



Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V.

A close-up photograph of a silver electric car being charged at a station. A grey charging cable is plugged into the car's charging port. In the background, another charging station and green foliage are visible.

Studie zur Elektromobilität
Nutzung der mittelständischen
Tankstelleninfrastruktur für die Elektromobilität



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg



Nutzung der mittelständischen Tankstelleninfrastruktur für die Elektromobilität

Studie zur Elektromobilität

Gutachten für

MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V.
Georgenstraße 23
10117 Berlin

und

bft Bundesverband Freier Tankstellen
und Unabhängiger Deutscher Mineralölhändler e.V.
Ippendorfer Allee 1d
53127 Bonn

Berlin/Cottbus/Magdeburg, Oktober 2016

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Frank Höfler
BTU Cottbus-Senftenberg
Mobilitätsplanung
Postfach 101344
03013 Cottbus

frank.hoefler@b-tu.de

Prof. Dr.-Ing. Martin Neumann
Hochschule Magdeburg-Stendal
Technische Gebäudeausrüstung
Postfach 3655
39011 Magdeburg

martin.neumann@hs-magdeburg.de

Kurzzusammenfassung

Die Entwicklung der Elektromobilität kann nicht abschließend abgeschätzt werden. Zu erwarten ist eine hohe Bedeutung der Hybridtechnologie, so dass auch über längere Sicht der Bedarf an einer herkömmlichen Tankstelleninfrastruktur besteht. Allerdings wird durch eine zunehmende Untersetzung mit elektrisch oder hybrid-elektrisch betriebenen Fahrzeugen der Mineralölabsatz sinken.

An Verkehrsachsen in Ballungsräumen und Städten sowie entlang des Fernstraßennetzes können an Tankstellenstandorten Schnellladestationen eingerichtet werden. Nur bei entsprechender Nutzerfrequenz ist bei hohen Investitionskosten ein wirtschaftlicher Betrieb möglich.

Für die mittelständischen Tankstellen können sich Schnellladestationen zu einem neuen, ergänzenden Geschäftsmodell entwickeln, sofern die Standorte geeignet sind. Durch eine längere Aufenthaltszeit während des Ladevorgangs bieten sich angepasste Waren- und Dienstleistungsangebote zur Überbrückung an.

Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung	3
Aufgabenstellung	6
Vorbemerkung	7
1 Grundlagen und Entwicklungstendenzen	8
1.1 Mittelständische freie Tankstellen	8
1.2 Fahrzeuge	9
1.2.1 Konzepte in der Fahrzeugentwicklung	9
1.2.2 Fahrzeugzulassungen	10
1.3 Nutzung und Infrastruktur	13
1.3.1 Wegelängen und Fahrtzwecke	13
1.3.2 Nutzererwartungen	13
1.3.3 Angebot der Ladeinfrastruktur	15
1.3.4 Nutzungsprofile und Nutzungsmöglichkeiten	18
1.4 Ladetechnik	20
1.4.1 Europäische Normung	20
1.4.2 Standorte und Lademöglichkeiten	21
1.4.3 Infrastrukturkosten	23
1.4.4 Zugang und Abrechnungsverfahren	25
1.5 Weiterentwicklung und Prognose	27
1.5.1 Reichweiten	27
1.5.2 Ausbaubedarf Schnell-Ladepunkte	28
1.5.3 Entwicklungsszenarien	29
2 Nutzung mittelständischer Tankstelleninfrastruktur	32
2.1 Bedarfsgerechter Aufbau von Ladeinfrastruktur	32
2.1.1 Infrastruktur mittelständischer Tankstellen	32
2.1.2 Politische Zielstellung	34
2.1.3 Erfassung von Nutzergewohnheiten	35
2.2 Herausforderungen für die Tankstelle der Zukunft	36
2.2.1 Convenience während der Ladezeit	36
2.2.2 Anforderungen an die Tankstelle der Zukunft	39
2.3 Geschäftsmodell Tankstelle	42
2.3.1 Betrieb der Ladeinfrastruktur	42
2.3.2 Das Tesla-Modell	44

2.3.3	Weitere Geschäftsmodelle für Ladeeinrichtungen	44
3.	Ergebnisse und weiterführende Überlegungen.....	45
3.1	Folgerungen aus der Studie	45
3.1.1	Neues Denken erforderlich	45
3.1.2	Tankstellen bleiben wichtige Infrastruktur-Standorte	45
3.2	Szenarien zur Diskussion	46
	Quellenverzeichnis.....	48
	Literaturquellen	48
	Internetquellen	49
	Abkürzungsverzeichnis	52

Aufgabenstellung

Die zu erwartende zunehmende Verbreitung elektrisch antriebener Fahrzeuge sowie die Aufgabe, dazu eine entsprechende Ladeinfrastruktur bereit zu stellen, wird nicht ohne Einfluss auf die klassische Tankstelleninfrastruktur bleiben können. In einem Impulspapier [BMWi 2016a] wird postuliert, dass im Jahr 2050 der Verkehr zu hohen Anteilen mit Strom aus erneuerbaren Quellen bewältigt wird.

Im Rahmen einer Studie sollen die Einflusskomponenten aufgeführt werden. Zu untersuchen ist, in welcher Form und in welchem Umfang an (mittelständischen) Tankstellen Angebote für derartige Fahrzeuge¹ geschaffen werden können. Weiterhin sollen Perspektiven aufgezeigt werden, wie sich Tankstellen in der Zukunft dieser Entwicklung anpassen müssen bzw. inwiefern sich auch neue Angebotsmodelle daraus ableiten lassen.

In einem ersten Aufgabenteil werden die allgemeinen Grundlagen der Technologie zur Elektromobilität und der zugehörigen Infrastruktur beleuchtet. Weiterhin werden Aussagen zum Nutzerverhalten und zur aktuellen Marktentwicklung sowie zu Entwicklungsszenarien dargestellt.

Ein zweiter Aufgabenteil wird die konkreten Erfordernisse einer technischen und wirtschaftlichen Umsetzung an Tankstellen darstellen sowie die damit verbundenen Anforderungen an eine angepasste Standortausstattung definieren. Dabei werden konzeptionelle Überlegungen Aussagen dazu treffen, inwieweit eine Einbindung der bestehenden mittelständischen Tankstelleninfrastruktur der Freien Tankstellen sinnvoll ist bzw. welche Möglichkeiten zur künftigen Beteiligung an dieser technologischen Entwicklung bestehen.

Diese Studie stellt die konzeptionellen Umsetzungsvorschläge in einen Kontext mit den aktuellen bzw. künftig möglichen politischen Rahmenbedingungen. Teilweise müssen darin Annahmen getroffen werden, die einen spekulativen Charakter aufweisen und die aus heutiger Sicht nicht eindeutig belegt werden können.

¹ Die Studie beschränkt sich auf die Einbeziehung von Pkw und Kleintransportern (bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht).

Vorbemerkung

Die freie Wahl der individuellen Mobilität ist ein anerkanntes Grundbedürfnis der Gesellschaft und eine wesentliche Basis der sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung. Heute werden damit jedoch auch Fragen der gesamtgesellschaftlichen Verantwortung verbunden: Welches Ausmaß ist gesellschaftlich notwendig und noch vernünftig? Wieviel Mobilität dürfen wir uns leisten? Es sind dazu praktikable und konsensfähige Lösungen gesucht, welche die alltägliche Lebensumwelt nicht aus den Augen verlieren. Für diese und für die nachfolgenden Generationen.

Die individuelle Mobilität wird überwiegend mit der Nutzung eines Kraftfahrzeugs verbunden. Dies bedeutet bislang aber auch allgemein die Nutzung eines Antriebskonzeptes mit Verbrennungsmotor. Daraus resultierende Abgasemissionen sind als klimaschädlich eingestuft. Die Suche nach Alternativen und die Entwicklung alternativer Antriebskonzepte sind Themen, die aktuell diskutiert und vorangetrieben werden. Im Mittelpunkt der politischen Diskussion steht die Weiterentwicklung der Elektromobilität als Beitrag zur klimafreundlichen und umweltschonenden Mobilität. Sie soll im Verkehrsbereich zunehmend dauerhaft verfügbare Energie aus regenerativen Quellen nutzen.

So finden sich politische Vorgaben, dass beispielsweise im US-Bundesstaat Kalifornien², ab dem Jahr 2030 der Verkauf von Kraftfahrzeugen mit Nutzung fossiler Energieträger zu verbieten und derartige Fahrzeuge bis 2050 von den Straßen zu verbannen sind. Auch in Deutschland werden derartige Überlegungen diskutiert. Zielvorstellungen wurden formuliert, bis 2020 eine Million Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb auf deutschen Straßen zuzulassen und diesen Anteil bis 2030 kontinuierlich auf sechs Millionen zu erhöhen. Dieses Ziel soll durch Kaufanreize über eine staatliche und herstellerseitige Förderung unterstützt werden, wobei gleichzeitig Gelder bereitgestellt werden sollen, um eine zugehörige Infrastruktur für derartige Fahrzeuge aufzubauen. Eine entsprechende Regelung für Fahrzeuge, die extern über das Stromnetz aufgeladen werden können, wurde im Mai 2016 von der Bundesregierung³ unter Beteiligung der Fahrzeugindustrie beschlossen. Dazu stehen Bundesmittel (600 Mio. € bis 2019) und eine entsprechende finanzielle Beteiligung der Fahrzeugindustrie als Kaufanreiz für Neuzulassungen zur Verfügung. Darin wird ein politisches Zeichen gesehen, diesen Antriebskonzepten in den kommenden Jahren zu einer höheren Verbreitung zu verhelfen, zumal weitere Investitionen in die Ladeinfrastruktur (300 Mio. €) ergänzend vorgesehen sind und Nutzer elektrisch betriebener Fahrzeuge zusätzlich einige Bevorrechtigungen im Straßenverkehr erhalten sollen.

² Zero-Emission-Programm des Californian Air Resources Board CARB.

³ Kaufprämie für Elektroautos und Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge (Elektromobilitätsgesetz – EmoG).

1 Grundlagen und Entwicklungstendenzen

1.1 Mittelständische freie Tankstellen

Die Versorgung mit dem erforderlichen Treibstoff wird für den Kraftfahrzeugverkehr mit konventioneller Antriebstechnik durch das dichte Netz der Tankstellen flächendeckend gewährleistet. Aktuell beläuft sich die Anzahl der Straßentankstellen auf 14.176 Stationen sowie auf weitere 355 Autobahntankstellen. Neben den Konzerntankstellen sind auf dem Markt auch 2.425 konzernungebundene Tankstellen vertreten, die dem Bundesverband Freier Tankstellen (bft) angeschlossen sind und insgesamt einen Anteil von etwa 15 % am Tankstellenmarkt aufweisen. Diese freien Tankstellen werden von Mittelstandsunternehmen betrieben und erzielen ihre Wertschöpfung im Bereich des Handels mit Kraftstoffen und Convenienceprodukten sowie mit Dienstleistungen rund um das Kraftfahrzeug.

Die mittelständischen freien Tankstellen sind insbesondere für Privatkunden und für das regional tätige Gewerbe durch ihre meist günstigeren Kraftstoffpreise gegenüber den Markentankstellen interessant. Sie bilden damit einen wichtigen Bestandteil im Tankstellennetz. Ihr Marktanteil bleibt unter den heutigen Randbedingungen erhalten. Teilweise können die freien Tankstellen von der Konsolidierung der Markentankstellen profitieren, indem sie Standorte von diesen übernehmen und damit auch regional Marktanteile hinzugewinnen. Dabei handelt es sich allerdings meist um umsatzschwächere und kleinere Standorte.

Die flächendeckende Ausrichtung des Tankstellennetzes in Deutschland spiegelt sich auch in der Verteilung der freien Tankstellen wider. Die Standorte finden sich an Autobahnraststätten, in Autobahnnähe an Autohöfen und an städtischen Hauptverkehrsachsen. Als besonderes Merkmal können aber auch Standorte gesehen werden im eher peripheren oder ländlichen Raum, aus dem sich Markentankstellen zunehmend zurückziehen.

Das Shop-Geschäft ergänzt den Verkauf von Kraftstoffen und gehört mittlerweile zu den wichtigsten Umsatzquellen einer Tankstelle. Der Shop-Umsatz zeigt einen anwachsenden Trend. Die Einkaufsmöglichkeit an Tankstellen wird durch ein verändertes Mobilitätsverhalten bei zunehmender Shop-Attraktivität und der fast durchgängigen Öffnungszeiten an verkehrsgünstigen Standorten für viele Konsumenten interessant. Damit wird bei Nutzung der Zubringerfunktion des Kraftstoffgeschäfts die Optimierung des Shop-Geschäfts mit integrierten Gastronomie- und Servicekonzepten zur wichtigen strategischen Herausforderung, um die Tankstellen mit attraktiven Einkaufsbedingungen und Dienstleistungen von anderen Absatzkanälen abzuheben. Ein eigenverantwortliches Shop-Geschäft ermöglicht mittelständischen Unternehmen eine entsprechende unabhängige Strukturierung.

1.2 Fahrzeuge

1.2.1 Konzepte in der Fahrzeugentwicklung

Die Entwicklung der Elektromobilität im Kraftfahrzeugverkehr lässt sich in vier Konzepte⁴ einteilen, die sich hinsichtlich der Umsetzungstiefe unterscheiden:

- Hybridfahrzeuge (HEV – Hybrid Electric Vehicle) verbinden den herkömmlichen Verbrennungsmotor als Hauptantrieb mit einem ergänzenden Elektromotor (Leistung ca. 30 kW), der seine Energie aus einer Batterie (Kapazität ca. 1,5 kWh) bezieht, die während der Fahrt nachgeladen wird. Der elektrische Antriebsteil unterstützt den Verbrennungsmotor in Beschleunigungsphasen (erhöhtes Drehmoment) und Lastspitzen und übernimmt teilweise Antriebsaufgaben im Stadtverkehr (stop-and-go). Ausschließlich elektrisches Fahren ist nicht vorgesehen bzw. nur über kurze Strecken möglich. Eine externe Ladeinfrastruktur ist nicht erforderlich, ein Ladeanschluss ist nicht integriert. Die Nutzung der elektrischen Komponente dient der Verbrauchs- und Emissionsreduzierung (CO₂-Einsparung). Gegenüber einem Fahrzeug mit Ottomotor wird eine Kraftstoffeinsparung von etwa 30 % erwartet.
- Plug-In Hybridfahrzeuge (PHEV – Plug-In Hybrid Electric Vehicle) verfügen darüber hinaus über einen externen Stromanschluss, über den auch im Stillstand die Batterie an einer Ladestation aufgeladen werden kann. Gegenüber einem Hybridfahrzeug (HEV) weisen diese Fahrzeuge einen stärkeren elektrischen Antriebsteil (etwa 50 bis 60 kW, teilweise zwei Elektromotoren) und eine Batterie mit deutlich höherer Kapazität (etwa 10 kWh) auf. Ein rein elektrisches Fahren ist optional möglich, bei einer realen Reichweite von 50 bis 80 Kilometer. Die Fahrzeuge können im Fahrmodus mit Verbrennungsmotor auch unabhängig von einer Ladeinfrastruktur betrieben werden. Auch hier dient die Nutzung der elektrischen Komponente der Verbrauchs- und Emissionsreduzierung (CO₂-Einsparung). Gegenüber einem Fahrzeug mit Ottomotor wird eine Kraftstoffeinsparung von etwa 80 % erwartet.
- Elektrisch angetriebene Fahrzeuge mit Range Extender (REEV – Range Extended Electric Vehicle) nutzen einen Verbrennungsmotor mit Generator zum Nachladen der Batterie. Der kleine Verbrennungsmotor (Leistung 15 - 20 kW) wird nicht zum Antrieb genutzt, ermöglicht aber im Betrieb als Generator auch weiterhin Fahrten mit minimalem Ladestand. Die Reichweiten (bis 300 km) entsprechen den BEV, da in dieser Betriebsart allgemein Batterien mit reduzierter Kapazität (bis etwa 20 kWh) verwendet werden und der Kraftstofftankinhalt (unter 10 Liter) bewusst reduziert⁵ ist. Der Kraftstoffverbrauch liegt allgemein unter 1 l/100 km.
- Rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV – Battery Electric Vehicle) weisen keinen Verbrennungsmotor auf. Die Energie wird ausschließlich der mitgeführten Batterie (Lithium-Polymer-Akkus, Leistung etwa 20 - 30 (60 - 90) kWh) entnommen, die während der Fahrt nachgeladen bzw. im Stillstand an einer Ladestation

⁴ Die Bezeichnungen werden auf Grundlage des IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 54, No. 3, May 2005 verwendet.

⁵ In den USA als wichtigem Absatzmarkt werden Vergünstigungen nur gewährt, wenn die rein elektrische Reichweite über der Reichweite mit Ausnutzung des Kraftstofftanks liegt.

aufgeladen wird. Die Reichweite ist stark abhängig vom Nutzerverhalten und der Streckencharakteristik sowie von der eingebauten Batteriekapazität. Sie erreicht aktuell reale Werte von 150 - 300 (bis 500) Kilometer⁶. Das verbaute große Akku-Paket erhöht das Fahrzeuggewicht gegenüber der klassischen Antriebstechnik deutlich um etwa 250 - 300 kg.

1.2.2 Fahrzeugzulassungen

Zum 01. Januar 2016 waren in Deutschland insgesamt 61,5 Millionen Kraftfahrzeuge zugelassen, davon über 45 Millionen Pkw. Dabei sind die Anteile der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben (Gas, Elektro und Hybrid, Wasserstoff, Brennstoffzelle) mit lediglich 0,3 % am Gesamtbestand äußerst gering. Insgesamt sind mit Bezug zur Elektromobilität nur 25.502 Elektrofahrzeuge (BEV und REEV) und 130.365 Hybrid-Fahrzeuge (HEV und PHEV) auf deutschen Straßen zugelassen (Stand: 01.01.2016) [KBA 2016]. Dies entspricht einem Anteil von etwa 0,35 %, bezogen auf den Pkw-Bestand. Für elektrisch betriebene Pkw nach der Definition des Elektromobilitätsgesetzes EmoG (BEV, REEV, PHEV) liegt der Bestand bei 55.250 Einheiten, was somit etwa 0,12 % entspricht [ZSW 2016].

Weltweit sind insgesamt etwa 1.300.000 elektrisch betriebene Pkw (BEV, REEV, PHEV) in Betrieb. Die global beliebtesten Fahrzeuge sind der Nissan Leaf (BEV, 193.000 Einheiten), der Tesla Model S (BEV, 98.000 Einheiten), der Chevrolet Volt (PHEV, 95.000 Einheiten), der Mitsubishi Outlander (PHEV, 85.000 Einheiten) und der Toyota Prius (PHEV, 70.000 Einheiten). Als deutscher Hersteller erreicht BMW mit dem Modell BMW i3 (BEV und REEV) immerhin einen Bestand von 36.550 Einheiten. Eine internationale Vorreiterrolle nimmt Norwegen mit einem Anteil von etwa 3 % (79.000 Einheiten) an allen zugelassenen Pkw ein, jede fünfte Neuzulassung in 2015 war dort ein Elektrofahrzeug [ZSW 2016].

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland über die letzten Jahre wird dagegen die aktuell noch geringe Bereitschaft zum Kauf eines Elektro- oder Hybridfahrzeugs deutlich.

Neuzulassungen von Pkw in Deutschland			
	Gesamt	BEV und REEV ⁷	HEV und PHEV ⁸
2015	3,21 Mio.	12.363	33.630
2014	3,04 Mio.	8.522	27.435
2013	2,95 Mio.	6.051	26.348
2012	3,08 Mio.	2.956	21.438
2011	3,17 Mio.	2.154	12.622

Quelle: [KBA 2016]

⁶ Werte in Klammern (...) für Tesla/Audi/Byd mit Kaufpreisen über 60.000 € (keine Förderung nach EmoG).

⁷ In der Zulassungsstatistik werden BEV und REEV nicht getrennt ausgewiesen.

⁸ In der Zulassungsstatistik werden HEV und PHEV erst seit 2013 getrennt ausgewiesen. Aktuell liegt der Anteil PHEV etwa bei einem Drittel aller Hybridfahrzeuge (2015: 11.101 Neuzulassungen).

Sind den aus der Tabelle zu entnehmenden Neuzulassungen noch deutliche Steigerungen für Elektrofahrzeuge gegenüber dem Vorjahr festzustellen, so zeigt die Entwicklung für die ersten Monate in 2016 bei BEV/REEV (Januar [- 27,6 %] bis Juli [- 18,4 %]) einen starken prozentualen Rückgang. Dagegen weist die Gruppe der Hybridfahrzeuge (insbesondere HEV) weiterhin hohe Steigerungsraten auf (Januar [+ 48,7 %] bis Juli [+ 26,8 %])⁹. Ältere Analysen hatten dagegen für Neuzulassungen eine wesentlich steilere Entwicklung vorausgesagt. So sollte der Marktanteil bei neu zugelassenen Fahrzeugen mit alternativen (elektrischen) Antrieben bereits 2015 auf 12 % (370.000 Einheiten) ansteigen und 2020 bei 23 % (671.000 Einheiten) liegen [Eurotax 2010]. Interessant und übertragbar ist jedoch ein weiteres Ergebnis der Studie, worin festgestellt wird, dass für Fahrzeuge, die darauf ausgelegt sind, längere Strecken pro Tag zu bewältigen, eher Hybridantriebe nachgefragt sind, da diese Kombination aus Elektro- und Verbrennungsmotor eine größere Reichweite erlaube. Mit zunehmender Größe und Preisklasse der Fahrzeuge verschiebe sich auch der Antrieb vom rein elektrischen Antrieb zum Hybridantrieb.

Bemerkenswert ist die Aufteilung der Haltergruppen. Für die Neuzulassungen in 2015 entfallen nur 19,2 % der BEV/REEV auf private Halter, entsprechend 80,8 % auf gewerbliche Halter (dabei sind 43,5 % der Fahrzeuge auf den Kfz-Handel zugelassen). Für Hybridfahrzeuge beträgt die Aufteilung 28,3 % zu 71,6 % (PHEV: 11,8 % zu 88,1 %).

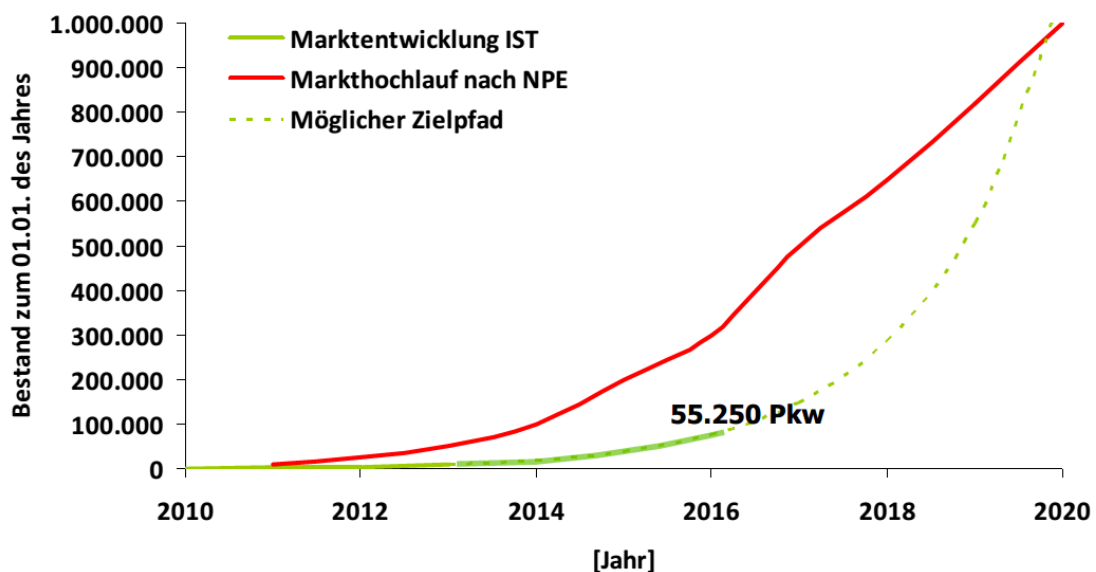


Abb. 1: Marktentwicklung der E-Mobilität in Deutschland [nach: ZSW 2013]

Vergleicht man die aktuelle Entwicklung mit der ursprünglich anvisierten Markthochlaufkurve der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) [NPE 2011], die das formulierte politische Ziel von einer Million Elektrofahrzeuge bis 2020 [BMVI 2009] aufzeigt, so kann man erkennen, dass die Bestandszahlen heute noch deutlich unter diesem Pfad liegen (Abb.1). Die bereits recht hohen prozentualen Zuwachsraten im Marktwachstum der letzten Jahre müssen auf der Grundlage der geringen absoluten Zahlen bewertet werden. Für die Ziel-

⁹ Die prozentualen Veränderungen beziehen sich jeweils auf den Vorjahreswert. Im ersten Halbjahr 2016 wurden 4.357 BEV/REEV und 20.635 HEV/PHEV zugelassen [KBA 2016].

Erreichung der ursprünglichen Marke ist eine Steigerung auf eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von mehr als 100 % notwendig. Dies entspricht der gestrichelten Kurve. Dabei passt der in 2016 erreichte Bestand noch sehr gut in den Kurvenverlauf.

Die geringen Neuzulassungen der Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb (BEV/REEV) verteilen sich in Deutschland auf wenige Modellreihen. Nur von wenigen Herstellern ist überhaupt ein Elektrofahrzeug im Angebot. Nennenswerte Zulassungen weisen in 2015 die Modelle Kia Soul (3.839), Renault Zoe (1.787), Tesla Model S (1.582), VW Golf (1.092), BMW i3 (1.051) und Nissan Leaf (948) auf.

Auch für Hybridfahrzeuge bleibt das Angebot überschaubar. Höhere Zulassungszahlen (in 2015) verteilen sich wiederum auf wenige Hersteller, wie Audi (2.076), BMW (1.942), Citroen (1.680), Lexus (1.415), Mercedes (2.177), Mitsubishi (2.137), Peugeot (2.773), Toyota (14.065) und VW (3.149). Auffallend hoch ist in Deutschland der Marktanteil für Toyota, wobei es sich hier um Hybridfahrzeuge (Auris, Yaris und Prius) wie auch um eine Plug-In Hybrid-Variante (Prius) handelt.

Der durchschnittliche Kaufpreis für ein Neufahrzeug lag 2015 bei 28.590 € und zeigt damit eine moderat zunehmende Tendenz über die vergangenen Jahre (+10 % gegenüber 2010). Die Kaufpreisklassen verteilen sich dabei prozentual gemäß nachfolgender Tabelle mit einer Tendenz gegenüber den Vorjahren.

unter 15.000 €	15.000-25.000 €	25.000-35.000 €	über 35.000 €
19 % →	26 % ↘	26 % →	29 % ↗

Dabei ziehen derzeit lediglich 22 % aller Neuwagenkäufer bei freier Wahl ein Fahrzeug mit elektrischen Antriebskonzepten (zu 2/3 als HEV oder PHEV) überhaupt in Betracht, wobei etwa 75 % aller Käufer sich bereits zu dieser Antriebstechnik informiert haben. Müssten die Deutschen dagegen einen alternativ angetriebenen Pkw kaufen, würde die Mehrheit (41 %) ein klassisches Hybridauto (HEV) wählen. Noch 24 % würden sich für einen Plug-In-Hybriden (PHEV) entscheiden, der sich auch an der Haushaltssteckdose aufladen lässt. Ein reines Batterie-Elektroauto (BEV) ist lediglich für 22 % eine Alternative. Die verbleibenden 13 % entfallen auf Fahrzeuge mit Range-Extender (REEV) [DAT 2016]. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb sehen 71 % der Kaufinteressenten den hohen Anschaffungspreis als Kaufhindernis [Auto 2016].

Als Ursachen, weshalb Elektrofahrzeuge bislang auf eher verhaltenes Kaufinteresse stoßen, benennt beispielsweise der Vorstandsvorsitzende der Volkswagen AG, Matthias Müller, die fehlende Reichweite, die unzureichende Ladeinfrastruktur und die hohen Anschaffungskosten [BZ 2016].

Der Anteil der Pkw in Deutschland mit elektrischen Antriebskomponenten liegt derzeit bei 0,35 % aller zugelassenen Pkw. Bei den Neuzulassungen dominieren Hybridfahrzeuge. Die aktuellen Bestandszahlen erreichen bei weitem nicht die ursprünglich angestrebten Jahreswerte, um die politische Zielstellung von 1 Mio. Fahrzeugen bis 2020 absehbar zu erreichen.

1.3 Nutzung und Infrastruktur

1.3.1 Wegelängen und Fahrtzwecke

Die Nutzung eines Kraftfahrzeugs ist abhängig vom jeweiligen Fahrtzweck und eine Teilmenge der gesamten täglichen Mobilität mobiler Personen. Einige Kennzahlen sind der Literatur zu entnehmen ([ADAC 2010], [KBA 2015], [MOP 2014]):

- An einem Tag werden etwa 3,4 - 3,6 Wege zurückgelegt, davon entfallen 58 % auf Wege im motorisierten Individualverkehr (MIV), wobei sowohl Wege als Fahrer sowie als Mitfahrer berücksichtigt werden.
- Die mittlere Wegelänge beträgt 11,5 km über alle Verkehrsarten. Im MIV liegt die Wegelänge bei 14,7 km (als Fahrer) bis 18,3 km (als Mitfahrer). Die gesamte mittlere Wegeleistung summiert sich zu 41 km/Tag, wobei die tägliche Wegeleistung mit einem Anteil von 97 % einen Wert von 50 km nicht übersteigt.
- Der überwiegende Teil aller Wege ist privat veranlasst (Anteil 2/3), davon etwa die Hälfte durch Freizeitaktivitäten. Bedingt durch Arbeit, dienstliche Aufgaben und Ausbildung verbleibt der übrige 1/3-Anteil. Für Wege zur Arbeit werden 18 km zurückgelegt, dienstliche Wege erreichen 21 km.

Diese Aufteilung der Wege bestätigt der aktuelle DAT-Report [DAT 2016] auch in Bezug auf die Fahrleistung. Demnach werden 60 % (8.610 km) aus rein privater Veranlassung (Urlaub, Einkauf, Freizeit) zurückgelegt, zu 33 % (4.736 km) wird das Fahrzeug für Fahrten zum Arbeitsplatz genutzt und lediglich 7 % (1.005 km) entfallen auf rein geschäftliche Fahrten. Die Jahresfahrleistung eines Pkw liegt für das Jahr 2015 im Durchschnitt bei 14.350 km und ist damit tendenziell leicht sinkend. Die Halter der Pkw bilden zu 86 % Privatpersonen und zu 14 % Selbständige und Firmeninhaber. Unter einem „Weg“ ist dabei zu verstehen, dass sich eine Person zu Fuß oder mit anderen Verkehrsmitteln von einem Ort zu einem anderen Ort bewegt. Hin- und Rückweg werden dabei als zwei Wege gezählt. Die Wegezwecke werden zu sieben wesentlichen Zwecken zusammengefasst: Arbeit (Wege zur Arbeitsstätte), dienstlich/geschäftlich (Wege während der Arbeitszeit), Ausbildung, Einkauf, Erledigung, Freizeit, Begleitung (durch eine andere Person veranlasst).

Zu einem sehr hohen Anteil werden über einen Tag nur kurze Wege mit dem Pkw zurückgelegt. Auch die Gesamtfahrleistung bleibt mit 97 % unter 50 km/Tag, woraus sich im alltäglichen Fahrtablauf regelmäßige Einsatzbereiche für Elektrofahrzeuge (BEV und PHEV) ableiten lassen.

1.3.2 Nutzererwartungen

Der Straßenverkehr hat mit 91 % den höchsten Anteil am Mineralölverbrauch im Verkehrssektor. Benzin und zunehmend Diesel sind die verbreiteten Kraftstoffe. Obwohl der Pkw-Bestand weiter angestiegen ist, ist die Zahl der Tankstellen zurückgegangen. Während die Zahl der Straßentankstellen deutlich gesunken ist (2015: 14.209, 1991: 19.013 [ADAC 2016]), ist diese an Autobahnen (2015: 355) geringfügig gestiegen. Die Versorgung

ist weiterhin flächendeckend gesichert, auch weil die Reichweite der Pkw mit einer Tankfüllung gestiegen ist. Der spezifische Kraftstoffverbrauch liegt bei 7,8 l/100 km (Benzin) bzw. 6,6 l/100 km (Diesel)¹⁰. Somit sind Versorgungsprobleme auch auf Langstrecken für den Nutzer nicht wahrnehmbar.

Um die Elektromobilität in Deutschland erfolgreich zu positionieren, muss sich diese durch eine hohe Attraktivität für den Nutzer auszeichnen. Dies ist nur in einer abgestimmten Handlung zwischen den politischen Akteuren, den Herstellern von Fahrzeugen und den Betreibern und Investoren der Ladeinfrastruktur möglich. Die vorhandene Ladeinfrastruktur ist noch sehr heterogen und bei einem beschleunigten Hochlauf auf die Zielmarke von einer Million Fahrzeuge bis 2020 im öffentlich zugänglichen Bereich ohne zusätzliche Förderung absehbar nicht ausreichend. Langstreckenfahrten sind reichweitenbedingt nur eingeschränkt möglich und mit hohem Zeitaufwand für Ladevorgänge verbunden.

Für den Nutzer und Kunden ist die einfache Nutzung und Bezahlung sowie der ungehinderte Zugang zur Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum bedeutsam. Dabei werden technische Details aus Kundensicht nachrangig, so z.B. ob ein Elektrofahrzeug an einer AC- oder DC-Ladesäule geladen wird¹¹, wenn die Dauer eines Ladevorgangs den Erwartungen entspricht und eine einfache Handhabung gewährleistet ist [TUB 2015]. Die bestehenden Alternativen zur Aufladung stellen sich aus Nutzersicht in der alltäglichen Anwendung wie folgt dar:

- zu Hause vor oder nach einer Fahrt,
- am Standort des Arbeitsplatzes,
- an einem Zielort, jeweils mit kurzer oder langer Verweilzeit sowie
- das Schnellladen unterwegs auf längeren Fahrstrecken.

Gerade der letztgenannte Anwendungsfall erfordert eine hohe installierte Ladeleistung und damit für den Betreiber einen hohen Aufwand zur Bereitstellung. Diese Lademöglichkeit unterwegs mit geringem Zeitaufwand ermöglicht bei flächendeckender Verfügbarkeit auch spontane Fahrten ohne spezielle Routenplanung. Erst daraus resultiert ein Sicherheitsgefühl bezüglich Versorgung und Reichweite, wie es im konventionellen Fahrzeugbetrieb üblich ist [e-Mobil BW 2015].

Der Nutzer erwartet eine einfache Handhabung und Bezahlung sowie den ungehinderten Zugang zur Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum. Akzeptierte Ladezeiten hängen von der Verweilzeit an einem Zielort ab. Langstreckenfahrten sind mit reinen Elektrofahrzeugen (BEV) nur eingeschränkt möglich und derzeit nur mit einer sorgfältigen Vorausplanung der Wegstrecken realisierbar.

¹⁰ Vergleichswerte aus 1990: 9,0 l/100 km (Benzin) bzw. 7,1 l/100 km (Diesel).

¹¹ Derzeit sind durch international nicht koordinierte Entwicklungen der Fahrzeugindustrie das Combined Charging System (CCS) für Gleich- und Wechselstrom, CHAdeMO für Gleichstrom und IEC Typ-2 für Gleich- und Wechselstrom üblich.

1.3.3 Angebot der Ladeinfrastruktur

Der lückenhafte Netzausbau der öffentlich zugänglichen Ladepunkte und der teils zeitintensive Ladevorgang durch fehlende Schnellladestationen macht reine Elektrofahrzeuge derzeit nur eingeschränkt alltagstauglich. Es fehlt nicht nur im ländlichen Raum flächendeckend an Ladestationen (vgl. Abb.2), sondern auch in den Metropolen und Ballungsräumen, in denen die Ladeinfrastruktur noch einen sehr unterschiedlichen Ausbaustandard aufweist (vgl. Abb.3). Das betrifft öffentliche Plätze und Einrichtungen genauso wie privat

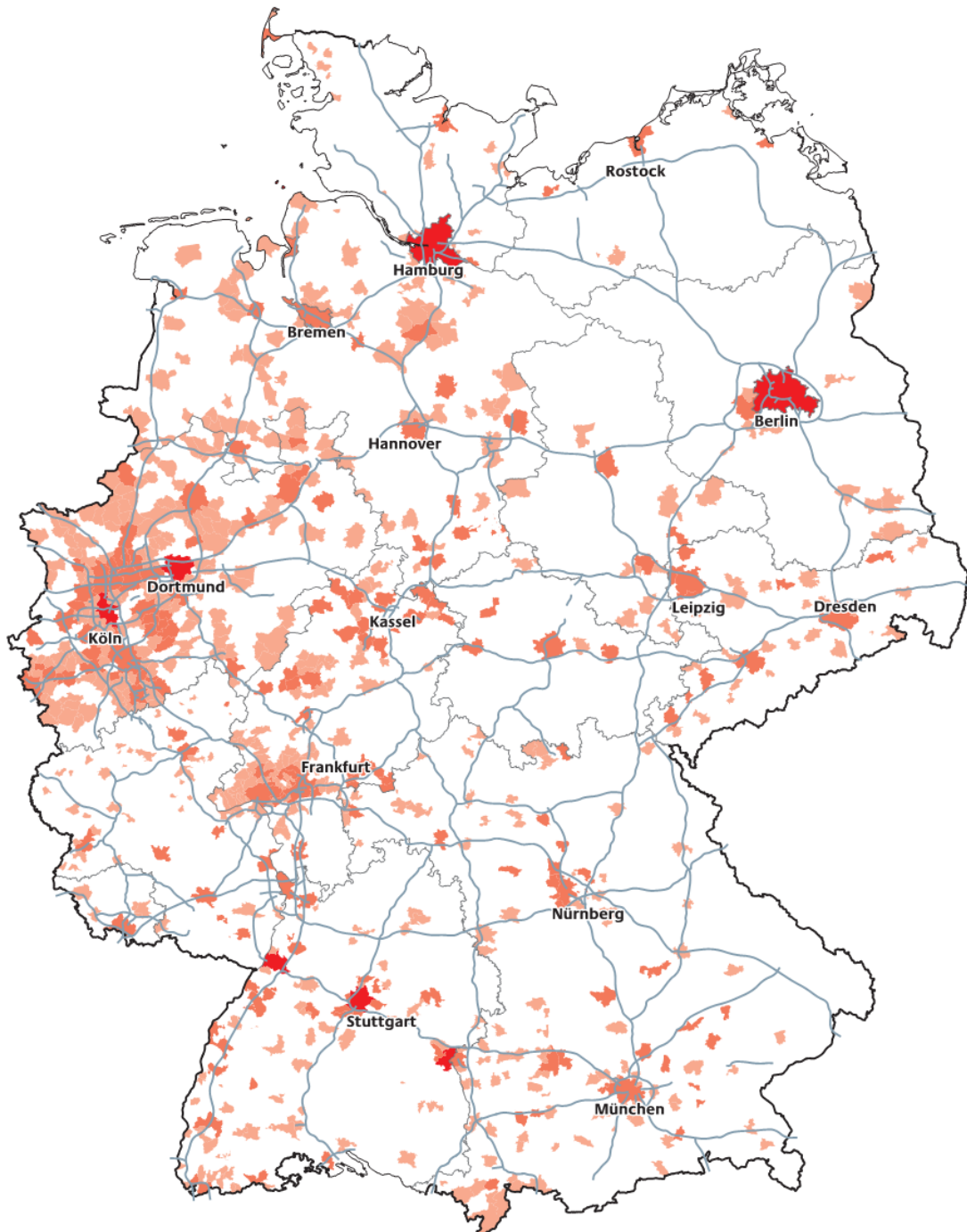


Abb. 2: Dichte und geographische Verteilung von Ladepunkten [BDEW 2016]

oder gewerblich genutzte Objekte. Zwar steigt die theoretische Reichweite der Elektrofahrzeuge stetig an, dennoch wird weiterhin die Ausdauer der Fahrzeugbatterie als nicht ausreichend gesehen. Dabei bemängeln Nutzer vor allem die geringe reale Reichweite [Auto 2016]. Aus einer Mobilitätsstudie für Deutschland, Österreich und die Schweiz ergibt sich ebenfalls die Reichweitenproblematik als größtes Hindernis zur Verbreitung der Elektromobilität, so dass sich Potenziale für diese Fahrzeugtechnik derzeit weitgehend auf den Zweitwagenmarkt und den Kurzstreckenbereich bzw. Stadtverkehr beschränken.

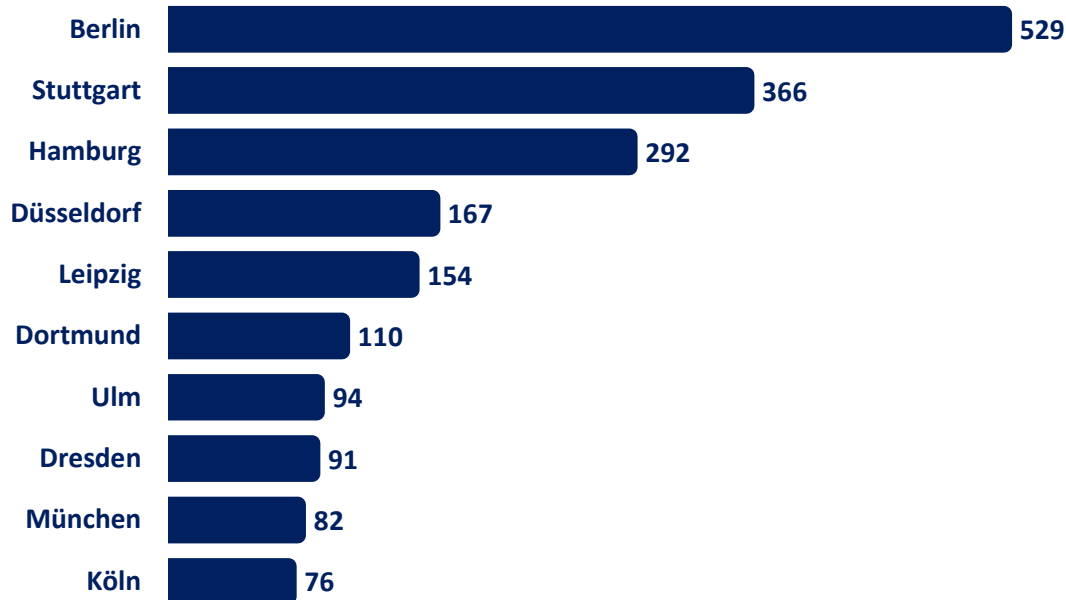


Abb. 3: Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte (Stand Juni 2016) [BDEW 2016]

Nur eine bedeutsame Weiterentwicklung der Batterietechnik ließe Elektromodelle gegenüber herkömmlich betriebenen Fahrzeugen an Attraktivität gewinnen [eMobilServer 2016].

Nach einer Erhebung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft [BDEW 2016] meldeten 348 Unternehmen zum Jahresende 2015 den Betrieb von 2.567 Ladestationen mit insgesamt 5.836 Ladepunkten¹². In mehr als 900 Städten und Gemeinden steht mindestens ein öffentlich zugänglicher Ladepunkt zur Verfügung. In 13 Städten finden die Nutzer jeweils mehr als 60 Ladepunkte, Spitzenreiter sind dabei Berlin (529), Stuttgart (366) und Hamburg (292). Nordrhein-Westfalen ist das Bundesland mit den insgesamt meisten öffentlichen Ladepunkten (1.335), gefolgt von Baden-Württemberg (1.182) und Bayern (937). Damit ist zwar in vielen Regionen eine gute Zugänglichkeit zu Lademöglichkeiten für die 59.951 Elektrofahrzeuge (BEV, REEV, PHEV) gegeben, jedoch sind davon nur 230 Ladepunkte schnellladefähig (DC-Ladesäule mit 50 kW Ladeleistung) und somit ohne längeren Aufenthalt im Bereich der Ladestation nutzbar.

Nur wenige Ladepunkte sind derzeit dem Tankstellennetz (Anteil 1,8 %) zugeordnet. Sie sind vor allem an Parkplätzen und Parkhäusern, an Autohäusern und an Unternehmens-

¹² Stand Juni 2016: 6.517 öffentlich zugängliche Ladepunkte.

standorten zu finden. Zunehmend werden auch Handelsunternehmen (z.B. IKEA, Aldi) aktiv und bieten Lademöglichkeiten auf ihren Kundenparkplätzen an. Ein weiterer Schwerpunkt zeichnet sich für Standorte im öffentlichen Straßenraum ab. Insgesamt zeigt sich, dass es keinen exklusiven Anbieterkreis gibt und dass das Tankstellennetz derzeit noch nicht als wichtiger Zielpunkt wahrgenommen werden kann (vgl. Abb.4).

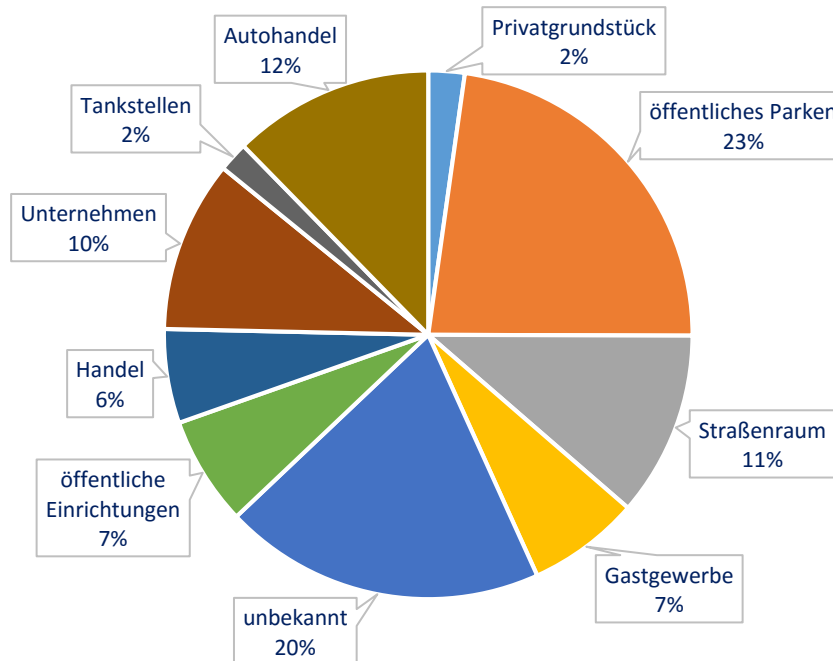


Abb. 4: Standorte der Ladestationen in Deutschland (Werte gerundet) [Chargemap 2016]

Soll während einer Fahrt eine öffentliche bzw. für einen begrenzten Nutzerkreis zugängliche Ladestation aufgesucht werden, sind die Ladepunkte in die Fahrzeugnavigationssysteme bereits herstellereitig integrierbar. Darüber hinaus ist eine Routenwahl unter Einbeziehung der aktuellen Reichweite und der verfügbaren Ladepunkte realisiert. Damit ist zwar die Versorgungssicherheit in ausreichend versorgten Räumen darstellbar, diese wird jedoch mit Umwegfahrten und einer schwer kalkulierbaren Reisedauer erkauft. Eine vergleichbare Alternative bieten Smartphone-Apps, die eine Standortsuche ermöglichen und Informationen zu Ladeleistung und zur aktuellen Belegung liefern.

Die Verteilung der verfügbaren öffentlichen Ladestationen in Deutschland weist darauf hin, dass eine flächendeckende Versorgung gegenwärtig nicht gewährleistet ist. Den relativ gut versorgten Verdichtungsräumen stehen große Versorgungslücken in ländlichen und peripheren Räumen gegenüber. Selbst entlang der Kfz-Haupttrouten (Autobahnnetz) sind die Lademöglichkeiten lückenhaft. Es besteht insbesondere ein eklatanter Mangel an Schnellladestationen, die für eine freizügige Nutzung der Elektrofahrzeuge (BEV) auch auf längeren Strecken notwendig ist. Tankstellen spielen derzeit als Standorte der Ladeinfrastruktur nur eine untergeordnete Rolle.

1.3.4 Nutzungsprofile und Nutzungsmöglichkeiten

Das Elektrofahrzeug ist somit als reines Batteriefahrzeug (BEV) auf alltägliche Fahrtbedürfnisse im Kurzstreckenbereich beschränkt¹³. Soweit es sich dabei nicht um ein Zweit- oder Drittfahrzeug im Haushalt handelt, lässt sich die Akzeptanz u.U. durch ergänzende Angebote zur zeitweisen Nutzung eines Fahrzeugs mit klassischer Antriebstechnik erhöhen¹⁴. Dies beinhaltet möglicherweise deutliche Veränderungen im Nutzerverhalten, indem ein Hauptfahrzeug nicht zur Erledigung aller anfallenden Aufgaben angeschafft wird und stattdessen bei entsprechendem Bedarf auf Car-Sharing Angebote zurückgegriffen wird.

Problematisch bleibt somit vor allem vor Fahrtbeginn die zuverlässige Abschätzung der realen Reichweite¹⁵ für den Nutzer, da sich Fahrtstrecke, Topografie und äußere Einflüsse (Außentemperatur) direkt auf die Restreichweite auswirken. Im Stadtverkehr liegt der durchschnittliche Stromverbrauch bei etwa 15 - 20 kWh je 100 Kilometer. Hier kann die Fahrzeugbatterie durch Rekuperation bei häufigen Verzögerungen nachgeladen werden. Gerade der Stop-and-Go-Verkehr in Städten wirkt sich dadurch günstig auf den Energieverbrauch aus, so dass sich daraus folgern lässt, dass sich Elektrofahrzeuge gut für den Stadtverkehr eignen. Auf Autobahnfahrten mit höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten (Richtgeschwindigkeit 130 km/h) und konstanter Fahrweise erreicht der Stromverbrauch dagegen Werte um 30 kWh/100 km. Die übliche NEFZ-Angabe des Herstellers (Neuer Europäischer Fahrzyklus) wird im realen Betrieb auf einem Streckenmix deutlich überschritten (die Differenzen liegen fahrzeugspezifisch bei 20 - 50 %). Dadurch ergeben sich über eine Fahrt ermittelte Verbrauchswerte um 20 - 25 kWh/100 km. Zusätzlich sind noch regelmäßig Ladeverluste zu berücksichtigen, die sich aus der Akkutemperatur, dem Ladekabelwiderstand und dem bevorzugten Ladeverfahren¹⁶ ergeben. Die daraus resultierenden Ladeverluste betragen für Elektroautos zwischen 10 und 30 % [SZ 2015].

In einer Beispielrechnung¹⁷ lassen sich die reinen Energiekosten für den Nutzer zu 6,96 €/100 km abschätzen, was bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor einem Kraftstoffverbrauch von 6,3 l/100 km (Diesel) bzw. 5,4 l/100 km (Benzin) entsprechen würde.

Verbrauchswert	20 kWh/100 km			
+ Ladeverluste (20 %)	4 kWh/100 km			
	↓			
Gesamtenergiebedarf	24 kWh/100 km	→	Energiekosten 0,29 €/kWh	→
				Fahrtkosten 6,96 €/100 km
				↓
			1,10 €/l Diesel	→
			1,30 €/l Super E10	→
				6,3 l/100 km
				5,4 l/100 km

¹³ Vgl. dazu Abschnitt 1.3.1: Die tägliche Wegeleistung liegt mit einem Anteil von 97 % unter 50 km.

¹⁴ Den Käufern eines Elektrofahrzeugs wird von mehreren Autoherstellern die Möglichkeit eingeräumt, für Langstreckenfahrten ein Fahrzeug mit klassischer Antriebstechnik vergünstigt oder kostenfrei zu nutzen.

¹⁵ Die Reichweite ergibt sich aus dem tatsächlichen Stromverbrauch (in kWh/100 km) unter realen Bedingungen und der vorhandenen Batteriekapazität (in kWh) bei 80 % SOC (State of Charge).

¹⁶ Eine Schnellladung verursacht einen höheren Verlust als eine mehrstündige Normalladung.

¹⁷ Realitätsbezogene Annahmen zur Berechnungsgrundlage: Verbrauchswert E-Fahrzeug 20 kWh/100 km zzgl. 20 % Ladeverluste. Haushaltstrompreis (€/kWh), Dieselpreis (€/l), Benzinpreis (Super E10, €/l) Stand: September 2016. Es wird vorausgesetzt, dass tatsächlich zu zahlende Stromkosten anfallen.

Dies zeigt, dass selbst bei einer ausschließlichen Berücksichtigung der Energiekosten ein Elektrofahrzeug nicht unbedingt Kostenvorteile gegenüber konventioneller Technik aufweist. In einer weiter gefassten Kostenzusammenstellung¹⁸ wird deutlich, dass z.B. in der Kompaktwagenklasse das Elektrofahrzeug die höchsten Kilometer- bzw. Monatskosten verursacht. Dies ist insbesondere auf einen vergleichsweise noch sehr hohen Anschaffungspreis zurückzuführen. So kostet beispielsweise ein VW Golf in Abhängigkeit von der Antriebstechnik 0,54 €/km und 676 €/Monat (Elektro BEV, 34.900 €), 0,49 €/km und 608 €/Monat (Benzin, 21.775 €), 0,47 €/km und 590 €/Monat (Diesel, 24.225 €) [ADAC 2014]. Die im Vergleich hohen Anschaffungskosten des Elektrofahrzeugs sind den Batteriekosten (ca. 275 €/kWh) geschuldet, was bereits einen großen Anteil des Mehrpreises ausmacht. Tendenziell sinkende Batteriekosten führen jedoch nicht unbedingt zu niedrigeren Anschaffungskosten, da Kostenvorteile in höhere Batteriekapazitäten investiert werden, um somit die Reichweiten zu erhöhen. Allerdings sind auch hier Grenzen gesetzt durch die hohen Batteriegewichte (aktuell etwa 300 kg bei einer Energiedichte von 0,15 kWh/kg).

Eine Kaufentscheidung zu Gunsten der Elektromobilität wird letztlich davon abhängig sein, ob sich die derzeit hohen Anschaffungskosten durch eine Weiterentwicklung der Batterietechnik und damit verbundener Kosteneinsparung deutlich reduzieren lassen. In Verbindung mit einer Erweiterung der Reichweite kann diese Technik damit konkurrenzfähig werden, sofern nicht massive Einflüsse zur anderweitigen Marktbeeinflussung, wie beispielsweise extrem steigende Mineralölpreise, auftreten.



Abb. 5: StreetScooter Work (Deutsche Post AG)

Eine Besonderheit stellt die Nutzung von Elektrofahrzeugen in Unternehmen und Behörden mit eigenem Fuhrpark dar. Die benannten Reichweiten korrespondieren gut mit den durchschnittlichen täglichen Wegelängen. Die Ladeinfrastruktur kann im Allgemeinen am Fahrzeugstandort bereitgestellt werden. Bei ausreichenden Betriebspausen ist eine längere Ladedauer unproblematisch. Somit entfallen die üblichen Nachteile der begrenzten Reichweite und der mangelhaften Ladeinfrastruktur. Die Fahrzeuge werden überwiegend für Kurzstrecken bzw. innerhalb eines begrenzten Einsatzraums genutzt und die Nutzer können diese am Unternehmensstandort aufladen. Weiterhin können emissionsfreie Fahrzeuge Vorteile bieten, wenn in Städten mit restriktiven Einfahrtrechten belegte Zonen eingerichtet werden¹⁹. Für ein Unternehmen unterstreicht die verstärkte Nutzung von Elektroautos allgemein einen innovativen Charakter. In der öffentlichen Wahrnehmung kann dies auch zu steigender Akzeptanz und positiven Bewertung der alternativen Antriebsformen führen.

¹⁸ Berechnungsgrundlage: Anschaffungspreis, Wertverlust, Kraftstoff- bzw. Stromkosten, Werkstatt- und Reifenkosten sowie Steuern und Versicherung – Haltedauer vier Jahre, jährliche Laufleistung 15.000 km.

¹⁹ z.B. „Grüne Zone“ in der Innenstadt von Rom. Besonders schadstoffarme Fahrzeuge (EV, HEV/PHEV) werden von Fahrverboten ausgenommen.

In der Folge stark anwachsender Onlineeinkäufe²⁰ erfolgen gerade in Metropolregionen die Zustellungen zunehmend direkt an den Abnehmer, ohne den Weg über den stationären Handel. Daraus entstehen verschiedenste Anforderungen an den Fuhrpark von Unternehmen, welche die „letzte Meile“ bedienen [Streetscooter 2016]. Die Deutsche Post entwickelt über ein eigenes Unternehmen einen rein batterie-elektrisch angetriebenen (BEV) Kleintransporter, der an das spezielle Anforderungsprofil für Zustellungen im urbanen Umfeld angepasst ist. Für dieses Fahrzeug wird ein großes Marktpotenzial in KEP-Diensten²¹ gesehen.

Reine Batteriefahrzeuge (BEV) sind unter heutigen Randbedingungen weitgehend auf die alltäglichen Fahrtbedürfnisse im Kurzstrecken- und Stadtverkehr beschränkt. Vorausplanbare Fahrtabläufe mit längeren Verweil- bzw. Standzeiten lassen sich gut mit der verbreiteten Ladetechnik vereinbaren. Liefer- und Dienstleistungsverkehre (Fuhrpark) innerhalb eines begrenzten Einsatzraums können sich als Einsatzbereiche etablieren. Für den privaten Nutzer lassen sich hohe Anschaffungspreise nicht durch geringere Betriebskosten ausgleichen.

1.4 Ladetechnik

1.4.1 Europäische Normung

Die Ladeinfrastruktur wird über die verfügbaren Ladepunkte an Ladestationen bereitgestellt. In Europa ist mittlerweile der IEC-Typ2-Stecker inklusive CCS-Erweiterung für die Gleichstrom-Schnellladung als Standard etabliert²². Eine Ladesäulen-Verordnung [BMW 2016b] regelt technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile. Damit werden europäische Vorgaben der Richtlinie 2014/94/EU für Ladestecksysteme an Ladepunkten für Elektromobile in deutsches Recht umgesetzt²³.

²⁰ Die Umsätze im Onlinehandel (B2C Business to Consumer) haben sich in den vergangenen zehn Jahren verdreifacht [HDE 2016].

²¹ Unter KEP-Dienste werden Kurier, Express und Paketdienste zusammengefasst. Die Abgrenzungskriterien zu anderen Märkten sind das geringe Gewicht und das handliche Volumen der Sendungen, die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit des Güterversandes und die angebotenen Dienstleistungen.

²² In der Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe wird CCS als Mindestkriterium für die EU-weite Installation der Ladeinfrastruktur vorgeschrieben.

²³ Nicht-europäische Elektroautos weisen fahrzeugseitig teilweise einen Stecker für die einphasige AC-Ladung bzw. bei asiatischen Fahrzeugen den CHAdeMO-Stecker für die DC-Schnellladung auf. Das Ladekabel verfügt jedoch stationsseitig über den europäischen Typ2-Stecker, sodass keine Kompatibilitätsprobleme bestehen.

Das Combined Charging System (CCS) erweitert den Stecker IEC-Typ-2 um zwei Pole für die DC-Schnellladung. Schnellladestationen (DC) werden üblicherweise nach CCS- und CHAdeMO-Standard ausgerüstet²⁴. Die DC-Ladestationen mit CCS sind meist auf Ladeleistungen von 50 kW für Batterien um 20 kWh (Nennspannung 400V) vorgesehen. Die Folgegeneration von Schnellladestationen soll dagegen ab 2017/18 eine Ladeleistung von mindestens 150 kW unterstützen, um auch größere Akkus weiterhin innerhalb von 15 - 30 Minuten fast vollständig (80 % SOC) nachladen zu können.



Abb. 6: Stecker IEC-Typ-2 (links) und Stecker CCS (rechts)

In Europa setzt sich der Typ2-Stecker (mit Erweiterung als CCS zur Schnellladung) als Standard durch. Damit ist europaweit eine freizügige Nutzung der öffentlich zugänglichen Ladestationen gewährleistet.

1.4.2 Standorte und Lademöglichkeiten

Für den Ladevorgang wird ein Stellplatz mit einem Elektroanschluss für das Fahrzeug benötigt. Falls Ladezeiten von mehreren Stunden (z.B. über die Nachtstunden) akzeptiert werden, kann der Anschluss direkt an eine normale Haushaltssteckdose mit AC 230 Volt/13 Ampere (Ladeleistung bis 3,7 kW) erfolgen²⁵. Empfohlen wird jedoch zur Dauernutzung ein Drehstromanschluss (AC 400 Volt, 16/32 Ampere) mit Ladeleistungen von 11 kW bzw. 22 kW über eine „Wallbox“. Dieser Stromanschluss (Elektroherd, CEE-Dose) ist allgemein in Haushalten verfügbar. Eine derartige Lösung kommt für Privatgrundstücke (Garage, Carport, Gemeinschaftsgarage) in Betracht.

Die Ladedauer eines Elektrofahrzeugs wird maßgeblich von der Ladekapazität der Batterie und der verwendeten Ladetechnik bestimmt. Bei einer durchschnittlichen Ladekapazität

²⁴ Der Fahrzeughersteller Tesla verwendet für seine firmeneigenen Ladestationen (Supercharger mit 120 kW Gleichstrom) eine modifizierte Version des Mennekes-Stecker Typ2. Andere Fahrzeugfabrikate können nicht an Superchargern geladen werden.

²⁵ Die langen Ladezeiten und ein erhöhtes Sicherheitsrisiko (Brandgefahr bei nicht ausreichend dimensionierter Hausinstallation unter Dauerbelastung) führen bei dieser Methode zur Bezeichnung "Notladung".



Abb. 7: Beispiel Wallbox 7,4 kW mit Stecker Typ2

von 20 Kilowattstunden (kWh) beträgt die Ladedauer an der Wallbox zwischen sechs bis acht Stunden (an AC 230 Volt/13 Ampere) bzw. etwa eine Stunde (an AC 400 Volt/32 Ampere). Für den privaten Gebrauch stehen bereits verschiedene Modelle als Ladestation zur Verfügung. Als Anbieter fungieren verschiedene Energieversorger, die eine einfache Bezugsmöglichkeit und gleichzeitig Dienstleistungen zum Anschluss und zur Inbetriebnahme anbieten. Der Einbau erfolgt in der Garage oder im Carport mit Anschluss an das Hausstromnetz. Neben dem Pkw-Anschluss (IEC-Typ2-Stecker) ist bei Bedarf eine Steckdose zur Aufladung von E-Bikes integriert.



Abb. 8: Light & Charge (BMW AG)

Als öffentliche Lademöglichkeit im Straßenraum werden Anschlusspunkte an Straßenlaternen entwickelt. Das Angebot ist interessant für Nutzer (Laternenparker), die nicht über einen eigenen Hausanschluss verfügen und dennoch einen Ladezugang in Wohnungsnähe benötigen. Eine flächenhafte Ausrüstung mit derartigen Ladepunkten in Wohngebieten ist denkbar. Die Aufladung erfolgt z.B. über die Nachtstunden (Bewirtschaftung für Anlieger) oder während eines längeren Aufenthalts am Ladestandort



Abb. 9: Öffentliche Ladepunkte (Autobahnparkplatz)

Die öffentlich allgemein zugänglichen Ladesäulen werden zunehmend auch als Schnellladestation (nach EU-Richtlinie mit CCS) ausgeführt. Die verfügbaren Ladeleistungen betragen derzeit 22 kW bzw. 50 kW (künftig bis 150 kW mit zunehmender Kapazität der Fahrzeugbatterie). Schnellladestationen ermöglichen eine Aufladung (SOC) bis auf 80 % der Batteriekapazität innerhalb von etwa 30 Minuten. Sie sind insbesondere angebracht an Ladepunkten, an denen im Fahrtverlauf

keine lange Aufenthaltsdauer (öffentliche Parkplätze, Raststätten, Tankstellen) geplant ist.

Bei einer Schnellladung wird die Fahrzeugbatterie in kurzer Zeit mit hohen Stromdichten geladen. Der Zeitvorteil gegenüber einer langsamen Aufladung wird auf Kosten einer nicht vollständig aufgeladenen Batterie und einer hohen Beanspruchung des Energiespeichers

realisiert, was zu Einschränkungen der Langzeitstabilität der Batterie führen kann. Schäden und explosionsartige Reaktionen sind nicht auszuschließen. Daher wird ladetechnisch eine Begrenzung auf 80 % SOC realisiert, wobei die Vorteile der Zeitersparnis durch eine geringere Reichweite relativiert werden²⁶.

Insofern sind die Möglichkeiten einer erweiterten Schnellaufladung (Ladeleistung bis 150 kW und darüber) nicht uneingeschränkt positiv zu bewerten. Auswirkungen auf die Lebensdauer bzw. Langzeitstabilität der Fahrzeugbatterie sind nicht abschließend zu beurteilen. Damit lassen sich für den privaten Markt wichtige Kriterien, wie der Wertverlust und Wiederverkaufswert sowie möglicherweise hohe Folgekosten (Ersatz einer Fahrzeugbatterie) schwer abschätzen [DAT 2016].

Nutzer- und standortspezifische Lösungen zur Fahrzeugladung stehen zur Verfügung. Im öffentlichen Bereich könnte künftig ein Schwerpunkt auf Schnellladepunkte gelegt werden. Diese sind insbesondere auch für Tank- und Rastanlagen mit kürzeren Aufenthaltszeiten geeignet.

1.4.3 Infrastrukturkosten

Eine Kostenübersicht (Stand 2015) für die verschiedenen Varianten der Ladeinfrastruktur stellt die Abb. 10 zusammen, einschließlich einer Prognose (2020) zur weiteren Kostenentwicklung. Demnach sind in den kommenden Jahren deutlich sinkende Investitionskosten im Bereich der Hardware (Ladepunkte) durch nachfragebedingt anwachsende Stückzahlen zu erwarten.

Für den privaten Bereich (400 V-Hausanschluss) ist die Ladebox (AC-Anschluss, ab 3,7 kW Ladeleistung) von besonderem Interesse. Bei den Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs (PHEV, BEV mit aktueller Förderung nach dem Elektromobilitätsgesetz – EmoG) sollte diese zusätzliche Eigeninvestition durch den Nutzer Berücksichtigung finden.

Im öffentlichen Bereich (Parkplätze, Raststätten, Tankstellen) werden besonders die Ladesäulen (DC-Anschluss mit Ladeleistungen von 50 kW und mehr) zur Schnellaufladung bedeutsam.

Die in der Tabelle benannten Netzanschlusskosten für DC-Ladesäulen setzen voraus, dass die technischen Voraussetzungen im nahen Umfeld der Ladestation dazu bereits gegeben sind (Ladeleistung bis 50 kW). In der Regel wird für die künftig geforderten höheren Ladeleistungen und für mehrere Anschlusspunkte (ab 3 x 150 kW Ladeleistung und 630 kVA Anschlussleistung) ein erweiterter Netzanschluss inklusive Investition in eine Trafostation

²⁶ Eine vollständige Ladung durch eine daran anschließende langsame Aufladung bis 100 % SOC führt insgesamt zu keinen Zeitvorteilen gegenüber einer Normalaufladung.

erforderlich sein, wodurch nach einer ersten Kostenschätzung weitere Kosten in Höhe von etwa 150.000 € anzusetzen sind [NPE 2015].

Mit der absehbaren technischen Entwicklung (fahrzeugseitig) bei steigenden Reichweiten durch höhere verbaute Batteriekapazitäten (ab 60 kWh) ist ein schneller Ladevorgang (innerhalb etwa 30 Minuten) nur mit höheren installierten Ladeleistungen von 150 kW und mehr möglich. Damit steigen jedoch zwangsläufig die Investitionskosten an. Da zu Beginn der Investitionsphase nicht alle Elektrofahrzeuge über die Möglichkeit des Schnellladens (CCS-Anschluss) verfügen werden, ist eine wirtschaftlich selbsttragende Auslastung bei einem ausreichenden Angebot auch auf längere Sicht an den meisten Standorten durch mangelnde Nachfragefrequenz nicht zu erwarten.

Ladetechnik	Smarte Ladebox		Ladesäule		Ladesäule	
Spannungstyp	AC		AC		DC	
Smart Meter und Energiemanagement	Ja		Ja		Ja	
Ladepunkt	1		2		1	
Ladeleistung (kW)	> 3,7 kW		11 oder 22		50	
	2015	Prognose 2020	2015	Prognose 2020	2015	Prognose 2020
Hardware komplett, inkl. Kommunikation und Smart Meter	1.200 € ¹	700 €	5.000 €	2.500 €	25.000 €	15.000 €
Netzanschlusskosten	0–2.000 €	0–2.000 €	2.000 €	2.000 €	5.000 € ²	5.000 €
Genehmigung/ Planung/ Standortsuche	500 €	500 €	1.000 €	1.000 €	1.500 €	1.500 €
Montage/ Baukosten/ Beschilderung	500 €	500 €	2.000 €	2.000 €	3.500 €	3.500 €
Gesamte Investition (CAPEX)	2.200 €	1.700 €	10.000 €	7.500 €	35.000 €³	24.000 €
Sondernutzung	Beispiel Ausschreibung Berlin: 180 €					
Hotline, Wartungs-, Entstörungskosten	Marktübliche Wartungsverträge/ Erfahrungen aus Ladesäulenbetrieb					
Kommunikationskosten	Marktübliche Mobilfunkverträge/ Erfahrungen aus Ladesäulenbetrieb					
Vertragsmanagement/ Abrechnung	Annahme: ½ bis 1 Mitarbeiter					
IT-System	Nach Eigenaufwand bzw. Marktangebot					
Laufende Kosten (€/a) OPEX	1.000 €	500 €	1.500 €	750 €	3.000 €	1.500 €

Abb. 10: Schätzung der Netto-Kosten der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für 2020 [NPE 2015]

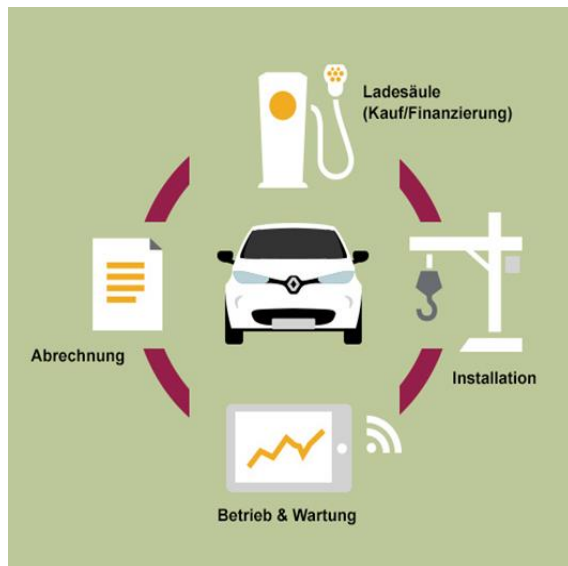


Abb. 11: Contracting-Modell, e-Tankstelle [ENTEKA 2016]

Zum Aufbau der Netzinfrastruktur stehen bereits Anbieter zur Verfügung, die über Contracting-Modelle (Abb. 11) einen umfassenden Service anbieten, der die Bereiche Ladetechnik, Installation, Wartung und Abrechnung zusammenfasst sowie aktuelle Fördermöglichkeiten in die Investitionsplanung einbezieht.

Damit ist es grundsätzlich jedem möglich auch ohne spezifische Fachkenntnisse einen Ladepunkt einzurichten und zur Nutzung anzubieten²⁷.

Den hohen Investitionskosten in die Ladeinfrastruktur stehen niedrige Einnahmeerwartungen gegenüber. Ein kostendeckender Betrieb ist an den meisten Standorten langfristig nicht gegeben.

1.4.4 Zugang und Abrechnungsverfahren

Der Zugang zu Ladepunkten ist sehr unterschiedlich geregelt. Verschiedene Betreiber bzw. Anbieter stellen derzeit ihre öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Dabei ist die Nutzung vielfach kostenfrei möglich oder aber nur einem begrenzten Nutzerkreis zugänglich.

Über ein sogenanntes e-Roaming besteht ein Zugangsmodell zu Ladestationen verschiedener Betreiber über Roaming-Abkommen. Die Kunden eines E-Mobility-Providers (EMP) erhalten Zugang zur Ladeinfrastruktur von verschiedenen Ladestationsbetreibern (Charge Point Operator, CPO) oder Netzwerken, ohne dazu jeweils eigene Authentifizierungsmedien beantragen zu müssen. Die Abrechnung erfolgt für den Kunden jeweils nur von seinem eigenen Anbieter (Provider). Auf diese Weise soll ein bequemer und unkomplizierter Zugang zu Ladestationen in Deutschland bzw. in Europa gewährleistet werden.

Eine Alternative zum Roaming-Modell bildet die Möglichkeit zum Ad-hoc Zugang zu einer Ladestation. Spontankunden erhalten ohne vorherige Registrierung den Zugang zur Ladeinfrastruktur, beispielsweise per Premium-SMS mit Abrechnung über die Mobilfunkrechnung oder über eine mobile Webseite mit gängigen Bezahlmöglichkeiten (Kreditkarte,

²⁷ Als Anbieter kommen so z.B. Dienstleister, Einkaufsmärkte, Beherbergungsgewerbe in Frage.

PayPal). An einigen umsatzstarken DC-Schnellladestationen werden bereits Kreditkarten akzeptiert, wie es auch an Tankstellen üblich ist.

In einem Verbund deutscher Stadtwerke bauen die beteiligten kommunalen und regionalen Energieversorger in ihren Bereichen ein Netz von öffentlichen Ladestationen für Elektrofahrzeuge auf. Die Versorger sind dabei Mitglied in einer Kooperationsgesellschaft²⁸, die dem Nutzer ein unkompliziertes Aufladen von Elektrofahrzeugen auch abseits des Heimat-Versorgers durch einen Roaming-Verbund ermöglicht. Auch Automobilhersteller bieten eigene Abrechnungssysteme an, die über eine zentrale Zugangskarte²⁹ die Nutzung der Ladestationen verschiedener Betreiber ermöglichen.

Der Strompreis an Schnellladesäulen wird den Preis für Haushaltsstrom übersteigen. Das Schnellladen ist als eine höherwertigere Dienstleistung als der reine Stromverkauf anzusehen, da damit zusätzliche Infrastrukturkosten (Ladesäulen, Netzverstärkung, Ausbaumaßnahmen) verbunden sind. Die Ladung erfolgt unabhängig vom Ladezustand der Batterie oder ob ein günstiges Strompreisniveau vorliegt. Daher ist Schnellladen als eine am Kundennutzen ausgerichtete Premium-Dienstleistung zu verstehen.

Der Betrieb einer Schnellladesäule wird in 2020 unter folgenden Annahmen als ein tragfähiges Geschäftsmodell eingeschätzt [NPE 2015]:

- Kostendegression von Hardware für Ladesäulen und laufende Kosten (vgl. Abb.10).
- Im Mittel 10 Ladevorgänge pro Tag und Ladeanschluss.
- Bereitschaft der Nutzer, pro Ladung einen Preisaufschlag (1,5 - 2,0 €) zu den einfachen Stromkosten zu tragen bzw. ein zeitbasiertes und ladetechnikabhängiges Preismodell zu akzeptieren.

Damit wäre ein Vollladen (bis auf 80 % SOC) für weniger als 8 € möglich (bei einer Ladekapazität von 20 kWh)³⁰. Komplementärgeschäfte im Einzelhandel oder beim Parken sind hier nicht berücksichtigt.

Über verbreitete Zugangs- und Abrechnungssysteme stehen dem Nutzer eines Elektrofahrzeugs nahezu alle öffentlich zugänglichen Ladepunkte zur Verfügung. Die überregionale Nutzung erfolgt durch den Besitz einer Ladekarte mit Abrechnung zum Monatsfestpreis oder nutzungsabhängig.

²⁸ Unter „ladenetz.de“ sind mittlerweile 64 Stadtwerke mit 600 vernetzten Ladepunkten zusammengeschlossen. Über eine Ladekarte erhalten Kunden den Zugang. Die Abrechnung erfolgt über die Stromrechnung (Monatspauschale) bzw. als Wochen-/Monatsabonnement (Prepaid Flatrate) oder über eine Web-App. Verschiedene Kooperationspartner (DKV, Novofleet, BMW, VW) und Roamingpartner (Energieversorger) sind angeschlossen.

²⁹ BMW bietet mit ChargeNow einen Service an, der den Zugang zu Ladestationen verschiedener Anbieter ermöglicht. Ein vergleichbares Angebot bietet Volkswagen mit der Charge&Fuel-Card. Die Abrechnung erfolgt über eine Grundgebühr (nur BMW), zzgl. nutzungsabhängiger Kosten in €/min (es wird dabei zwischen AC- und DC-Ladestationen unterschieden).

³⁰ Vgl. Absatz 1.3.4

1.5 Weiterentwicklung und Prognose

1.5.1 Reichweiten

Zu erwarten ist, dass die Reichweite der verfügbaren Batterien durch verbesserte Energiedichten erhöht werden kann. Mit steigenden Absätzen auf dem Weg zu einem Massenmarkt sinkt auch der Preis für elektrische Fahrzeuge³¹. Bei einer eher konservativen Einschätzung ist mit einer realen Fahrzeugreichweite von 200 - 250 km (gegenüber 100 - 150 km) zu rechnen. Der Batteriepreis wird auf 250 €/kWh Ladekapazität sinken (derzeit um 300 €/kWh). Vereinzelt wird von einer Preissenkung auf 150 €/kWh ausgegangen.

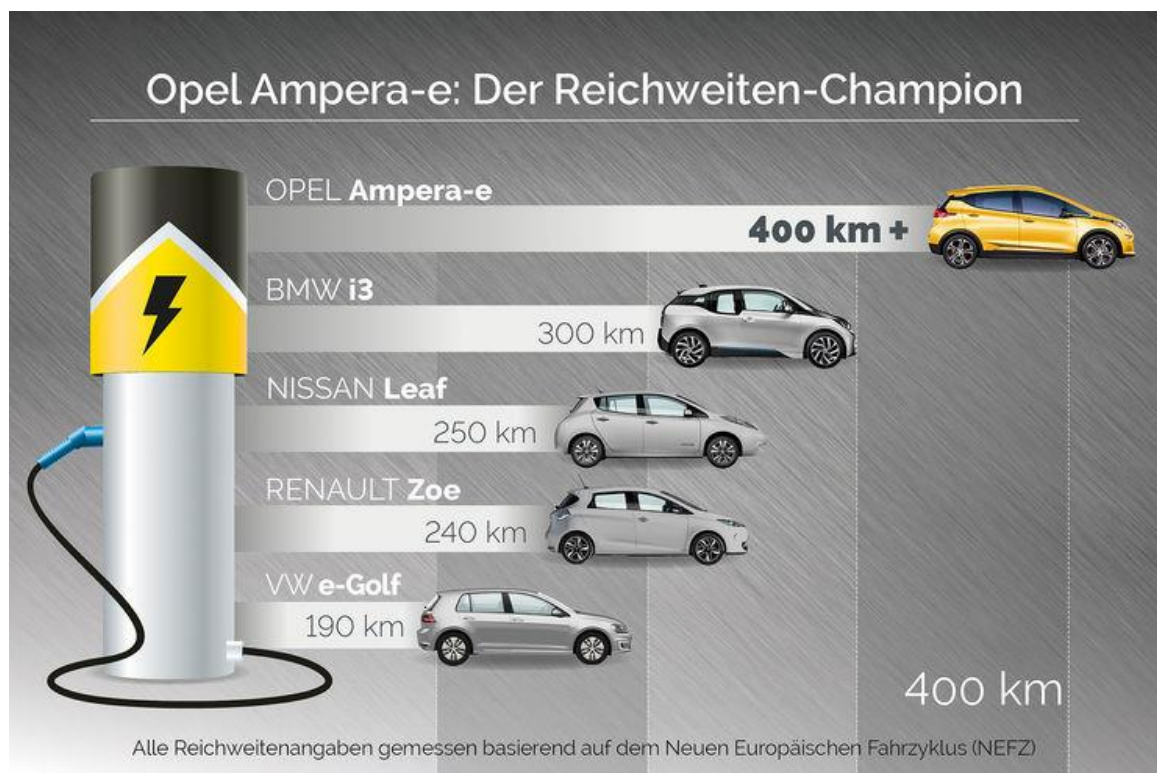


Abb. 12: Reichweitenvergleich für aktuelle Elektrofahrzeuge (BEV) [Bild: AMS 2016]

Da die reinen Energie- und Betriebskosten eines Elektrofahrzeugs nicht erheblich unter denen konventioneller Fahrzeuge liegen, ist letztlich ein wettbewerbsfähiger Anschaffungspreis ein entscheidender Kaufanreiz.

In Verbindung mit den erhöhten Reichweiten und einer dichten Infrastruktur mit Schnellladestationen lassen sich auch Distanzen über die aktuellen Reichweiten hinaus mit vertretbarem Zeitverlust bewältigen. Damit kann ein Grundnetz auch für alle optionalen Fahrten und Gelegenheitsfahrten jenseits der täglichen Routinefahrten (Wohnort-Arbeit) aufgebaut werden. Die Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse zeichnet sich neben den

³¹ Der Fahrzeugpreis ist stark von den Kosten für die eingebaute Fahrzeugbatterie abhängig. Sinkende Batteriepreise (in €/kWh) können auch zu einer höheren verbauten Ladekapazität (in kWh) zur Reichweitensteigerung führen, was letztlich einen gegenläufigen Preiseffekt zur Folge hat.

notwendigen Alltagsfahrten vor allem durch den „optionalen Mobilitätsnutzen“ aus. Damit ist auch die Möglichkeit gemeint, spontane Fahrten ohne Routenbindung oder Ladezeitplanung durchzuführen. Schnellladen ermöglicht mittelfristig zunehmend die Langstrecken-Elektromobilität, wenn eine weitere Reichweitenerhöhung (über 300 km reale Reichweite) fahrzeugtechnisch realisiert werden kann³².

Der Besitz und die freie Nutzung eines Kraftfahrzeugs beinhalten den Wunsch nach spontaner Mobilität. So wird eine zunehmende Akzeptanz und Attraktivität der Elektromobilität nur zu erreichen sein, wenn sie den Ansprüchen an eine ausreichende Reichweite bei wettbewerbsfähigen Anschaffungspreisen gerecht wird sowie der nachfragegerechte Zugang zu einer schnellen Ladeinfrastruktur gewährleistet ist.

1.5.2 Ausbaubedarf Schnellladepunkte

Zur Abdeckung des prognostizierten Bedarfs und im Hinblick auf die Zielstellung eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 wird ein stufenweiser Ausbau der Netzinfrastuktur empfohlen [NPE 2015]. Gegenüber dem derzeit stagnierenden Ausbau der Schnellladepunkte wird ein erheblicher weiterer Ausbaubedarf gesehen.

- Stufe 1 bis 2017: 1.400 Ladepunkte, davon 1.000 an Hauptverkehrsachsen und 400 an Metropolstandorten. Ausführung mit 50 kW Ladeleistung.
- Stufe 2 ab 2017: Erhöhung und Verdichtung der Ladepunkte bis auf 7.100 (Ausbaubedarf). An Autobahnachsen Ladesäulen mit 150 kW Ladeleistung mit der Möglichkeit zur Schnellladung an mehreren Ladepunkten.
- Stufe 3 ab 2020: Erhöhung der Ladeleistung auf 350 kW an Verkehrsachsen mit Ausbau der Netzinfrastuktur.

Der genannte Stufenplan ist eher mit zeitlicher Verzögerung realisierbar³³, waren doch bis Ende 2015 erst 153 Schnellladepunkte (Ladeleistung ab 50 kW) in Betrieb [BDEW 2016]. Dennoch zeigt er den realistisch verfolgbaren Weg auf, neben den Ballungsräumen insbesondere Hauptverkehrsachsen in die Ausbauplanung zu integrieren. Damit kann zwar keine flächendeckende Versorgung erreicht werden (vgl. auch die Dichteverteilung der

³² Der Opel Ampera-e soll eine Reichweite von 500 km aufweisen. Der Volkswagen Konzern strebt nach 2020 ein Fahrzeugangebot mit Reichweiten bis 600 km an (jeweils nach NEFZ). Die Schnellaufladung der Batterie auf 80 % soll innerhalb von 15 Minuten erreicht werden [BZ 2016].

³³ Der Betrieb öffentlich zugänglicher Ladesäulen ist defizitär. Das Nachfragevolumen ist nicht erreicht, um die Gesamtkosten für Investition, Betrieb und Wartung von Ladeinfrastruktur abzudecken. Als positiver Effekt kann auf Grundlage der technischen Weiterentwicklung davon ausgegangen werden, dass künftig überwiegend Ladestationen mit Ladeleistungen ab 150 kW installiert werden.

Ladepunkte nach Abb. 2), jedoch wird die dringlich erforderliche Möglichkeit zu Langstreckenfahrten über das Fernstraßennetz bei einer entsprechenden Routen- und Zeitplanung³⁴ geschaffen.

Der in Abb. 13 dargestellte weitere Ausbaubedarf (auf 7.100 Ladepunkte) ergibt sich aus einem Überangebot der Lademöglichkeiten durch die linienhafte Ausstattung an den Verkehrsachsen. Damit wird ein tragfähiges Geschäftsmodell für den Infrastrukturanbieter bewusst nicht vorausgesetzt, wie dies bei 1.400 Ladepunkten (ausreichender Ausbau bei 1 Mio. Elektrofahrzeugen) möglich wäre.

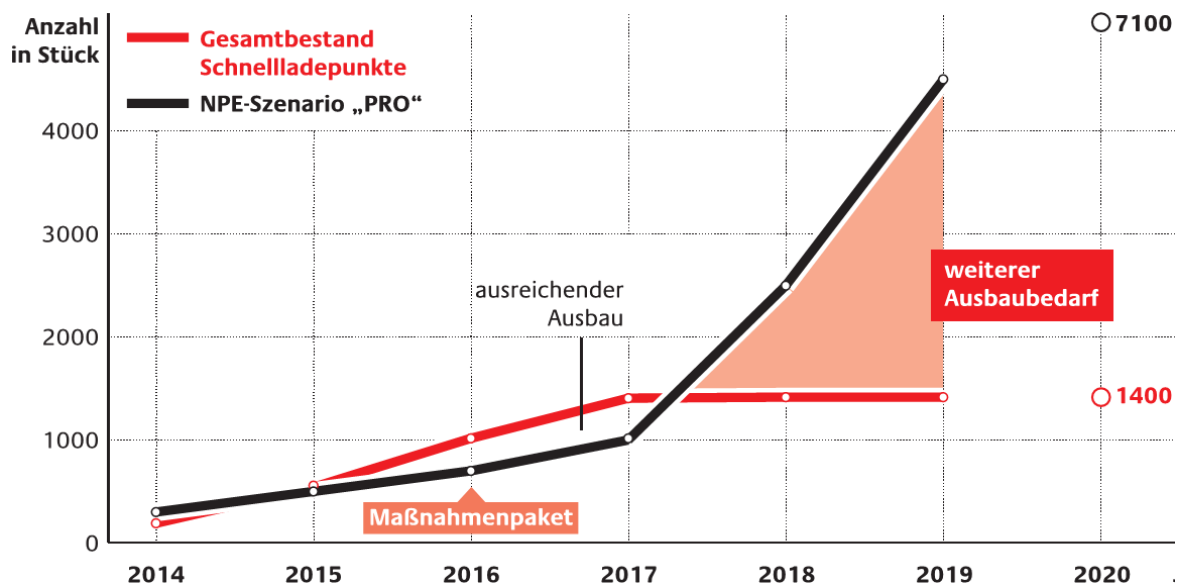


Abb. 13: Hochlaufplanung für Schnell-Ladepunkte [NPE 2015]

Ein erheblicher Ausbaubedarf der Schnelllademöglichkeiten ergibt sich entlang der Verkehrsachsen. Erst durch diesen Mehraufwand werden Langstreckenfahrten mit Elektrofahrzeugen realistisch. Als Standorte am Fernstraßennetz bieten sich Tank- und Rastanlagen sowie Autohöfe und Tankstellen mit guter Anbindung an.

1.5.3 Entwicklungsszenarien

In einer Studie zur Untersuchung der möglichen Chancen und Risiken von Elektromobilitätskonzepten mit Netzanschluss (BEV, PHEV) entwickelte das Fraunhofer ISI zwei Marktpenetrationsszenarien [ISI 2011]. Das optimistische Dominanz-Szenario beschreibt

³⁴ Die Zeitplanung verknüpft erforderliche Ladezeiten mit Pausenzeiten in Verbindung mit gewünschten Abfahrts- und Ankunftszeiten. Für Elektrofahrzeuge (BEV) bleibt weiterhin systembedingt der Verzicht auf spontane Fahrt- und Routenentscheidungen bestehen.

eine nahezu vollständige Verbreitung der Elektrotechnologie in den kommenden Jahrzehnten bei Annahme eines hohen Ölpreises, niedrigen Batteriekosten sowie stark fördernden politischen Rahmenbedingungen. Dies führt zunächst zu einer verstärkten Verbreitung von Plug-in Hybriden (PHEV) und später (erst ab 2030) zu einem deutlich anwachsenden Anteil an reinen Batteriefahrzeugen (BEV). In einem komplementären Szenario existiert weiterhin ein Nebeneinander verschiedener Antriebstechnologien. Die Rahmenbedingungen in diesem Pluralismus-Szenario sind weniger optimal für alternative Antriebe und die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen ist weniger hoch. Die für große Reichweiten nötige Energiedichte der Batterien wird nicht erreicht und reine Batteriefahrzeuge bleiben dauerhaft auf einen Nischenmarkt beschränkt.

In Abb. 14 sind die Ergebnisse der beiden ISI-Szenarien dargestellt. Im Dominanz-Szenario kann sich dabei die Gesamtzahl der Elektrofahrzeuge (HEV, PHEV, BEV) bis 2050 auf fast 50 Mio. Fahrzeuge erhöhen (Abb. 14, links). Dabei würden Hybridfahrzeuge (HEV) nur eine Übergangstechnologie bilden, die schließlich durch Plug-in-Hybride (PHEV) und ab 2030 zunehmend auch durch reine Batteriefahrzeuge (BEV) ersetzt wird. Der Antrieb mit klassischen Kraftstoffen zeigt sich dann voraussichtlich ab 2050 stark rückläufig.

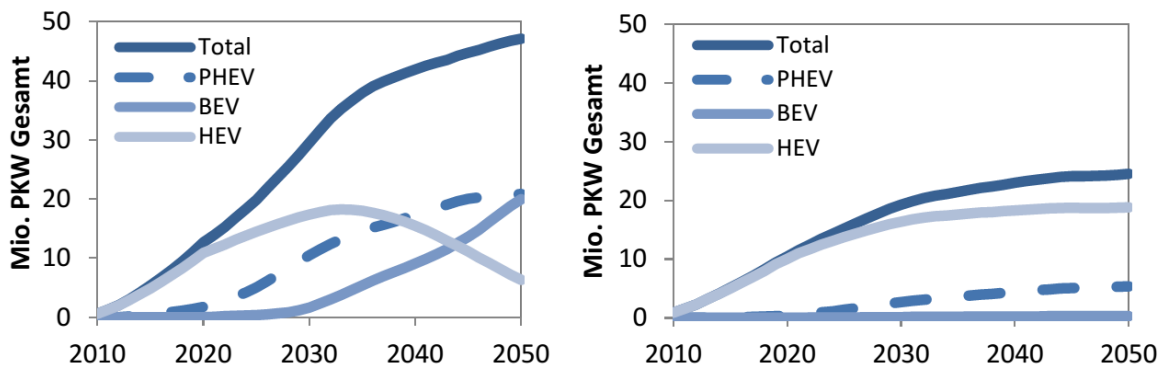


Abb. 14: Szenarien für den Elektroauto-Bestand: Dominanz- (links) und Pluralismus-Szenario (rechts) [ISI 2011]

Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des gesamten Elektromobilitätsmarktes in Deutschland wurden weitere Szenarien von verschiedener Seite entwickelt³⁵. Die Vorhersagen des Marktanteils von Elektrofahrzeugen weichen stark voneinander ab. Einige Prognosen zeichnen bis 2020/2030 sehr optimistische Entwicklungen der Elektromobilität. Aus heutiger Sicht erscheint jedoch die politische Zielstellung der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen bis 2020 als schwer erreichbar.

Die mögliche Bandbreite der Schätzungen, insbesondere über längere Zeiträume, zeigt sich beim Vergleich der verschiedenen Szenarien (Abb. 15). Im Detail ist die Spreizung der prognostizierten Verbreitung sehr weit. Der Anteil an PHEV und BEV steigt zwischen 2020 und 2030 von 2 - 15 % auf 7 - 55 %. Insgesamt spielen Elektrofahrzeuge (BEV und PHEV) in allen nicht-konservativen Entwicklungsszenarien jedoch zunehmend eine wichtige Rolle.

³⁵ Alle Szenarien beinhalten, dass der MIV dominierender Verkehrsträger bleibt. Auch künftig wird sich der Modalsplit der (motorisierten) Verkehrsträger nur unwesentlich ändern. Ein durchschnittliches Wirtschaftswachstum von 1,5 % reicht, um ansteigende Mobilitätskosten zu kompensieren. Kfz-Verkehr und Motorisierung wachsen zunächst noch moderat und sinken nach 2030 ab. Die Entwicklung berücksichtigt unterschiedliche wirtschaftliche Perspektiven und eine Abnahme der Bevölkerungszahl [DIFU 2007].

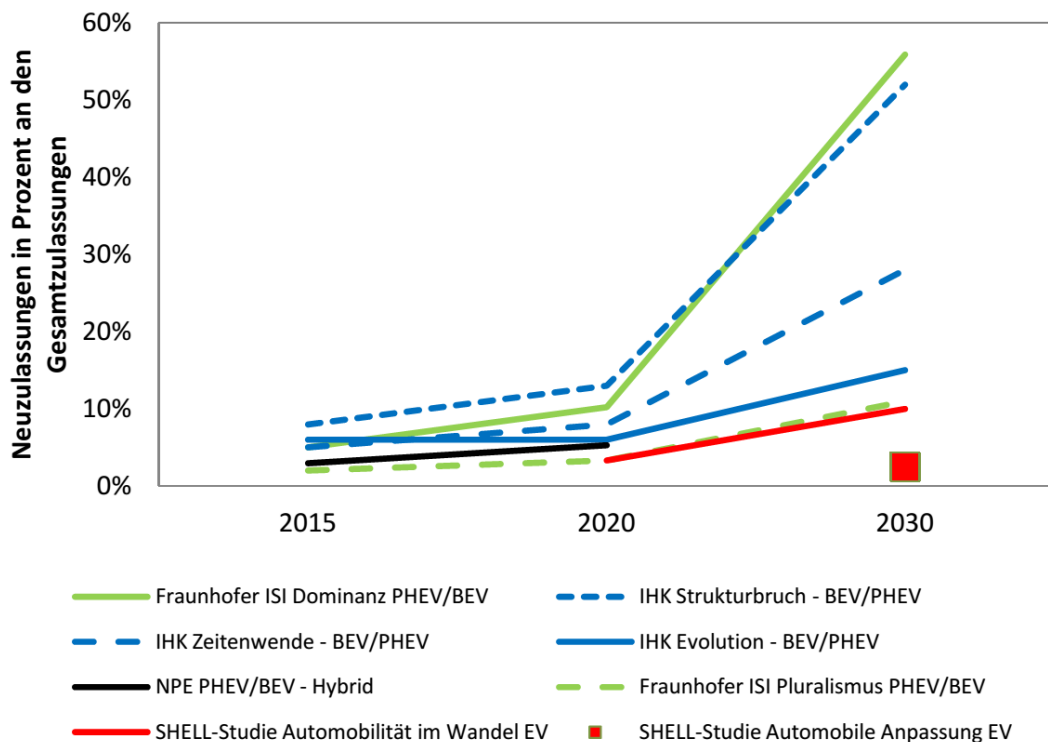


Abb. 15: Erwartungen verschiedener Studien zur Zahl der Elektrofahrzeug-Neuzulassungen [ISI 2011]

Die geringsten Anteile prognostiziert dabei die aktuelle Shell-Studie [Shell 2014] für rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV). Deutlich stärker vertreten sind darin Hybridfahrzeuge (HEV, PHEV) bei entsprechender Abnahme der Fahrzeugzahlen mit Antrieb ausschließlich durch Verbrennungsmotor.

Eine Abschätzung zur künftigen Fahrzeugentwicklung ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Dennoch lässt sich aus vorliegenden Prognosen ableiten, dass auch bei zunehmender Verbreitung der Elektromobilität die Nutzung von Kraftstoffen für Verbrennungsmotoren frühestens ab 2050 an Bedeutung verlieren wird. Bis dahin werden die hybriden Antriebskonzepte (HEV, PHEV) hohe Anteile aufweisen.

2 Nutzung mittelständischer Tankstelleninfrastruktur

2.1 Bedarfsgerechter Aufbau von Ladeinfrastruktur

Im Ergebnis bundesweiter Umfragen des Städte- und Gemeindebundes sind die Träger der Ladeinfrastruktur gegenwärtig etwa in gleichem Maße einerseits die Städte und Gemeinden einschließlich ihrer Stadtwerke und andererseits privat gewerbliche Unternehmen [DStGB 2015].

Mit ca. 19 % ist der Anteil der Gemeinden, die selbst Träger der Ladeinfrastruktur sind, relativ hoch. In weiteren 27 % der Fälle sind die Stadtwerke Träger der Ladeinfrastruktur. Knapp die Hälfte (46 %) der Ladeinfrastruktur wird also von der öffentlichen Hand getragen, 47 % der Ladesäulen sind privat gewerblichen Unternehmen zuzuordnen. Bei diesen Unternehmen handelt es sich vorrangig um Energieversorger, Tankstellen, aber auch um Autohäuser und den örtlichen Einzelhandel. Andere, hauptsächlich private Eigentümer, betreiben 6,7 % der Ladeinfrastruktur.

2.1.1 Infrastruktur mittelständischer Tankstellen

Deutschland besitzt ein strategisch gut platziertes und gut ausgebautes Tankstellennetz zur flächendeckenden Versorgung mit Diesel und Benzin. Aktuell gibt es 14.531 Tankstellen in Deutschland. Davon gehören 26 % (Stand März 2016) aller Tankstellen in Deutschland einem privaten Eigentümer oder Pächter und zählen somit zum Mittelstand. Laut der Branchenstudie Tankstellenmarkt Deutschland 2015 [SCOPE 2015] ist europaweit ein Trend zu einem höheren Anteil von mittelständischen Anbietern zu erkennen.

Grund dafür ist vor allem ein Konsolidierungstrend bzw. der Trend zu größeren Einheiten der konzerngebundenen Tankstellen. Durch diese Ausrichtung der konzerngebundenen Tankstellen nach Größe und Standort entstehen neue Möglichkeiten für mittelständische Tankstellen, ihr Netz weiter auszubauen. Durch diesen Vorgang verbessert sich das deutsche Tankstellennetz kontinuierlich und gewinnt an Effizienz.

Nach eigenen Befragungen in bestehenden mittelständischen Tankstellen gibt es aktuell folgende Anschlussparameter (Durchschnittswerte):

- 50 - 100 kW elektrische Anschluss-Leistung
- Wasseranschluss und Gasanschlussleistung in der Größenordnung EFH
- Benzin- bzw. Fettabscheider gem. allg. Richtlinien
- Explosionsschutz gemäß der EU-Richtlinie 2014/34/EU
- Normative Abstandsregelungen

Darüber hinaus existieren objekt- und betriebsbezogene Systeme der Wasseraufbereitung im Sinne einer Kreislaufwirtschaft. An fast allen mittelständischen Tankstellen-Standorten gibt es Anschlussreserven für mindestens eine Schnellladestation³⁶.

In weiteren Befragungen werden Standorte genannt, an denen mit zusätzlichen Installationen (eigener Trafo, eigener Netzzugang) die elektrische Anschlussleistung deutlich erhöht wurde. Im Durchschnitt wurden dann am Standort ca. 30.000 – 40.000 € investiert, zusätzlich mit einer Trafostation sogar ca. 150.000 €. Für den Aufbau von dedizierten Ladesäulen für Normalladen können Gesamtinvestitionen inklusive Bau- und Anschlusskosten von etwa 10.000 € anfallen. Für das DC-Schnellladen kann die Größenordnung der nötigen Investitionen mit Erdarbeiten und weiteren Umfängen etwa 30.000 € betragen.

Zum 01. Januar 2016 gab es bereits 18 Städte in Deutschland mit mehr als zehn öffentlich zugänglichen Ladestationen (in der Regel mit je zwei Ladepunkten). In 390 deutschen Städten wird mindestens eine Ladestation betrieben. Von den öffentlich zugänglichen Ladestationen verfügen ca. 60 % über eine maximale Leistung von 11 bis 22 kW. Der mit 55 % am häufigsten verwendete Anschluss ist Wechselstrom (AC), 3-phasig.

Das Normalladen umfasst heute Ladeleistungen bis 44 kW und ist an jeder der heute mittelständischen Tankstellen möglich. Um größere Ladeleistungen (> 100 kW) wirtschaftlich zu realisieren, ist es notwendig, jeweils Kenntnis über die Zahl der zugelassenen Elektro- bzw. Hybridfahrzeuge zu haben. Ein wichtiges Kriterium ist dabei die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge pro existierender Ladestation. In Norwegen sind durchschnittlich 42 Fahrzeuge pro Ladestation existent [EV Norway 2016]. Ähnliche Größenordnungen gibt es in Deutschland.

Da die Wachstumsrate der Zulassung von Elektrofahrzeugen höher ist als die der Ladesäulen, nähert sich das Verhältnis von Elektrofahrzeugen zu öffentlich zugänglichen Ladepunkten immer mehr dem von der NPE empfohlenen Verhältnis von 10 : 1 [NPE 2015]. Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur nicht voreilend, sondern im stetigen Verhältnis zu den steigenden Zulassungen an Elektrofahrzeugen voranzutreiben, ist dieses ein Orientierungswert. Das voreilige Errichten einer Vielzahl von Ladesäulen wäre weder bedarfsgerecht noch anwendungsorientiert. Vielmehr geht es darum, die Waage zwischen ökonomischer Verträglichkeit und den Markterfordernissen zu halten.

Bis jetzt hat die Stromwirtschaft in Deutschland 6.517 öffentlich zugängliche, also öffentliche und halböffentliche Ladepunkte, davon 230 Schnellladepunkte aufgebaut. Nach Angaben des BMVI [BMVI 2016] liegen Planungen für ca. 1.400 Schnellladepunkte vor. Nach Angaben des Kraftfahrt Bundesamtes (KBA) sind mit Stand 01.01.2016 in Deutschland 37.951 batterieelektrische Fahrzeuge (BEV, PHEV, REEV) sowie 130.365 Hybrid-Fahrzeuge, davon über 10.000 PHEV, zugelassen [KBA 2016].

³⁶ Die angegebenen Anschluss Parameter gehen auf Auskünfte der egus Energieberatung GmbH & Co.KG, Blankenfelde-Mahlow, zurück.

Schnellladen wird derzeit an zwölf Stationen entlang der Autobahnen und in Städten angeboten. Im privaten Bereich zeigen zudem Erfahrungen aus den Modellregionen und Modellprojekten, dass in der Regel jedes Elektrofahrzeug mit einem privaten Ladepunkt zu Hause oder am Arbeitsplatz ausgestattet wird.

Die gegenwärtig vorhandenen technischen Anschlussparameter (Strom, Wasser u.a.) sind an vielen mittelständischen Tankstellen ausreichend für mindestens eine Schnellladestation. Die vorhandene mittelständische Tankstelleninfrastruktur kann zukunftsorientiert weiterentwickelt werden.

2.1.2 Politische Zielstellung

Elektrofahrzeuge können fast überall komfortabel und problemlos geladen werden. Auch der zusätzliche Strombedarf für die Elektrofahrzeuge ist vorerst so gering, dass er zu vernachlässigen ist. Sollte das Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen erreicht werden, welche einen geschätzten Jahresdurchschnittsverbrauch von 20 kWh/100 km (Kompakt bis Mittelklasse) bei einer Fahrleistung von 10.000 km/Jahr aufweisen, würde das einem Stromverbrauch von 2 Mio. MWh/Jahr entsprechen.

Deutschland konnte in 2015 eine Bruttostromerzeugung von 647 Mio. MWh aufbringen [strom-report 2016]. Der zusätzlich benötigte Strom würde demnach nur einen Anteil von 0,31 % ausmachen. Das bedeutet, dass der Bau zusätzlicher Kraftwerke zur Stromerzeugung vorerst nicht notwendig wäre.

Hinzu kommt, dass voraussichtlich die meisten Elektrofahrzeuge nachts geladen werden, wenn die Nachfrage nach Strom sehr gering ist. Da es in den Nachtstunden oft zu einem Überangebot an Strom kommt, hat das Laden in der Nacht auch das Interesse der Stromnetzbetreiber geweckt.

Ein Elektroauto stößt zwar im Fahrzeugbetrieb weder CO₂ noch Schadstoffe aus, trotzdem ist es nur so „sauber“ wie der Strom, mit dem es fährt. Hinzu kommt die bisher nicht ausgeglichene Gesamtenergiebilanz im Vergleich zu Fahrzeugen mit herkömmlichem Antrieb.³⁷ Um eine Energiebilanz ohne CO₂ aus fossilen Brennstoffen und ohne Schadstoffe zu erreichen, reicht es nicht aus, nur Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren zu ersetzen. Der bereitgestellte Strom für die Elektrofahrzeuge müsste für dieses Szenario zu 100 % aus alternativen Energiequellen gewonnen werden.

Dezentrale Versorgungssysteme könnten helfen, die Effizienz und Sicherheit der Energieversorgung nachhaltig zu verbessern. Ziel der dezentralen Versorgung muss es sein, den Strom dort zu erzeugen, wo er verbraucht wird. Speziell für die Elektromobilität könnte ein dezentrales (auch solares) Versorgungssystem von Bedeutung sein.

³⁷ Dazu ist eine Studie des Instituts für Energie- und Umweltforschung [IFEU 2016] erschienen.

Um die Entwicklung der Elektromobilität aussagekräftig prognostizieren zu können, bedarf es einer Gesamtbetrachtung heutiger und zukünftiger Mobilität. Dabei stellt sich für elektrisch angetriebene Fahrzeuge die Herausforderung, sich in die bereits eingepprägten und vorhandenen Verkehrsmuster zu integrieren sowie diese zu ergänzen.

Konsens findet sich diesbezüglich zwischen den Nutzeranforderungen und dem möglichen Einsatzpotenzial von Elektrofahrzeugen in urbanen Gebieten, in welchen häufig Kurzstrecken gefahren werden, sowie eine flächendeckende Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt werden kann. Daher wird sich speziell die urbane Mobilität in vor auszusehender Zeit auf die Weiterentwicklung der Elektromobilität auswirken.

Auswärtige und Anwohner ohne private Lademöglichkeit werden zum Aufladen ihrer Elektrofahrzeuge auf öffentliche Ladeinfrastruktur zurückgreifen müssen. Um Auswärtige mit längerem Anfahrtsweg zu versorgen, sollte sich die Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur an vorhandenen Parkplätzen und ggf. an Tankstellenstandorten orientieren.

Für Anwohner müssen insbesondere die Wohngebiete auf ihre potenzielle Verfügbarkeit von privater Ladeinfrastruktur untersucht werden, um den weiteren Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur feststellen zu können.

Daher wird angeregt, in einer ersten Phase bis 2020 zehn Prozent der öffentlichen Stellplätze mit Ladepunkten auszustatten. Für den Zeitraum nach 2020 ist der bedarfsgerechte weitere Ausbau der Ladeinfrastruktur in Abhängigkeit von den Zulassungszahlen regional zu optimieren.

2.1.3 Erfassung von Nutzergewohnheiten

Elektroautos haben deutschlandweit laut einer repräsentativen Umfrage des Autozulieferers Continental [Welt 2015] ein beachtliches Imageproblem. Neben den bekannten Schwierigkeiten wie geringer Reichweite, hohem Preis und langen Ladezeiten wecken die batteriegetriebenen Fahrzeuge auch kaum Emotionen, die vielfach für einen Fahrzeugkauf mitentscheidend sind.



Abb. 16: Bedeutung des Geschäftsfeldes Elektromobilität

Nach dieser Umfrage würden etwa 20 % der Nutzer nur dann auf ein Elektrofahrzeug umsteigen, wenn Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren überhaupt nicht mehr zur Verfügung stünden³⁸. Ein Ausweg liegt in einer Kombination der Elektroantriebe mit herkömmlichen Diesel- oder Benzinmotoren (Hybridtechnologie). Diese Tech-

³⁸ Trotzdem schätzt die übergroße Mehrheit die wirtschaftliche Bedeutung des Geschäftsfeldes als sehr hoch ein, wie in einer bundesweiten Studie des Städte- und Gemeindebundes 2015 ermittelt wurde. [DStGB 2015].

nologie erlaube es den Autofahrern bei noch vertretbaren Anschaffungskosten auch, erste Erfahrungen mit Elektromobilität zu sammeln.

Zuletzt sank auch spürbar die Bereitschaft der Nutzer, in vier bis zehn Jahren ein Elektrofahrzeug zu kaufen. In der Gruppe junger Leute bis 30 Jahre sanken die Werte von 47 % auf 34 %. Die Gruppe mittleren Alters (31 bis 59 Jahre) zeigt den gleichen Trend (von 46 % auf 35 %). Und ausgerechnet in der kaufkraftstarken Gruppe ab 60 Jahren stabilisiert sich eine zurückhaltende Haltung auf einem Niveau von 40 %.

Elektroautos haben hierzulande laut einer Umfrage ein beachtliches Imageproblem. Neben den bekannten Schwierigkeiten wie geringer Reichweite, hohem Preis und langen Ladezeiten wecken die batteriegetriebenen Fahrzeuge auch kaum Emotionen. Trotzdem schätzt die übergroße Mehrheit die wirtschaftliche Bedeutung der Elektromobilität als sehr hoch ein.

2.2 Herausforderungen für die Tankstelle der Zukunft

Viele mittelständische Tankstellen fürchten mit dem Wandel zur Elektromobilität um ihre Existenz. Tankstellen, die auch Ladeeinrichtungen für Elektromobilität anbieten wollen, haben anderen Anforderungen zu genügen als herkömmliche Tankstellen. Während die Verweildauer an herkömmlichen Zapfsäulen möglichst kurz sein soll und das Shop-Angebot dementsprechend auf Schnelligkeit angelegt ist, wird der Stromkunde deutlich länger Zeit haben, bis der Ladevorgang beendet ist. Aus Sicht eines Tankstellenbetreibers sind in diesem Zusammenhang u.a. die Lade- und Parkdauer, sowie die erforderlichen Ladeleistungen zur raschen Füllung des elektrischen Energiespeichers wichtig.

2.2.1 Convenience während der Ladezeit

Schon heute befindet sich die Tankstelle im Wandel, denn an vielen Tankstellen ist das Betanken des Fahrzeuges nur noch eines von mehreren Geschäftsfeldern. Immer mehr Tankstellen legen deshalb den Schwerpunkt auf das Waren- und Dienstleistungsangebot. Der Umsatz, der in den vergangenen Jahren mit dem Tankstellenshop erwirtschaftet wurde, ist fortwährend gestiegen. Dieser Trend ist vor allem auf die zunehmende Attraktivität der Shops mit ihrem wachsenden Angebot zurückzuführen. Die fast durchgängigen Öffnungszeiten und die verkehrsgünstigen Standorte der Tankstellen tragen ebenfalls dazu bei, dass das Shop-Geschäft immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Gute Voraussetzungen für E-Mobilitätskunden an Tankstellen: Etwa ein Drittel des Ertrags einer Tankstelle wird aus dem Shop mit allen seinen Facetten erwirtschaftet. Zusatzdienstleistungen wie Briefkästen, Fotokopierer, Lottoannahmestelle, Internetanschluss, Postservice oder Geldautomaten an Tankstellen sind schon heute keine Seltenheit mehr. Der größte Shop-Umsatz wird dabei mit Tabakprodukten erzielt. Dieser macht, unabhängig von der Größe der Tankstelle bzw. des Shops, durchweg einen Anteil am Umsatz von

über 60 % aus. Dagegen werden gerade 11 % des Umsatzes mit Getränken und Spirituosen erwirtschaftet. Auf den Plätzen danach kommen Telefon- und Wertkarten (10 %), Fast-Food (5 %) und Süßwaren (3 %). Darüber hinaus erhält man meist alles für die kurzfristige Versorgung mit Produkten des täglichen Bedarfs. Durch die längeren Ladezeiten der Elektroautos werden sich die Kunden in Zukunft noch deutlich länger an Tankstellen aufhalten, wodurch das Zusatzgeschäft noch mehr an Bedeutung gewinnt.

Elektromobilität verlangt nach neuen Angeboten an der Tankstelle: So werden voraussichtlich Café- und Bistrobereiche, Chill-Out-Areas, (Raucher-) Lounges und Frische-Convenience in Zukunft zum Kernangebot gehören. Für dieses umfangreiche Angebot rund um die Uhr sind die Kunden bereit, hohe Preise zu zahlen [Pütthoff 2013]. Bei dem Branchentreff „Handel im Wandel in Tankstellen und Convenience Shops“ treffen sich jährlich Leiter aus der Mineralölwirtschaft, dem Einzel- und Großhandel, der Markenartikelindustrie, dem Dienstleistungsgewerbe und der Marktforschung und stellen neue Ideen vor [Handelsblatt 2016]. Dort wurden Zukunftsvisionen wie „Fit für die Fahrt“ (Fitness-Angebot an Tankstellen in Kooperation mit Fitness- und Massagestudios), Play & Stay (Ort mit einem breiten Multimediaangebot, an dem Autofahrer entspannen können) Schlaf-Lounges, oder Smart Payment (Bezahlsystem ohne Kasse, das Handy allein registriert alle Einkäufe im Tankstellenshop automatisch) vorgestellt.

Um die Kunden zu halten und zu überraschen, ist es wichtig, regelmäßig mit neuen Innovationen der Konkurrenz voraus zu sein. Da die Anzahl der Stromkunden nicht sprunghaft ansteigen wird, kann sich das Tankstellengewerbe auch langfristig auf diese Kunden einstellen. Vorzugsweise werden solche Stationen in Frage kommen, die auch schon bisher als Versorgungspunkte für Autofahrer gelten.

Sonderfall Autohof und Autobahntankstelle: Tankstellen entlang von Schnellstraßen und Autobahnen sind erste Wahl, unterliegen allerdings in Deutschland einem gesonderten Regime. Sie stehen fast gänzlich im Eigentum der Tank & Rast GmbH, die allein darüber entscheidet, welche Investitionen dort getätigt werden. Auch Autohöfe bleiben hier außerhalb der Betrachtung, weil sie nur selten mittelständisch organisiert sind. Auch sind sie Lkw-orientiert und richten sich in ihrem Angebot nur marginal an Pkw-Kunden. Allerdings wären hier meist ausreichende Platzverhältnisse für Ladeeinheiten vorhanden.

Standorte für Elektroladesäulen an mittelständischen Tankstellen müssen besonders sorgfältig gewählt werden, weil Fehlinvestitionen im Mittelstand sehr schnell negativere wirtschaftliche Auswirkungen haben als bei Konzernen. Ein gewisses Henne-Ei-Problem wird sich dennoch zunächst nicht vermeiden lassen. Eine Rendite ist, wie eingangs dargestellt, auch auf längere Sicht nicht zu erwarten. Ladesäulen an Tankstellen dürfen deshalb das bestehende Tankstellengeschäft nicht beeinträchtigen, sie müssen es vielmehr ergänzen, bestenfalls durch entsprechende Marketingmaßnahmen aufwerten.

Tankstellen an Überlandstraßen erscheinen besser geeignet als solche in Ballungsräumen, wo Elektroautos zu Hause geladen werden und öffentliche Ladestationen ausreichend vorhanden sind. Tankstellen in Wohngebieten mit ausreichend Parkraum können ebenfalls gut geeignet für die Errichtung von Ladesäulen sein, wenn ansonsten Parkplätze knapp sind. Wesentliche Voraussetzung ist eine ausreichende Anschlussleistung der Tankstelle, die allerdings oft vorhanden ist (vgl. auch 2.1.1).

Die freie Tankstelle als akzeptierter Versorgungspunkt des Autofahrers: Gutes Marketing ist ebenfalls eine Voraussetzung für die Akzeptanz von Elektroladesäulen an Tankstellen, wie ein früher und immer wieder beworbener Markteintritt. Autofahrer sind an die Versorgungsfunktion der Tankstelle gewöhnt. Es ist eigentlich eine Selbstverständlichkeit, wenn Tankstellen sie auch mit der neuen Energie, dem Strom, beliefern, zumal alle anderen Annehmlichkeiten einer guten Tankstelle ohnehin schon vorhanden sind. In der Anfangsphase der Elektroautos spielten die Tankstellen allerdings keine Rolle. Die Energieversorger setzten zunächst auf Kundenbindung und versuchten, ihre eigenen Ladesäulen im öffentlichen Raum zu platzieren. Kommunikation oder gar Kooperation mit Tankstellenbetreibern fand bisher nicht statt. Erst in jüngster Zeit berichtet der Bundesverband Freier Tankstellen [bft 2016] von ernsthaften Gesprächen mit Anbietern von Ladetechnik und Energie mit dem Ziel einer Zusammenarbeit zum Wohle des Kunden.

Die freie Tankstelle als Servicepunkt für e-Carsharing-Flotten: Damit die mittelständischen Tankstellen Vorreiter in der Elektromobilität werden, würde es sich anbieten, mit „e-Carsharing-Flotten“ aktiv zusammenzuarbeiten und den Tankstellenstandort für Serviceleistungen zur Verfügung zu stellen. Mit den an den Tankstellen bereitgestellten Elektrofahrzeugen könnte man dann zu einer anderen mittelständischen Tankstelle fahren und dort sein Auto wieder abstellen. Das hätte den Vorteil, dass man sich nicht nur in einem bestimmten Bereich mit dem geliehenen Fahrzeug aufhalten kann, sondern deutschlandweit. Dieses System kennt man bereits von Autovermietungen. Allerdings sind die Ausleih- und Rückgabestationen zahlenmäßig deutlich geringer und überwiegend in größeren Städten vorhanden. Dagegen existiert in Deutschland ein flächendeckendes Netz an mittelständischen Tankstellen, das auch noch stetig wächst. So sollte es kein Problem darstellen, in der Nähe seines Zielortes eine Abgabestation zu finden.

Pflege- und Wartungsangebote an freien Tankstellen: Laut der Internetplattform “Statista“ waschen 23 % der Deutschen ihren Pkw immerhin 6 - 10 mal pro Jahr. Über die Hälfte von ihnen verbindet das Waschen ihres Fahrzeuges noch mit einem Tankvorgang, was perspektivisch sehr interessant für die Tankstellenbetreiber ist.

Durch die technologischen Veränderungen in den Fahrzeugen sind heute eine Vielzahl an speziellen und meist teuren Diagnosegeräten für die Reparatur und Wartung notwendig. Die meisten Tankstellen haben sich deshalb auf weniger anspruchsvolle Arbeiten wie Reifen- und Ölwechsel und den Einbau von standardisierten Ersatzteilen, wie z.B. Leuchtmitteln, beschränkt.

Wesentliche Kriterien aus Sicht eines Tankstellenbetreibers sind die Lade- und Parkdauer sowie die erforderlichen Ladeleistungen zur raschen Füllung des elektrischen Energiespeichers. Zu beantworten ist am jeweiligen Standort, wie die Wartezeit für Kunden sinnvoll und für den Betreiber lukrativ überbrückt werden kann.

2.2.2 Anforderungen an die Tankstelle der Zukunft

Umfangreiche Recherchen und Analysen der TU München folgten einem problemzentrierten Ansatz und konzentrierten sich auf die Erfahrungen der Nutzer mit der aktuell vorhandenen Infrastruktur [TU München 2012]. Befragt wurden 75 Elektrofahrzeug-Nutzer aus dem deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich und Schweiz) in Form eines Online-Surveys. Die Untersuchung setzte sich aus offenen Fragen zur Nutzung und Ratings der Strukturen zusammen. Die Studie kommt unter anderem zu dem Ergebnis, dass zwar 57 % der Befragten die öffentliche Ladeinfrastruktur nutzen, im alltäglichen Normalfall aber die Mehrheit ihr Elektrofahrzeug zu Hause lädt. Für 75 % der Befragten ist die momentane Ladezeit im Alltag akzeptabel – eine Schnellladung würde nur teilweise Erleichterungen bringen. Die Wartezeit während des Ladevorgangs an öffentlichen Ladesäulen wird dabei von einem großen Teil der Befragten für Besorgungen unterschiedlicher Art genutzt. Als Anforderungen für eine zukünftige, verbesserte Ladeinfrastruktur können nach der Auswertung der Studie unter anderem folgende Punkte formuliert werden:

- Aufbau von Ladesäulen nur an Orten, an denen die zu überbrückende Zeit sinnvoll genutzt werden kann oder ein einfacher Umstieg auf andere Verkehrsmittel möglich ist.
- Erhöhung des Ladekomforts durch einen kompatiblen und zuverlässigen Ablauf.
- Betrieb der Ladesäulen mit Strom aus klar gekennzeichnete regenerativer Herkunft.
- Konsequentes Vorgehen gegen Fremdarker auf den Ladeparkplätzen.

Erkenntnisse aus einer Fraunhofer Studie [IAO 2014] zeigen, dass auch Elektrofahrzeuge durchaus für die Langstrecke, unter der Einhaltung von gewissen Pausenobergrenzen, nutzbar sein können. Steigen die Reichweiten der Elektrofahrzeuge auf ein langstreckentaugliches Maß und sind die Ladezeiten mit jenen eines konventionellen Tank- und Pausenvorganges zu vergleichen, werden sich Elektrofahrzeuge auch auf Langstrecken durchsetzen können. Diese Studie formuliert auch einen Kundenwunsch nach kurzen Ladezeiten (< 30 min). Dazu müssen zukünftige E-Tankstellen entsprechende Ladeleistungen und eine ausreichende Anzahl an Ladestationen anbieten. Durch den Einsatz von Schnellladestationen mit einer Ladeleistung von 150 kW ist es möglich, in einer halben Stunde ausreichend Energie für eine Fahrstrecke von 200 km zu „betanken“ (angenommener Verbrauch bei Autobahnfahrt: 34 kWh/100 km, 10 % Ladeverluste). Wächst das Angebot an langstreckentauglichen E-Fahrzeugen, kann der Bedarf an Schnellladestationen in den nächsten Jahren sehr stark ansteigen. Dies gilt vor allem für Fahrten auf Autobahnen, wo nur kurze Ladezeiten akzeptiert werden.

Um viele Fahrzeuge an einem Standort gleichzeitig möglichst schnell betanken zu können, sind hohe Ladeleistungen notwendig, welche vom Leistungsnetz bereitgestellt werden müssen. Um ortsspezifische Prognosen des Leistungsbedarfes für eine E-Tankstelle durchführen zu können, ist eine Analyse der Fahrzeugladefrequenzen sowie des Mobilitätsverhaltens nötig. Des Weiteren bedarf es einer genaueren lokalen Analyse der beschriebenen Einflussfaktoren. Weiterhin sind Batterien (noch) zu teuer, die Laufleistung der Batterien ist (noch) zu gering und die Ladestellen-Infrastruktur fehlt (noch). Aktuell sind auch die Ladezeiten (noch) zu lang.

Neben diesen Herausforderungen entstehen für den Tankstellenbetreiber auch neue Chancen und Möglichkeiten, indem sich neue Märkte und Geschäftsideen verwirklichen lassen. Der Elektrofahrzeug-Fahrer wird eine längere Fahrt vorab planen und sich während der Ladepausen mit den zusätzlichen Angeboten der Tankstelle beschäftigen; somit wird die E-Mobilität die Tankstelle der Zukunft auch in der Richtung der Servicedienstleistungsangebote verändern.

Anhand eines Tankstellenkonzeptes für das Jahr 2025 wäre ein Szenario denkbar, wie es in Abb. 17 dargestellt ist [Walzel 2016].

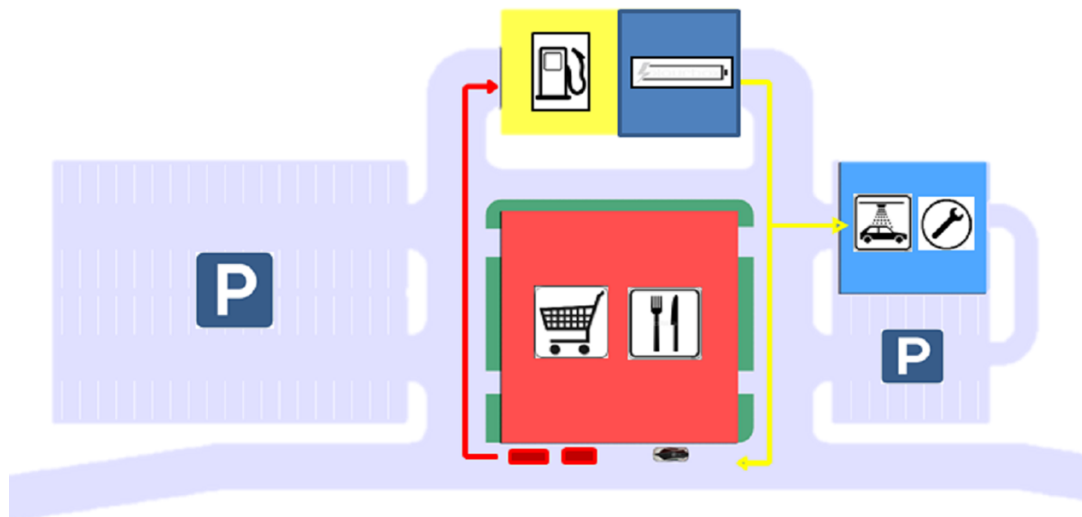


Abb. 17: Konzeptvorschlag – Moderne Tankstelle

Es gibt momentan noch keine ausgearbeiteten und praktikablen Lösungskonzepte, wie Bewohner in sehr dichten Ballungsgebieten ihr Auto in Zukunft laden können. Damit auch Personen ohne eigenen Stellplatz die Möglichkeit bekommen, ihr Auto vor der Haustür zu laden, müssen dort Ladestationen errichtet werden.

Denkbar wäre, dass Tankstellen im innerstädtischen Bereich von der Kommune die Genehmigung erhalten, ihre Ladestationen in einem bestimmten Radius um die Tankstelle herum zu errichten. Der Tankstellenbetreiber sorgt in den Bereichen, in denen Ladesäulen errichtet werden, auch für die Parkraumbewirtschaftung. Dadurch bekommt er nicht nur das Recht, bestimmte Standorte zu bebauen, sondern er kann den Ladevorgang auch abrechnen. Sollten auf den markierten Flächen Fahrzeuge lediglich zum Parken abgestellt werden, hätten die Tankstellenbetreiber die Befugnis, diese kostenpflichtig zu verwarnen oder sogar abschleppen zu lassen.

Durch die Verlagerung der Ladestationen in die umliegenden Wohnquartiere könnte zum einen das Problem der geringen Parkflächen auf den meisten Tankstellengeländen gelöst werden und zum anderen blieben dem Nutzer lange Wege zum eigenen Pkw erspart. Das Konzept der ausgelagerten Ladestationen bei mittelständischen Tankstellen definiert ausgewählte, bestehende innerstädtische Tankstellen mit einem umliegenden Versorgungsradius (beispielsweise 500 m). In den jeweiligen Flächen besitzt die Tankstelle das Recht, Ladesäulen im öffentlich zugänglichen Bereich zu errichten. Mit dieser Flächenaufteilung

ist es möglich, die Innenstadt und dicht bewohnte Gebiete bedarfsgerecht zu versorgen. Die tatsächliche Versorgungsfläche einer Tankstelle richtet sich aber nach der Bedarfsdichte und kann entsprechend von dem vorgegebenen Radius abweichen.

Deshalb müssen zur Erarbeitung eines optimalen Gesamtkonzeptes die innerstädtischen Wohngebiete sowie „Points of Interest“ (POI's) berücksichtigt werden. Zu diesen POI's gehören dann z. B. Knotenpunkte des öffentlichen Verkehrs, Kliniken und Ärztezentren oder der großflächige Einzelhandel. Das Laden an diesen Standorten während der Arbeitszeit wird kritisch gesehen, da diese Stellplätze ganztägig besetzt wären, Pendeldistanzen zu Arbeitsstellen in der Regel mit einer Ladung zu leisten sind und eine Bereitstellung durch den jeweiligen Arbeitgeber und nicht durch die öffentlichen Institutionen gewährleistet werden soll.

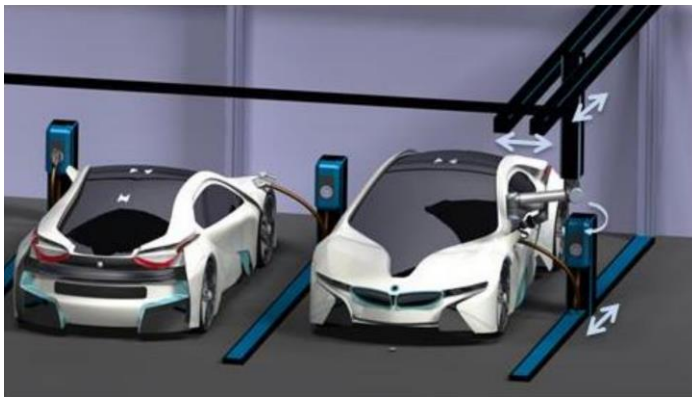


Abb. 18: Automatisiertes Aufladen

Nebensiehende Abbildung zeigt einen an der TU Graz entwickelten Konzeptvorschlag zur automatisierten Aufladung von Elektrofahrzeugen, unabhängig vom Fahrzeugtyp. Mit Hilfe eines portal-kran-ähnlichen Systems kann ein Roboterarm eine Anzahl von geparkten Fahrzeugen bedienen [Walzel 2015].

In diesem Zusammenhang gehört die eigenständige Parkplatzsuche mit 66,3 % Zustimmung aller Befragten aus einer Studie für Konsumentenforschung zu den wichtigsten Funktionen, welche sich Kunden in der Zukunft von Fahrzeugen erwarten [Walzel 2016].

- Durch die zukünftige vernetzte Kommunikation von Fahrer, Fahrzeug und Infrastruktur könnte auch der Ladevorgang mit Hilfe des selbstfahrenden und -parkenden Autos automatisiert werden. Induktive DC-Schnelllader können hohe Leistungen bereitstellen, erfordern aber neue Technologien und Ansätze für einen automatisierten Ladeprozess.
- Der Kunde parkt sein Fahrzeug vor dem Einkaufszentrum, das Fahrzeug fährt autonom zum nächsten freien Parkplatz oder direkt zur Lade- und Tankstation. Nach der erfolgreichen automatisierten Betankung (elektrisch oder fossil) kann der Fahrer nach seiner Shoppingtour, Nutzung des Restaurants oder der WLAN-Lounge über eine Handy-App sein Fahrzeug zum Eingang rufen.
- Weitere Fahrzeug-Dienstleistungen, wie Fahrzeugwäsche oder Fahrzeugservice etc., können nach dem automatisierten Tankvorgang durchgeführt werden. Der Kunde kann in Ruhe seinen Tätigkeiten nachgehen und bei Bedarf das Fahrzeug über sein Handy verfolgen. Parkplatzsuche, Wege zum Fahrzeug sowie der gesamte Tankvorgang und die Servicedienstleistungen am Fahrzeug werden automatisiert durchgeführt.

Während es für den Aufbau der Ladeinfrastruktur bisher kein positives Geschäftsmodell gibt, ist die Parkraumbewirtschaftung voll etabliert. In der genannten Studie wird Parken und Tanken zusammengefasst unter dem Begriff der Parktankanlagen der Zukunft.

E-Mobilität wird die Tankstelle der Zukunft auch in Richtung der Serviceleistungsangebote deutlich verändern. Die Attraktivität wird deshalb maßgeblich durch begleitende Dienstleistungs- und Freizeitangebote bestimmt. Wichtig sind Ladesäulen, die für alle Elektroautos nutzbar sind.

2.3 Geschäftsmodell Tankstelle

2.3.1 Betrieb der Ladeinfrastruktur

Die Branchenstudie Tankstellenmarkt 2015 Deutschland [SCOPE 2015] benennt fünf Erfolgsfaktoren für den wirtschaftlichen Erfolg mittelständischer Tankstellen

1. Standortqualität
2. Kaufmännisches Know-how
3. Offensives und systematisches Marketing
4. Breites Dienstleistungsangebot, Einbeziehung von Zusatzgeschäften
5. Kooperationsfähigkeit und Kooperationsbereitschaft der Tankstellenunternehmer

Unter dem Aspekt der Nutzung der mittelständischen Tankstelleninfrastruktur für die Elektromobilität sind unter Berücksichtigung des bisherigen Geschäftsbetriebs die möglichen Gesamtkosten für die Investition, den Betrieb und die Wartung von Ladeinfrastruktur bedeutsam, da diese die möglichen Einnahmen aus dem Stromverkauf bestimmen. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Ladeinfrastruktur gibt es unterschiedliche Kostenblöcke und Einflussfaktoren. Dazu zählen Kosten für Technik, die Installation mit dem Anschluss an das Stromnetz, der Betrieb und die Wartung. Allgemein ist bis heute kein ausreichender und selbsttragender Auf- und Ausbau von Ladeinfrastruktur zu beobachten. Bei verschiedenen Unternehmen, zum Beispiel Handelseinrichtungen oder Restaurants, aber auch für mittelständische Tankstellen, kann dennoch ein Aufbau von Ladeinfrastruktur zur starken Kundenbindung zielführend sein.

Die einfachste Einrichtung ist die Bereitstellung einer Systemsteckdose oder Wall-Box mit niedriger Ladekapazität. Die Gesamtinvestitionen hierfür liegen heute bei etwa 500 bis 800 € für die Systemsteckdose/Wall-Box ohne Abrechnungsmöglichkeit und bei etwa 2.500 € für eine Ladeeinrichtung mit Abrechnungsmöglichkeit. Diese Ladeeinrichtung scheidet für Tankstellen allerdings aus, weil die Ladezeiten mehrere Stunden dauern.

Heute können Kunden an Tankstellen innerhalb weniger Minuten Energie für eine Reichweite von bis zu 1.000 Kilometer tanken. Ein Angebot, das E-Mobilitätskunden über Stunden an die Tankstelle fesselt, wird nicht akzeptiert. Deshalb sind momentan an Tankstellen grundsätzlich nur solche Ladeeinrichtungen geeignet, die den Ladevorgang auf einen Zeitraum, der in Minuten gemessen werden kann, begrenzen. Es sind deshalb die in Teil 1

beschriebenen Schnellladeeinrichtungen zwingend notwendig. Tankstellen bieten mit ihren spezifischen Anschlusswerten grundsätzlich bereits gute Voraussetzungen für die Errichtung solcher Schnellladestation mit Ladeleistungen von mehr als 50 kW/h. Um einen sicheren und störungsfreien Betrieb von Ladestation und Tankstelle zu gewährleisten, ist im Normalfall ein Verbrauchsmanagementsystem in der Tankstelle einzusetzen, um Überlastungen der Stromversorgung zu vermeiden. Diese Systeme sind an die jeweilige Station anzupassen. Ihre Kosten sind in den hier zuvor genannten Zahlen deshalb nicht enthalten. Je nach Aufwand können diese bei mehreren Tausend Euro liegen. Zur Berechnung eines Business Case sind zuvor Aussagen zu folgenden Bereichen erforderlich:

- regionale Gegebenheiten,
- technische Ausführungen von Stationen und Fahrzeugen,
- sowie das Nutzerverhalten.

In jedem Fall sind die jeweiligen Netzbetreiber am Standort die primären Ansprechpartner zur Klärung folgender Fragestellungen [Peters 2012]:

- Ladeverhalten und Leistungsbedarf,
- Auswirkungen auf das Stromnetz (Ortsnetzstationen) und die Energiebereitstellung bei Hochrechnung der Nutzungsdaten,
- Potenzial von Vehicle-to-Grid Modellen,
- Technisches Monitoring hinsichtlich der Fahrprofile,
- Kundenbedürfnisse und -akzeptanz sowie Nutzerverhalten,
- Bewertung technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte.

Deshalb sind am jeweiligen Standort folgende Fragen zu beantworten:

- In welcher Form muss erweitert werden?
- Welche Trafo-Stationen/Netzzugänge sind notwendig/zu erschließen?
- Beachtung von Gleichzeitigkeitsfaktoren (Intensität der Nutzung der Ladestellen), Struktur der Elektroverteilung.

Ladeeinrichtungen, die mit einem Abrechnungssystem verbunden sind, müssen den eichrechtlichen Anforderungen genügen. Die Einhaltung der entsprechenden Normen und Vorschriften ist sowohl auf der Systemseite als auch bei der Überwachung der Anlagen zu gewährleisten, was allein wegen der exorbitant hohen Eichkosten die Wirtschaftlichkeit der Anlagen weiter hinauszögert.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass Ladestellen an Tankstellen nur vom „Durchreisenden“ auf der Langstrecke oder zum Nachladen zwischendurch genutzt werden. Die weitestmeisten Ladevorgänge werden zu Hause, beim Arbeitgeber oder auch auf Parkplätzen stattfinden. Die Abrechnung der „getankten“ Energie kann über die dem Autofahrer bekannten und anbieterunabhängigen Bezahlssysteme (Bar, Giro- oder Kreditkarte bzw. Flottenkarte) erfolgen. Flottenkarten werden von Mineralölgesellschaften, mittelständischen Tankstellen und auch Fahrzeugleasinggesellschaften angeboten. Flottenkarten können darüber hinaus relevante Daten für das Fuhrparkmanagement liefern. Erfahrungen aus dem klassischen Kraftstoffmarkt haben gezeigt, dass gesonderte Bezahlssysteme, wie das Roaming oder Flottenkarten marktstarker Mineralölfirmer, grundsätzlich geeignet sind,

den Wettbewerb im Strommarkt zu beeinträchtigen. Einem anbieteroffenen Bezahlssystem ist deshalb grundsätzlich der Vorzug zu geben.

2.3.2 Das Tesla-Modell

Das Tesla-Modell, das den Tesla-Fahrern kostenloses Laden ermöglicht, wird an Tankstellen vorbehaltlich des Vorhandenseins der technischen Voraussetzungen nur dann auf Dauer wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn das Unternehmen Tesla dem Tankstellenbetreiber diese Dienstleistung für den Autofahrer in angemessener Form vergütet und die Kosten für Investitionen und Betrieb der Ladeeinrichtungen selbst trägt. Zwar ergibt sich durchaus ein Wertschöpfungspotential für den Conveniencebereich der Tankstelle, wenn Tesla-Kunden oder andere E-Mobility-Kunden die Ladezeit für einen Shop- oder Loungebesuch nutzen. Allerdings birgt dieses Marktsegment bei deutlich steigender Zahl von Stromtankern durchaus Entwicklungspotential. So könnten bei Rückgang des Kraftstoffgeschäfts und damit verbundenem Rückbau von Zapfsäulen der frei werdende Raum für Ladeeinrichtungen genutzt werden. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der vorhergesagten „Hybridisierung“ eine belastbare Option. Es wäre durchaus sinnvoll, für diese Fahrzeuge zusätzlich in direkter räumlicher Nähe auch eine Lademöglichkeit anzubieten. Solche technischen Optionen sollten schon heute bei der Planung oder bei einem Umbau von Tankstellen mit eingeplant werden, um kostenintensive Erdarbeiten zu minimieren. Sollte die Anschlussleistung der Anlage insgesamt zu klein sein, z.B. bei Errichtung mehrerer (Schnell)Ladeeinrichtungen, müssen, wie beschrieben, erhebliche zusätzliche Investitionen für eine Transformatorstation eingeplant werden (vgl. Abschnitt 1.4.3).

2.3.3 Weitere Geschäftsmodelle für Ladeeinrichtungen

Im Bereich der Parkraumbewirtschaftung sind vielfältige Möglichkeiten für Ladeeinrichtungen denkbar. Insbesondere im Bereich von Park & Ride-, Firmen-, Supermarkt- und Parkhausparkplätzen sind solche Modelle schon in der Praxis erprobt. Diese Modelle sind allerdings nicht Gegenstand der Studie, soweit es um deren Realisierung geht. Diese Modelle sind allerdings eine wesentliche Voraussetzung für die Marktdurchdringung der Elektromobilität. Das unproblematische Laden wird die wichtigste Voraussetzung dafür sein, dass der Autofahrer diese Energieart akzeptiert. Das gilt für alle Energiearten. So hat sich Erdgas bis heute nicht durchsetzen können, obwohl dieser Kraftstoff deutlich günstiger als herkömmlicher Kraftstoff ist, weil der Kunde das Tanken und die Performance insgesamt als unbefriedigend erlebt.

Erfolgreiche Geschäftsmodelle für die moderne Tankstelle der Zukunft sind noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Für eine genauere Betrachtung sind regionale Gegebenheiten, technische Ausführungen von Stationen und Fahrzeugen sowie das regionale- und das Nutzerverhalten zu berücksichtigen. Um Fehlentwicklungen zu vermeiden, wird die Erarbeitung eines „Leitfadens für Tankstellenbetreiber“ empfohlen.

3. Ergebnisse und weiterführende Überlegungen

3.1 Folgerungen aus der Studie

3.1.1 Neues Denken erforderlich

Es reicht nicht mehr aus, nur in altgewohnten Strukturen zu denken. Eine fehlende Risikobereitschaft und die damit verbundene zurückhaltende Investitionsbereitschaft in vermeintlich unsichere Projekte erschwert in Deutschland vielfach den notwendigen Paradigmenwechsel. Neue Entwicklungsperspektiven müssen gedacht und in Investitionen umgesetzt werden. Naturgemäß ist die Investitionsperspektive für Mittelständler schwierig, daher muss die Politik die Bereitschaft zeigen, den Mittelstand konkret zu unterstützen. Soll der Wettbewerb im jetzigen Tankstellenmarkt auch für die E-Mobilität erhalten werden, muss der Mittelstand zumindest in gleicher Weise wie andere Marktteilnehmer gefördert werden.

Die aktuellen Bestands- und Zulassungszahlen sowie die Prognosebetrachtungen zu Fahrzeugentwicklungen mit alternativen Antriebstechniken deuten darauf hin, dass auch längerfristig (für einen Zeithorizont nach 2030) Kraftfahrzeuge mit hybrider Antriebstechnik (HEV/PHEV) die Mobilitätsentwicklung maßgeblich bestimmen werden. Rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV) weisen dagegen auf absehbare Zeit nicht die Flexibilität auf, die den allgemeinen Mobilitätsbedürfnissen uneingeschränkt entspricht. Der dazu erforderliche Aufbau einer flächendeckenden und engmaschigen Versorgung mit Schnellladestationen hoher Anschlussleistung ist wirtschaftlich kurzfristig kaum umsetzbar.

Ohne eine grundlegende Weiterentwicklung der Batterietechnik kann die Problematik der eingeschränkten Reichweiten bei vertretbaren Kosten für den Massenmarkt und eine Abdeckung des Bedarfs auch an preisgünstigen Fahrzeugen nicht prinzipiell gelöst werden. Hybridfahrzeuge bieten dabei einen vergleichsweise kostengünstigen Weg zu nennenswerten Ressourceneinsparungen und Emissionsminderungen an. Die Kombination mit klassischer Verbrennungstechnik ermöglicht im Alltagsgebrauch emissionsfreies Fahren (PHEV) und bietet gleichermaßen die Flexibilität zu längeren Fahrtstrecken, Umwegfahrten und spontanen Routenänderungen sowie die Versorgungssicherheit in ländlichen, dünnbesiedelten Räumen.

Eine Voraussetzung dazu ist der Erhalt einer ausreichenden Tankstelleninfrastruktur.

3.1.2 Tankstellen bleiben wichtige Infrastruktur-Standorte

Tankstellen müssen den Aufbau einer Schnellladeinfrastruktur verstärken, damit sie wichtige Infrastruktur-Standorte bleiben. In der flächendeckenden Ausrichtung kommt dabei auch den mittelständischen Tankstellen eine besondere Bedeutung zu.

In Verbindung mit geplanten Aufenthalten während einer Fahrt oder an einem Zielort bieten sich Tankstellenstandorte zum Aufbau einer Schnelllademöglichkeit (mindestens 100 kW, vorzugsweise ab 150 kW) an. Hierzu sind insbesondere Standorte an Hauptverkehrs-

achsen und Fernstraßen (Autobahnen) geeignet, wie beispielsweise Park- und Rastanlagen oder Autohöfe, wobei dort während der Ladezeit komplementäre Angebote genutzt werden können. An Sonderstandorten und in Ballungsräumen bieten sich auch Einkaufszentren, Event-Arenen und ähnliches an.

Hier könnten technische Weiterentwicklungen greifen, die ein fahrerloses Zuführen des Fahrzeugs zu Lade- und Tankstationen sowie Parkierungsflächen ermöglichen. Auf diese Weise lassen sich auch baurechtliche Probleme bzgl. einer direkten Zuordnung der Versorgungsinfrastruktur zu den Dienstleistungsbereichen umgehen.

Entsprechende Standorte generieren ein ausreichendes Nachfragevolumen und gewährleisten damit eine Rentabilität für den Betreiber. Dabei sollten sich Betreiber der Infrastruktur als Kooperationspartner in einem offenen Netzverbund mit Anschluss an bestehende Abrechnungssysteme verstehen, der damit eine uneingeschränkte Zugangsmöglichkeit und verlässliche Statusinformationen für den Kunden als Nutzer bietet.

Die klassische Tankstelleninfrastruktur ist auf absehbare Zeit von zentraler Bedeutung für die Sicherung der individuellen Mobilität. Tankstellen können sich zu wichtigen Standorten beim Aufbau einer Schnell-Ladeinfrastruktur entwickeln.

3.2 Szenarien zur Diskussion

Die Entwicklung der Elektromobilität ist längerfristig schwer abzuschätzen. Die derzeit vorliegenden Szenarien (siehe Abschnitt 1.5.3) gehen allgemein von einer zunehmenden Bedeutung elektrisch betriebener Fahrzeuge (insbesondere mit Hybridantrieben) im privaten Bereich aus. Dabei werden unterschiedliche wirtschaftliche, gesellschaftliche und geopolitische Randbedingungen in der Modellbildung angenommen, die zu einer weiten Spreizung der denkbaren Entwicklungen zwischen eher zurückhaltenden und eher zweckoptimistischen Einschätzungen führen.

Unstrittig dürfte sein, dass die Elektromobilität auf dem Fahrzeugmarkt nur unter der Voraussetzung einer öffentlichen Förderung, die sich sowohl auf das Fahrzeug selbst wie auch auf die zur Nutzung erforderliche Infrastruktur erstreckt, aus ihrem derzeitigen Nischendasein herauswachsen kann, sofern nicht über den Weg der gesetzlichen Verordnung politisch massiv in die Marktentwicklung eingegriffen wird.

In drei Szenarien sollen Umsetzungsvarianten hinsichtlich ihrer denkbaren Auswirkungen auf die technische und gesellschaftliche Entwicklung aus Autorensicht zur Diskussion gestellt werden. Eine umfassende und abschließende Betrachtung der Thematik ist damit nicht verbunden.

Anschub	Nachdruck	Verpflichtung
<p>Mäßige finanzielle Förderung durch Kaufanreize und lediglich sparsame Unterstützung beim Aufbau der Infrastruktur. Keine aktive Förderung der E-Mobilität im Verkehrsraum. Politische Statements ohne nachhaltige Handlungskonzepte (Bestands-Szenario).</p>	<p>Ausgleich der Kostennachteile beim Kauf von BEV/PHEV und massive öffentliche Investitionen in den Ausbau der Infrastruktur. Sichtbare Vorbildfunktion der Nutzung von Elektrofahrzeugen im öffentlichen Bereich. Exklusive Nutzungsrechte im Verkehrsraum.</p>	<p>Politische Entscheidung zum Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger im Mobilitätsbereich. Definition einer Zeitschiene bis zum verordneten Verkaufsstopp von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (Ausstieg und Umstellungsphase, vollständige Marktverdrängung).</p>
↓	↓	↓
<p>Das Fahrzeug mit klassischem Antrieb (Verbrennungsmotor) dominiert als preiswerte Variante ohne faktische Reichweitenbegrenzung langfristig den Markt. Die E-Mobilität bleibt weitgehend beschränkt auf Nutzer, die mehrere Fahrzeuge betreiben (Zweitfahrzeug) oder für Unternehmen/Behörden/KEP. Für Kurzstrecken im alltäglichen Arbeits-, Einkauf- und Freizeitverkehr wird das Elektro-Fahrzeug (überwiegend PHEV) genutzt. Die technische Weiterentwicklung bleibt auf wenige Schrittmacher begrenzt, der Ausbau der Ladeinfrastruktur bleibt lückenhaft. Elektrofahrzeuge verdrängen auch längerfristig nicht die klassische Antriebstechnik.</p>	<p>Elektrofahrzeuge werden künstlich wettbewerbsfähig (insbesondere PHEV). Bei steigender Nachfrage wächst die Bereitschaft zu privatwirtschaftlichen Investitionen in die Fahrzeugentwicklung und Infrastruktur. Eine Entwicklung zu einem Massenmarkt kann zu Kostenvorteilen führen, die Herstellungskosten senkt und individuelle E-Mobilität bei weiterer öffentlicher Förderung billiger für den Nutzer erscheinen lässt. Die als umweltfreundlich eingeordnete Elektromobilität wirkt sich dämpfend auf die Bereitschaft aus, öffentliche Verkehrsmittel (ÖV) zu nutzen. Elektrofahrzeuge verdrängen längerfristig die klassische Antriebstechnik.</p>	<p>Alternativen zu Elektrofahrzeugen werden nicht mehr angeboten. Die Neuorientierung der Versorgungsinfrastruktur ist erforderlich, die klassische Tankstelle ist Auslaufmodell (bzw. bietet Versorgungsinfrastruktur für die Brennstoffzelle, sofern diese Technologie im Zeitfenster verfügbar ist). Neue Betreiberkonzepte orientieren sich am Strommarkt. Im privaten Bereich werden veränderte Verhaltensweisen erzwungen, evtl. eingeschränkte Nutzung des privaten Pkw auf Mittel- und Langstrecken. Der Besitz eines eigenen Pkw ist stark einkommensabhängig (hohe Anschaffungskosten, Gebrauchtwagenpreise von Batteriekosten bestimmt). Alternativen in der Verkehrsmittelwahl sind Car-Sharing (im Nahbereich) oder ÖV/Fernbus.</p>
Auswirkungen auf die Tankstelleninfrastruktur		
<p>Tankstellen kommen als Betreiber der Ladeinfrastruktur nur an exponierten Standorten in Betracht, an denen über eine hohe Nutzerfrequenz eine wirtschaftliche Auslastung erreicht wird. Andere Ladestandorte stagnieren bzw. sind auf öffentliche Förderung angewiesen, ihre lang- bzw. mittelfristige Perspektive bleibt ungewiss.</p>	<p>Tankstellen kommen grundsätzlich als Betreiber der Ladeinfrastruktur in Betracht. Eine geringe Nutzerfrequenz wird durch öffentliche Förderung in Aufbau und Betrieb ausgeglichen. Ein ausgeprägter Dienstleistungsmix am Standort gleicht Mindereinnahmen aus dem Mineralölgeschäft aus bzw. kann zu zusätzlichen Geschäftsmodellen ausgebaut werden.</p>	<p>An exponierten (ehemaligen) Tankstellenstandorten kann eine Ladeinfrastruktur angeboten werden, wenn dort die Nutzerfrequenz eine wirtschaftliche Auslastung gewährleistet. Herkömmliche Tankstellen werden nicht mehr benötigt, sobald ausschließlich Elektrofahrzeuge (BEV) zulässig sind.</p>

Quellenverzeichnis

Literaturquellen

[ADAC 2010]: Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (Hrsg.). Mobilität in Deutschland. München, 2010.

[ADAC 2014]: ADAC Autokostenvergleich: Von Rentabilität noch weit entfernt – was Elektroautos den Verbraucher kosten.

[bft 2016]: Interview mit dem Hauptgeschäftsführer des Bundesverbands Freier Tankstellen (bft) e.V. Axel Graf Bülow 21.9.2016.

[BMVI 2009]: Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Berlin, 2009.

BMWi 2016a]: Impulspapier Strom 2030 Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin, 2016.

[BMWi 2016b]: Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile. Ladesäulenverordnung (LSV). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin, 2016.

[Chargemap 2016]: Statistiken über Ladestationen in Germany. Chargemap SAS. Strasbourg, 2016.

[DAT 2016]: DAT-Report. Deutsche Automobil Treuhand GmbH. Ostfildern, 2016.

[DIFU 2007]: Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (DIFU). Berlin, 2007.

[Dstatis 2015]: Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden, 2015.

[e-Mobil BW 2015]: Strukturstudie BW e-MOBIL 2015, Elektromobilität in Baden-Württemberg. Hrsg.: e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg. Stuttgart, 2015.

[Eurotax 2010]: Alternativ angetriebene Fahrzeuge in Europa. Eurotax-Schwacke/BDW-Automotive. Maintal/Leverkusen, 2010.

[IAO 2014] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Charge-lounge: schnelles Laden neu erfunden! Stuttgart, 2014.

[IFA 2010]: Automobilmarketing. Marktprofil, Automotive, Markenpolitik. Institut für angewandte Forschung in der Automatisierung der FH Reutlingen (IFA). Reutlingen, 2010.

[IFEU 2016]: Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. Heidelberg, 2016.

[ISI 2011]: Status Quo und Perspektiven der Elektromobilität in Deutschland. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI). Karlsruhe, 2011.

- [KBA 2015]: Jahresbericht 2013/2014. Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2015.
- [MOP 2014]: Deutsches Mobilitätspanel. Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung. Bericht 2012/2013. Alltagsmobilität und Fahrleistungen. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Karlsruhe, 2014.
- [NPE 2011]: Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Berlin, 2011.
- [NPE 2015]: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen. Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). Berlin, 2015.
- [Peters 2012]: Peters, Anja u.a.: Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Hrsg.: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Berlin, 2012.
- [Shell 2014]: Shell PKW-Szenarien bis 2040. Fakten, Trends und Perspektiven für Automobilität. Shell Deutschland Oil GmbH. Hamburg, 2014.
- [TUB 2015]: Schnellladen: Eine Option für den Umstieg auf Elektromobilität? Technische Universität Berlin, Institut für Land- und Seeverkehr, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung. Berlin, 2015.
- [TUM 2012] Landau, Marc; Frenkler, Fritz. Studie zu den Erfahrungen beim Laden von Elektrofahrzeugen. Technische Universität München, Lehrstuhl für Industrial Design.
- [Walzel 2015]: B. Walzel: Neue Fahrzeugkonzepte und Technologien welche die Parksituation verbessern. Zwischenbericht. Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz. Graz, 2015.
- [Walzel 2016]: B. Walzel, M. Hirz, H. Brunner: Anforderungen an die Tankstelle im Jahr 2025. Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz. Graz, 2016.
- [ZSW 2013]: Monitoring E-Mobilität 2012. Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland im internationalen Vergleich und Analysen zum Stromverbrauch. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW). Stuttgart, 2013.
- [ZSW 2016]: Presseinformation 05/2016. Zahl der Elektroautos weltweit auf 1,3 Millionen gestiegen. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Stuttgart, 2016.

Internetquellen

- [ADAC 2016]
<https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/probleme-tankstelle/anzahl-tankstellen-markenverteilung/>
 ADAC e.V., München.

[AMS 2016]

<http://www.auto-motor-und-sport.de/news/opel-ampera-e-elektroauto-2017-paris-500-km-reichweite-765522.html>

auto-motor-und-sport.de, Motor Presse Stuttgart GmbH & Co. KG, Stuttgart

[Auto 2016]

<http://www.auto.de/magazin/entwicklung-verschlafen-zu-teuer-umfrage-zu-elektroautos/>

Unister GmbH, Leipzig.

[BDEW 2016]

<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de>
BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.

[BMVI 2016]

<http://www.mew-verband.de/presse/pressemitteilungen/vortragsveranstaltung-des-afme-zum-aufbau-einer-tank-und-ladeinfrastruktur-fuer-alternative-kraftstoffe>

Referent: Helge Pols, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V., Berlin.

[BZ 2016]

http://www.berliner-zeitung.de/wirtschaft/vw-arbeitet-an-schnelllade-projekt-fuer-e-autos-24722814?dmcid=f_msn_web

Berliner Zeitung – Berliner Verlag GmbH, Berlin.

[DAT 2016]

<https://www.dat.de/aktuell/news/diesel-pkw-in-deutschland-weiterhin-beliebt-172.html>

Deutsche Automobil Treuhand GmbH, Ostfildern.

[DStGB 2015]

<http://www.dstgb.de/dstgb/Homepage/Schwerpunkte/Verkehrspolitik/Elektromobilit%C3%A4t/Aktuelle%20Umfrage%20zur%20Elektromobilit%C3%A4t/>

Deutscher Städte- und Gemeindebund e.V., Berlin.

[eMobilServer2016]

<http://www.emobilserver.de/service-tools/statistik-und-marktforschung/marktforschung/neue-studie-deutschland-und-oesterreich-erreichen-ihre-elektromobilitaetsziele-schweiz-ist-eventuell-schneller-reichweite-und-kosten-bleiben-huerden.html>

Heindl Server GmbH, Reutlingen.

[ENTEKA 2016]

<https://www.entega.de/geschaeftskunden/energieberatung/stromtankstelle/>
ENTEKA Energie GmbH, Darmstadt.

[EV NORWAY 2016]

<http://www.evnorway.no/#/now>, letzter Zugriff am: 25.08.2016

„Elektrofahrzeugbestand Norwegen“
Norsk elbilforening, Oslo.

[Handelsblatt 2016]

<http://veranstaltungen.handelsblatt.com/tankstellen/> 20. Handelsblatt Jahrestagung - Der Branchentreff - GLOBALE CONVENIENCE TRENDS IM FOKUS. Letzter Zugriff 17.09.2016, Handelsblatt GmbH, Düsseldorf.

[HDE 2016]

<https://www.einzelhandel.de/index.php/presse/zahlenfaktengrafiken/item/110185-e-commerce-umsaetze>
Handelsverband Deutschland - HDE e.V., Berlin.

[KBA 2016]:

http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fahrzeuge_node.html
Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg.

[Pütthoff 2013]

<http://convienceshop.de/messen-termine/397-tankstelle-mittelstand-2013-ideen-aus-muenster.html?showall=convienceshop.de>, LPV GmbH, Neuwied.

[SCOPE 2015]

file:///C:/Users/Frank/OneDrive/BF_Tank/Material/Scope_Tankstellenstudie_2015.pdf
Tankstellenmarkt Deutschland 2015. Scope Investor Services GmbH, Berlin.

[Streetscooter 2016]:

<http://www.streetscooter.eu>
StreetScooter GmbH, Aachen.

[strom-report 2016]

<http://strom-report.de/strom-vergleich/>
Redaktion Strom-Report.de, Berlin.

[SZ 2015]:

<http://www.sueddeutsche.de/auto/energiesparen-mit-dem-elektroauto-der-nissan-leaf-ist-ein-stromfresser-1.2971829-2>
Süddeutsche Zeitung, München.

[Welt 2015]

https://www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infoline_nt/wirtschaft_nt/article136120722/Elektromobilitaet-hat-Imageproblem.html
WeltN24 GmbH, Berlin.

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AC	Alternating Current (Wechselstrom)
BEV	Battery Electric Vehicle
bft	Bundesverband Freier Tankstellen
CEE	Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment
CCS	Combined Charging System
CHAdeMO	CHArge de Move (Ladestecker)
DC	Direct Current (Gleichstrom)
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EFH	Einfamilienhaus
€	Euro
HEV	Hybrid Electric Vehicle
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
KEP	Kurier-Express-Paket (-Dienste)
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
kVA	Kilovoltampere
l	Liter
min.	Minute
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
Pkw	Personenkraftwagen
POI's	Points of Interest
REEV	Range Extended Electric Vehicle
RFID	radio-frequency identification
SOC	State of Charge (Ladezustand)
V	Volt

MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V.
Georgenstraße 23
10117 Berlin

www.mew-verband.de

AFM+E

AUSSENHANDELSVERBAND
FÜR MINERALÖL UND
ENERGIE E.V.



BUNDESVERBAND FREIER
TANKSTELLEN UND UNABHÄNGIGER
DEUTSCHER MINERALÖLHÄNDLER E.V.



FÖRDERKREIS
PREISWERT-ENERGIE
E.V.



UTV – UNABHÄNGIGER
TANKLAGERVERBAND
E.V.