vorjahr-klar-uebertroffen-743258.html>, aufgerufen am: 30.04.2016
- BBR (2007): Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBR), „Pendlerverflechtungen“, 2007.
- BDEW (2015): Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Umsetzung der Ladesäulenverordnung: §4 Anzeige- und Nachweispflichten, [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/6C0A8991C0430104C1257EEA0039F608/\\$file/BDEW%20Positionspapier%20zu%20%C2%A7%204Lades%C3%A4ulenverordnung.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/6C0A8991C0430104C1257EEA0039F608/$file/BDEW%20Positionspapier%20zu%20%C2%A7%204Lades%C3%A4ulenverordnung.pdf), aufgerufen am 09.11.2015
- BEM (2016 a): Bundesverband eMobilität e.V., Förderungen im europäischen Vergleich, <http://www.bem-ev.de/forderungen-im-europaischen-vergleich/>, aufgerufen am 09.11.2015
- BEM (2016 b): Bundesverband eMobilität e.V. Ladeinfrastruktur für Elektromobilität Einsatzbereiche, Zielgruppen, Grundlagen, Produktlösungen, <http://www.bem-ev.de/ladeinfrastruktur-fur-elektromobilitat/>, aufgerufen am: 17.06.2016
- BMUB (2012): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Erneuerbar mobil, Marktfähige Lösungen für eine klimafreundliche Elektromobilität, <http://www.erneuerbar-mobil.de/de/de/mediathek/dateien/broschuere-erneuerbar-mobil-2012-dt.pdf>, aufgerufen am 22.10.2015
- BMUB (2014): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Nationale Plattform Elektromobilität, <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/nationale-plattform-elektromobilitaet/#>, aufgerufen am 26.11.2015
- BMUB (2016): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität (GGEMO), <http://www.erneuerbar-mobil.de/de/schlagwortverzeichnis/gemeinsame-geschaeftsstelle-elektromobilitaet-ggemo>, aufgerufen am 26.11.2015
- BMVI (069/2016): Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Pressemitteilung vom 18.05.2016: BMVI erstellt Förderrichtlinie zur Ladeinfrastruktur Elektrofahrzeuge, [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2016/069-dobrindt-kabinettbeschluss-elektromobilitaet.html?linkToOverview=DE%2FPresse%2FPressemitteilungen%2Fpressemitteilungen\\_node.html%23id217572](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2016/069-dobrindt-kabinettbeschluss-elektromobilitaet.html?linkToOverview=DE%2FPresse%2FPressemitteilungen%2Fpressemitteilungen_node.html%23id217572), aufgerufen am 18.05.2016
- BMWI (2015): Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Entwurf eines Gesetzes zur Digitalisierung der Energiewende“, Berlin, 2015.
- BMWI (2016 a): Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Europäische Energiepolitik, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Europaische-und-internationale-Energiepolitik/europaische-energiepolitik.html>, aufgerufen am: 12.01.2016

- BMW (2016 b): Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Pressemitteilung: „Kabinett beschließt Förderung von Elektroautos“, <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=766888.html>, aufgerufen am 18.05.2016
- BUNDESREGIERUNG (2011): Die Bundesregierung, Regierungsprogramm Elektromobilität, [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Verkehr/regierungsprogramm\\_emob\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/regierungsprogramm_emob_bf.pdf), aufgerufen am 12.01.2016
- BUNDESREGIERUNG (2016 a): Bundesregierung, Pressemitteilung: Steuervorteile und Kaufprämie beschlossen, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet.html>, aufgerufen am 18.05.2016
- BUNDESREGIERUNG (2016 b): Bundesregierung, „Entwurf eines Gesetzes zur steuerlichen Förderung von Elektromobilität im Straßenverkehr,“ Berlin, 2016.
- CHANG (2014): S. Chang, H. Li und K. Nahrstedt, „Charging Facility Planning for Electric Vehicles,“ University of Illinois, 2014.
- DB (2016 b): Deutsche Bahn, Die sieben Bahnhofskategorien, Bahnhofskategorieliste 2016 (gültig ab 01.01.2016), [http://www.deutschebahn.com/file/de/2201892/N12hm9Hwh2J6Spcc0fpTBiAnhlo/10789566/data/bahnhofs\\_kategorien.pdf](http://www.deutschebahn.com/file/de/2201892/N12hm9Hwh2J6Spcc0fpTBiAnhlo/10789566/data/bahnhofs_kategorien.pdf), aufgerufen am: 22.01.2016
- DB (2016 a): Deutsche Bahn, Die sieben Bahnhofskategorien, [http://www.deutschebahn.com/de/geschaefte/infrastruktur/bahnhof/stationsnutzung/2199698/bahnhofs\\_kategorien.html](http://www.deutschebahn.com/de/geschaefte/infrastruktur/bahnhof/stationsnutzung/2199698/bahnhofs_kategorien.html), aufgerufen am: 22.01.2016
- DESTATIS: Statistisches Bundesamt, „Diverse Statistiken“
- DESTATIS (2008): Statistisches Bundesamt; GESIS, „Mikrozensus 2008 Schlüsselerzeichnis,“ Bonn und Mannheim, 2008.
- DESTATIS 2015: Statistisches Bundesamt, 81,2 Millionen Einwohner am Jahres-ende 2014 – Bevölkerungszunahme durch hohe Zuwanderung, [https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/09/PD15\\_353\\_12411.html](https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/09/PD15_353_12411.html), aufgerufen am: 15.12.2015
- DESTATIS 2013: Statistisches Bundesamt, Feststellung des Gebietsstands Gebietsfläche (qm), [https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=15DC0A3CAD00716E3FDB41D79689714B.tomcat\\_GO\\_2\\_2?operation=abrufabelleAbrufen&selectionname=11111-0001&levelindex=0&levelid=1466091167253&index=1](https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=15DC0A3CAD00716E3FDB41D79689714B.tomcat_GO_2_2?operation=abrufabelleAbrufen&selectionname=11111-0001&levelindex=0&levelid=1466091167253&index=1), aufgerufen am: 15.12.2015
- DLR (2013): B. K. D. W. J. S. S. Propfe, „Market penetration analysis of electric vehicles in the German passenger car market towards 2030,“ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2013.
- EISEL, (2014): M. Eisel, J. Schmitdt und L. M. Kolbe, „Finding Suitable Locations for Charging Stations,“ Göttingen, 2014.
- EMOG (2015): Elektromobilitätsgesetz, <https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/emog/gesamt.pdf>, aufgerufen am: 09.11.2015
- ENERGYMAP (2016): EnergyMap, „Die Daten der EnergyMap zum Download,“ [Online]. Available: <http://www.energymap.info/download.html>, aufgerufen am: 27.04.2016
- EU (2008): Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, Europäische Union, 2008

- EU (2002): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und die Bekämpfung von Umgebungslärm, Europäische Union, 2002
- FRAUNHOFER IOSB AST (2015): Projekt „Erstellung einer Ladeinfrastrukturstrategie für Elektrofahrzeuge des Freistaats Thüringen für die Jahre 2016 – 2020“, Fraunhofer IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik IOSB-AST, Dr. Peter Bretschneider, Arbeitsgespräch vom 12.11.2015, Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
- FRAUNHOFER ISI (2013): M. P. P. K. A. G. T. Wietschel, „Markthochlaufszzenarien für Elektrofahrzeuge,“ Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, 2013.
- HERTZ (2016): 5. Hertz, „Zeitlicher Verlauf der EEG-Stromeinspeisung,“ [Online]. Available: <http://www.50hertz.com/de/EEG/Veroeffentlichung-EEG-Daten/Verlauf-EEG-Stromeinspeisung>, aufgerufen am: 26.04.2016
- IEA (2013): International Energy Agency (IEA), „Global EV Outlook – Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020,“ 201
- ILM (2015): Europäischer Fonds für regionale Entwicklung, Universität Magdeburg, Institut für Logistik und Materialflusstechnik, Anwendung der Elektromobilität in Verkehr und Logistik, 2015
- KBA: Kraftfahrt-Bundesamt, „Diverse Statistiken“
- KBA FZ8 (2015): Fahrzeugzulassungen (FZ) Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern – Monatsergebnisse Oktober 2015, [http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015\\_monatlich/FZ8/fz8\\_201510\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015_monatlich/FZ8/fz8_201510_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3), aufgerufen am 14.12.2015
- KBA FZ13 (2015): Fahrzeugzulassungen (FZ) Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen 1. Januar 2015, [http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015/fz13\\_2015\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015/fz13_2015_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3), aufgerufen am 14.12.2015
- KLEY (2012): F. Kley, „Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge – Entwicklung und Bewertung einer Ausbaustrategie auf Basis des Fahrverhaltens,“ 2012.
- LEINWEBER (2016), Leinweber, Juliane, „Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderungen von Elektromobilität und Ladeinfrastruktur – Ableitung von Förderstrategien für Thüringen“, Studienarbeit, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, 2016
- LEMNET (2015): Lemnet, Verzeichnis von Stromtankstellen für Elektrofahrzeuge, <http://www.lemnet.org/de/downloads>, aufgerufen am: 15.12.2015
- LEP 2025 (2014) Landesentwicklungsprogramm Thüringen 2025 – Thüringen im Wandel, Freistaat Thüringen, Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr, <http://apps.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1534.pdf>, aufgerufen am: 02.03.2016
- MARRA (2012a): F. Y. G. T. C. L. E. R. C. N. Y. S. Marra, Demand Profile Study of Battery Electric Vehicle under Different Charging Options, 2012
- MARRA (2012b): F. Y. G. T. C. L. E. R. C. N. Y. S. Marra, „Demand Profile Study of Battery Electric Vehicle under Different Charging Options; Proceedings of the 2012 IEEE Power & Energy Society General Meeting,“ 2012.
- MID (2008): DLR (2008): Deutsches Luft und Raumfahrtzentrum (DLR), „Mobilität in Deutschland 2008,“ 2008.
- Nørgaard (2012): P. Nørgaard und O. M. F. Camacho, „Fast Charging of EV Batteries – Tests at Syslab,“ 2012.

- NOW GMBH (2011): Now GmbH, Elektromobilität in Deutschland Praxisleitfaden, <http://www.electrive.net/wp-content/uploads/2011/12/Praxisleitfaden-Ladeinfrastruktur.pdf>, aufgerufen am 24.03.2016
- NOW GMBH (2014): NOW GmbH, Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, [https://www.now-gmbh.de/content/5-service/4-publikationen/1-begleitfor-schung/oeffentliche\\_ladeinfrastruktur\\_fuer\\_staedte\\_\\_kommunen\\_und\\_versorger.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/5-service/4-publikationen/1-begleitfor-schung/oeffentliche_ladeinfrastruktur_fuer_staedte__kommunen_und_versorger.pdf), aufgerufen am 16.02.2016
- NOW GMBH (2016): NOW GmbH, Starterset Elektromobilität, <http://starterset-elektromobilitaet.de/content/halb-%C3%B6ffentlicher-raum>, aufgerufen am 17.06.2016
- NPE (2011): Nationale Plattform Elektromobilität, Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht\\_emob\\_2.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_2.pdf), aufgerufen am 15.02.2016
- NPE (2013): Nationale Plattform Elektromobilität, Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur, <http://www.din.de/blob/97246/c0cbb8df0581d171e1dc7674941fe409/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-data.pdf>, aufgerufen am: 14.01.2016
- NPE (2014): Nationale Plattform Elektromobilität, Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin 2014
- NPE (2015): Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), „Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland – Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015,“ 2015.
- SCHOTT (2012): B. Schott, A. Püttner, T. Nieder, F. Mass, M. Rohn und J. Mey, „Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland im internationalen Vergleich und Analysen zum Stromverbrauch,“ 2012
- STROMMARKTGESETZ (2015): Bundesregierung, „Entwurf eines Gesetzes zur Weiterentwicklung des Strommarktes (Strommarktgesetz),“ Berlin, 2015
- THÜRINGER TOURISMUS GMBH (2015): Thüringer Tourismus GmbH, Regionen und Orte, <https://www.thueringen-entdecken.de/urlaub-hotel-reisen/regionen-153270.html>, aufgerufen am: 08.03.2016
- TLS (2016 a): Thüringer Landesamt für Statistik, „Ankünfte, Übernachtungen und Aufenthaltsdauer der Gäste in Beherbergungsstätten und auf Campingplätzen nach Reisegebieten – Jahresdaten in Thüringen, 2015“, <http://www.statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=Id000805%7C%7C>, aufgerufen am 01.06.2016
- TLS (2016 b): Thüringer Landesamt für Statistik, „Diverse Statistiken“
- VDA (2014): Verband der Automobilindustrie, Steuerliche Förderung Elektrofahrzeuge, <http://vda.de>, aufgerufen am 15.04.2016
- YOUNG (2013): K. W. C. W. L. Y. S. K. Young, „Electric Vehicle Battery Technologies,“ in *Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks*, Springer, 2013.