

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

Uwe Götze, Marco Rehme

**Elektromobilität –  
Herausforderungen und Lösungsansätze  
aus wirtschaftlicher Sicht**

WWDP 108/2011

ISSN 1618-1352



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

**FAKULTÄT  
FÜR  
WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN**

**Impressum:****Herausgeber:**

Der Dekan der  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
an der Technischen Universität Chemnitz

**Sitz:**

Thüringer Weg 7  
09126 Chemnitz

**Postanschrift:**

09107 Chemnitz  
Telefon: (0371) 531-34207  
Telefax: (0371) 531-26019  
E-Mail: [dekanat@wirtschaft.tu-chemnitz.de](mailto:dekanat@wirtschaft.tu-chemnitz.de)

**Internet:**

<http://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/>

ISSN 1618-1352 (Print)

ISSN 1618-1460 (Internet)

**Autorenangaben / Addresses for correspondences**

Korr. Autor: Prof. Dr. Uwe Götze, TU Chemnitz, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,  
09107 Chemnitz, Telefon: (0371) 531-26160,  
E-Mail: [uwe.goetze@wirtschaft.tu-chemnitz.de](mailto:uwe.goetze@wirtschaft.tu-chemnitz.de)

Marco Rehme, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Chemnitz, Fakultät für  
Wirtschaftswissenschaften, 09107 Chemnitz, Telefon: (0371) 531-37916,  
E-Mail: [marco.rehme@wirtschaft.tu-chemnitz.de](mailto:marco.rehme@wirtschaft.tu-chemnitz.de)

**Elektromobilität**  
**Herausforderungen und Lösungsansätze aus wirtschaftlicher Sicht**  
*Uwe Götze, Marco Rehme*

**Zusammenfassung**

Bei den noch zu überwindenden Hürden für eine von elektrischen Antrieben dominierte Zukunft wird meist primär an bestehende technische Herausforderungen, wie z. B. die Verbesserung der Eigenschaften von Batteriespeichern hinsichtlich ihrer Kapazität und Energiedichte sowie ihrer Lebensdauer und Zyklenfestigkeit, gedacht. Wenn wirtschaftliche Gesichtspunkte Berücksichtigung finden, dann häufig bezogen auf einzelne Aspekte wie die Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen bzw. deren Komponenten. Dies ist mit der Gefahr verbunden, die komplexen ökonomischen Zusammenhänge innerhalb der Wertschöpfungsketten, an deren Ende die Nutzung von Elektromobilen steht, zu vernachlässigen. Von dieser Erkenntnis ausgehend, sollen im vorliegenden Beitrag die facettenreichen wirtschaftlichen Herausforderungen, die aufgrund der weitreichenden Neustrukturierung der Wertschöpfungsketten der Mobilität durch die Elektrifizierung der Antriebe auftreten, herausgearbeitet sowie Lösungsmöglichkeiten für diese präsentiert werden. Dazu werden zunächst die Formen der Elektromobilität sowie deren potentielle Wertschöpfungsketten erörtert, um dann die ökonomischen Herausforderungen aus verschiedenen Perspektiven aufzeigen und an ausgewählten Beispielen verdeutlichen sowie schließlich grundsätzliche Lösungsansätze skizzieren zu können.

## **Abstract**

When thinking about the existing hurdles to a future dominated by electric vehicles, technical challenges – such as improving battery characteristics – are primarily considered. If economic considerations are taken into account, they are often related to specific aspects as for instance the acquisition cost of an electric vehicle or its components. This harbors the danger of neglecting the complex economic relationships within the supply chain of electric vehicles. Based on this recognition, the following paper will analyze the diverse economic challenges resulting from an extensive reorganization of the supply chains in the field of mobility, which is caused by the electrification of drive systems. For this investigation different forms and potential supply chains of electric mobility will be discussed to develop an understanding of related economic challenges from different perspectives. Selected examples will illustrate these economic questions. Finally the article outlines basic approaches to solution of the discussed economic problems.

**Schlagworte:** Elektromobilität, Wertschöpfung, Marktakteure, Total Cost of Ownership, Ladeinfrastruktur, Smart Metering

# **Elektromobilität**

## **Herausforderungen und Lösungsansätze aus wirtschaftlicher Sicht**

*Uwe Götze, Marco Rehme*

### **I. Wozu Elektromobilität?**

Das Thema Elektromobilität erfährt derzeit eine bisher nie da gewesene Aufmerksamkeit. Doch warum soll gerade jetzt die Zeit für Elektrofahrzeuge angebrochen sein? Zum einen hat der technische Fortschritt z. B. im Bereich der Energiespeicher und der Informationstechnik in den letzten Jahren einen großen Sprung gemacht. Zum anderen werden die Auswirkungen der seit Beginn dieses Jahrhunderts wieder deutlich steigenden Ölpreise finanziell für jedermann spürbar. Darüber hinaus ist der Gedanke der ökologischen Nachhaltigkeit mittlerweile fest im gesellschaftlichen Bewusstsein verankert und wird über den Prozess der politischen Entscheidungsfindung in verbindliche Rechtsnormen übersetzt. Im Hinblick auf die Wohlstandszunahme in den bevölkerungsreichen Schwellenländern, die zunehmende Ressourcenknappheit und den Klimawandel werden Elektrofahrzeuge wohl schon in der nahen Zukunft der Mobilität von hoher Bedeutung sein. Fahrzeuge, die von Elektromotoren angetrieben werden, besitzen nicht von der Hand zu weisende Vorteile. Sie sind leise, einfach zu bedienen, wartungsarm und haben einen hohen Wirkungsgrad, sie verursachen keine gesundheits- und umweltbelastenden Geruchs- und Schadstoffemissionen, sie sind nicht abhängig vom endlichen, räumlich konzentrierten und immer teurer werdenden Erdöl als alleinigem Primärenergieträger und sie weisen in Abhängigkeit vom dahinterstehenden Energiemix das Potential auf, klimaschädliche Treibhausgasemissionen signifikant zu reduzieren. Darüber hinaus können sie als mobile Energiespeicher auch einen Beitrag für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien leisten. Doch es ist nicht ohne Grund, dass trotz des in den vergangenen 50 Jahren immer wiederkehrenden Interesses an einer elektrifizierten

Mobilität die heutige Verkehrswelt weiterhin von Verbrennungsmotoren und Gasturbinen dominiert wird. Es besteht noch eine Vielzahl von Herausforderungen für Unternehmen, Konsumenten und den Gesetzgeber, die es in den kommenden Jahren zu überwinden gilt. Dieser Beitrag widmet sich den Problemstellungen aus wirtschaftlicher Sicht und klärt dafür zunächst, was Elektromobilität überhaupt ist, welche grundlegenden Veränderungen sie mit sich bringt und wer die an ihr beteiligten Akteure sind. An drei ausgewählten Beispielen sollen dann die Herausforderungen verdeutlicht werden, bevor einige grundlegende Lösungsansätze vorgestellt werden.

## **II. Formen und Status Quo der Elektromobilität**

Elektromobilität bedeutet weit mehr als nur die Substitution der beiden konventionellen PKW-Komponenten Verbrennungsmotor und Kraftstofftank durch Elektromotoren und Batterien. Zunächst einmal wird unter dem Begriff eine Vielzahl unterschiedlicher Formen von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen verstanden. Elektromobilität umfasst neben Automobilen und Elektrobussen auch den bereits etablierten und momentan stark wachsenden Markt elektrisch betriebener Zweiräder (Pedelecs, E-Bikes, E-Roller, Elektromotorräder), verschiedene Arten von Elektro-Leichtfahrzeugen und auch viele klassische öffentliche Verkehrsmittel wie z. B. elektrische Eisenbahnen, U-Bahnen, Straßenbahnen und Oberleitungsbusse. Darüber hinaus sind nicht nur Voll-elektrofahrzeuge, welche ausschließlich über einen Elektromotor angetrieben werden, sondern auch Hybridfahrzeuge, bei denen die Antriebsenergie nur teilweise elektrisch erzeugt wird, darunter zu fassen. Auch muss die den Elektromotoren zugeführte Energie nicht zwingend mit Hilfe von Batterien gespeichert werden. Neben den sog. Battery Electric Vehicles (BEV) sind auch Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV), also Fahrzeuge, bei denen chemisch gebundene Energie eines in einem Tank gespeicherten Brennstoffes (z. B. Wasserstoff, Methan, Methanol) in einer Brennstoffzelle direkt in elektrische Energie umwandelt wird, Elektrofahrzeuge. Des Weiteren können Brennstoffzelle und Batterie in sog. Multispeicher-Hybridsystemen miteinander sowie mit anderen ergänzenden Energiespeichern (Doppelschicht-Kondensatoren, Schwungrad) kombiniert werden. Abbildung 1 veranschaulicht die eben beschriebenen unterschiedlichen Ausprägungen der Elektromobilität zusammenfassend.

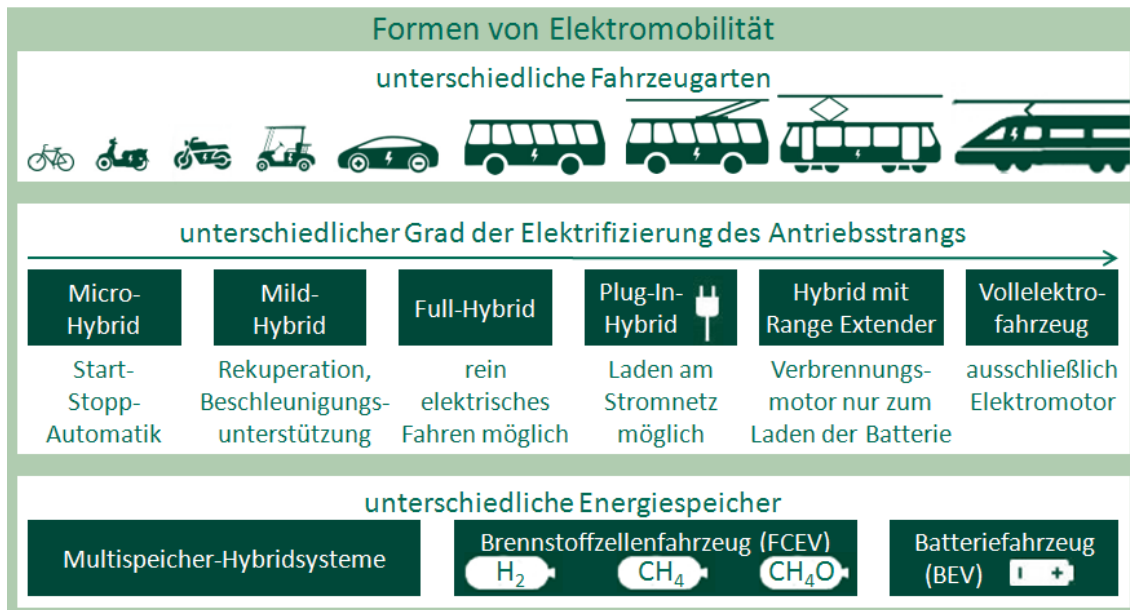


Abbildung 1: Unterschiedliche Ausprägungen von Elektromobilität<sup>1</sup>

Ferner wird mit der Elektromobilität nicht nur ein Wandel der Wertschöpfung innerhalb der Automobilindustrie vollzogen, vielmehr werden die existierenden Wertschöpfungsketten rund um das menschliche Grundbedürfnis der Mobilität komplett aufgebrochen. Auf diesen Transformationsprozess des Wertschöpfungssystems wird in Abschnitt III näher eingegangen.

Im motorisierten Individualverkehr der Gegenwart spielen Elektrofahrzeuge allerdings noch kaum eine Rolle. Elektro- und Hybridfahrzeuge machten in Deutschland Anfang 2011 gerade einmal 0,09 % des gesamten PKW-Bestandes und im Jahr 2010 nur 0,38 % der PKW-Neuzulassungen aus.<sup>2</sup> Nachdem elektrische Antriebe die Pionierzeit des Automobilbaus vor 1900 noch dominierten, setzten sich mit der Erfindung des Kfz-Anlassers, der zunehmenden Verfügbarkeit billigen Erdöls und daraus gewonnener Mineralölprodukte sowie aufgrund der deutlich größeren Reichweite weltweit die Verbrennungsmotoren durch. Seit den 1960er-Jahren gab es immer wieder Projekte zur Neuentwicklung und Etablierung von Elektroautos, wie z. B. dem zwischen 1996 und 1999 in Kleinserie produzierten EV1 von General Motors, Elektrofahrzeuge blieben jedoch ein Nischenprodukt vor allem für Spezialanwendungen. Angesichts stark steigender Kraftstoffpreise und eines gestiegenen ökologischen Bewusstseins in der Gesellschaft scheint die Elektromobilität mittlerweile aber ihre Renaissance zu erleben. In den letzten beiden Jahren hat sich um das Thema in Industrie, Politik und Öffentlichkeit ein regelrechter Hype entwickelt. Weltweit laufen derzeit mehr als 150

<sup>1</sup> Quelle: eigene Darstellung.

<sup>2</sup> Vgl. Kraftfahrtbundesamt (2011).

öffentlich geförderte Pilotprojekte zur Elektromobilität, meist in ausgewählten Modellregionen.<sup>3</sup> Die Bundesregierung hat sich in ihrem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ die Ziele gesetzt, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf deutsche Straßen zu bringen, was etwa 2,40 % des heutigen PKW-Bestandes entspricht, und Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln.<sup>4</sup> Mit ihrem „Regierungsprogramm Elektromobilität“ vom Mai 2011 stellt sie zusätzlich zu den im Rahmen des Konjunkturpakets II bereits gewährten 500 Mio. Euro eine weitere Milliarde Euro für Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität zur Verfügung.<sup>5</sup> Unter den Industrienationen ist ein regelrechter Wettlauf um die Forschungs- und Investitionsförderung in diesem Themenfeld ausgebrochen. Die USA, China und Frankreich mobilisieren noch deutlich höhere öffentliche Fördersummen.<sup>6</sup> Aber staatliche Zuschüsse allein sind kein Garant für Erfolg. Der von McKinsey für die Wirtschaftswoche erstellte *Electric Vehicle Index (Evi)* versucht, den Entwicklungsstand der Elektromobilität verschiedener Länder anhand von neun gewichteten Indikatoren aus den Bereichen der Produktion von und der Nachfrage nach Elektrofahrzeugen zu messen und vergleichbar zu machen.<sup>7</sup> Die Spitzengruppe gemäß Evi wird derzeit von Deutschland, den drei bereits genannten Staaten und Japan gebildet.<sup>8</sup>

Während Hybridfahrzeuge nicht mehr weit von ihrem endgültigen Durchbruch auf den Massenmarkt entfernt sind – der seit 1997 in Großserie produzierte Toyota Prius wurde mittlerweile weltweit bereits mehr als 2 Mio. Mal verkauft – steht der Aufbau einer Produktpalette an Vollelektrofahrzeugen im Volumensegment erst am Anfang. Die Serienproduktion entsprechender Modelle läuft erst in diesem und in den kommenden Jahren an. In welchen Ausprägungen und mit welcher Intensität sich die Elektromobilität durchsetzen und ob das von der Bundesregierung gesetzte Ziel von 1 Mio. Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 erreicht wird, lässt sich heute nicht seriös prognostizieren. Wie groß die Unsicherheiten sind, zeigt schon ein Vergleich verschiedener Studien der Unternehmensberatung McKinsey: Wird einmal von einem weltweiten Bestand von nur 750.000 Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 ausgegangen, so wird ein anderes Mal für dasselbe Jahr mit weltweit 7 Mio. Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen gerechnet.<sup>9</sup> Abbildung 2 stellt einen Szenariotrichter mit dem Ziel

---

<sup>3</sup> Vgl. Becks, T. et al. (2010), S. 14.

<sup>4</sup> Vgl. Bundesregierung (2009), S. 2.

<sup>5</sup> Vgl. Bundesregierung (2011), S. 19.

<sup>6</sup> Vgl. Wirtschaftswoche online (2010b).

<sup>7</sup> Vgl. dazu Wirtschaftswoche online (2010a).

<sup>8</sup> Vgl. Wirtschaftswoche online (2011).

<sup>9</sup> Vgl. Wirtschaftswoche online (2009) und (2010c).



des Nationalen Entwicklungsplans und den Schätzungen ausgewählter Unternehmen für die Quantität der Elektromobilität in Deutschland im Jahr 2020 dar.

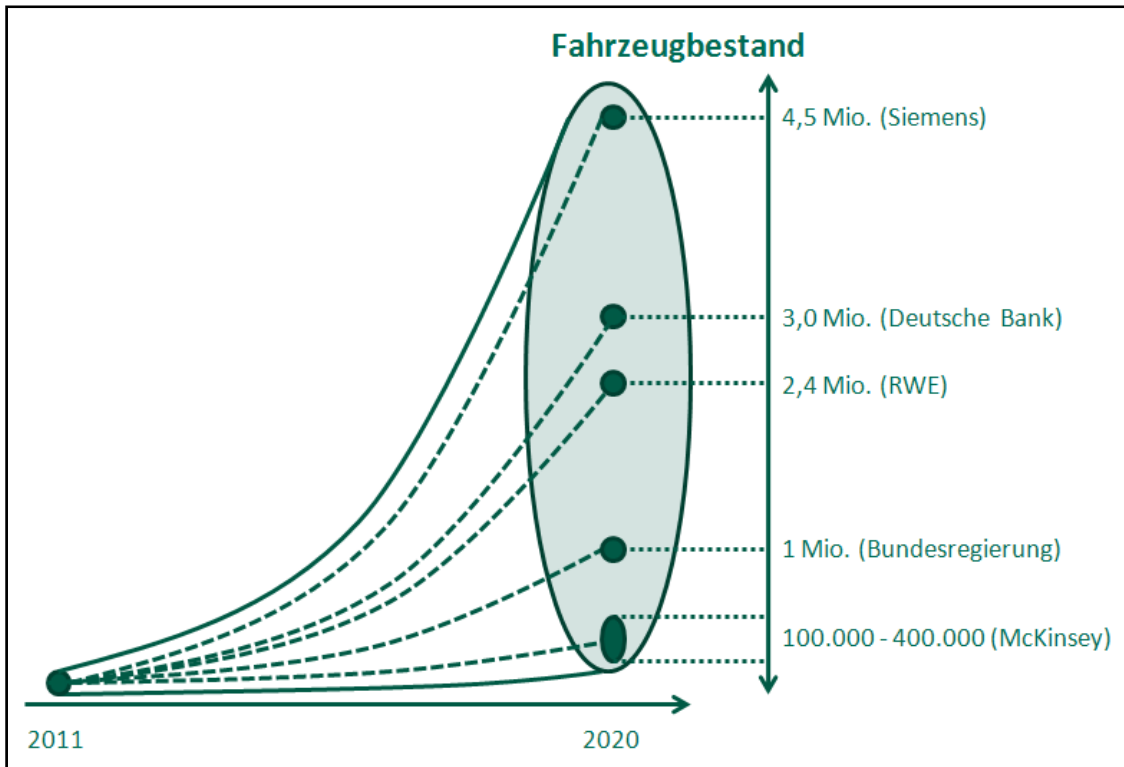


Abbildung 2: Für 2020 prognostizierte Flottengröße von Elektrofahrzeugen in Deutschland<sup>10</sup>

Es wird erkennbar, wie stark die verschiedenen Werte voneinander abweichen. Daher sind sie eher alternativ mögliche Zukunftsbilder (Szenarien) denn als wahrscheinliche Punktprognosen zu interpretieren. „Wieviel“ Elektromobilität uns in den kommenden Jahren erwartet aber auch wie sie sich manifestiert (Vollelektrofahrzeuge oder Hybride; Batterie- oder Brennstoffzellenfahrzeuge; PKW, Leichtfahrzeuge oder Zweiräder; Besitz von Elektrofahrzeugen oder Inanspruchnahme elektromobiler Dienstleistungen), bleibt also noch offen. Absehbar ist jedoch, dass es zu gravierenden Umwälzungen innerhalb und zwischen den heute bestehenden Wertschöpfungsketten der Mobilität und zu einer stärkeren Vernetzung bisher noch weitgehend unverbundener Wirtschaftszweige, vor allem zwischen der Automobilindustrie, der (Elektro-) Energiewirtschaft sowie der Branche der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), kommen wird. Diesem Wandlungsprozess soll sich der nächste Abschnitt widmen.

<sup>10</sup> Quellen: Deutsches CleanTech Institut (2010), S. 77, 80; n-tv (2009). Unter Elektrofahrzeugen werden im Nationalen Entwicklungsplan und in den Prognosen neben Vollelektrofahrzeugen auch Hybride mit Range Extender und Plug-In-Hybride verstanden.

### III. Wertschöpfung und Marktakteure

Bevor die Grobstruktur eines *elektromobilen Wertschöpfungssystems* skizziert wird, soll zunächst die heutige Wertschöpfungsarchitektur rund um das Grundbedürfnis der Mobilität anhand von Abbildung 3 vereinfachend aufgezeigt werden.

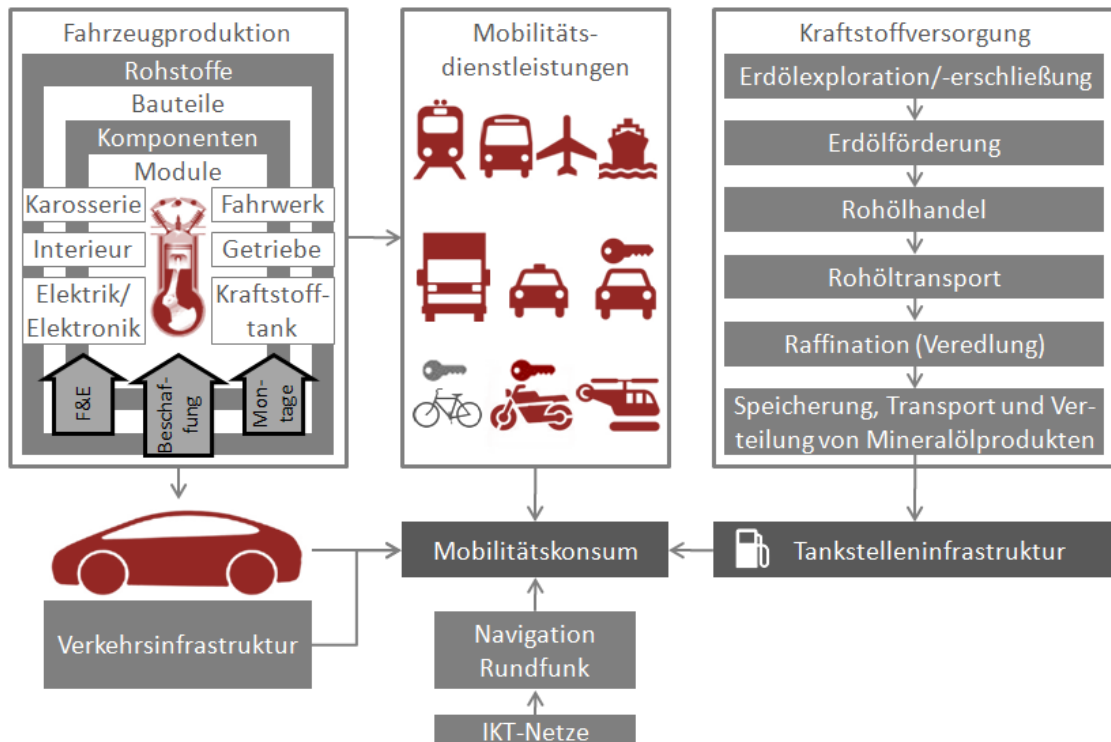


Abbildung 3: Das automobile Wertschöpfungssystem heute<sup>11</sup>

Im Zentrum steht der Konsum von mobilitätsbezogenen Leistungen, also solchen zur räumlichen Bewegung von Personen und Gütern. Hierfür wird, von der Fortbewegung zu Fuß einmal abgesehen, ein eigenes Fahrzeug benötigt oder es werden Mobilitätsdienstleistungen (Nutzung von Bahnen, Bussen, Luft- und Wasserfahrzeugen, Taxis und Fahrzeugvermietungen) in Anspruch genommen. Zudem bedarf es grundsätzlich einer Verkehrsinfrastruktur und eines Energieversorgungssystems. Letzteres basiert heute aufgrund der Dominanz der Verbrennungsmotoren auf chemischen Kraftstoffen, welche die Produkte der Wertschöpfungskette der Mineralölindustrie sind und über die Schnittstelle der Tankstelleninfrastruktur in die Fahrzeuge gelangen. Hinzu kommen die mittels IKT-Netzen bereitgestellten Funktionalitäten wie Navigation und Rundfunk, die einerseits dem Mobilitätskonsum selbst (Zielführung und Verkehrsmeldungen) und andererseits der Unterhaltung bzw. dem Mobilitätskomfort dienen.

<sup>11</sup> Quelle: eigene Darstellung.

Die Automobilhersteller (Original Equipment Manufacturers, OEMs) sind die fokalen Unternehmen eines Wertschöpfungsnetzwerks, die in einem Geflecht mit Zulieferern, Entwicklungsdienstleistern und Auftragsfertigern die einzelnen Rohstoffe, Bauteile, Komponenten und Module zu einem Fahrzeug verbinden und dieses auf den Markt bringen. Im Mittelpunkt der heutigen *Fahrzeugproduktion* steht dabei der Verbrennungsmotor als zentrales Antriebsaggregat. Mit dessen Substitution durch Elektromotoren werden zugleich vielfach hydraulische und mechanische Wirkprinzipien durch elektrische ersetzt. Dadurch ändern sich nicht nur zahlreiche weitere Systeme und Module des Fahrzeugs (z. B. anderer Energiespeicher, andere Elektrik/Elektronik, Wegfall des Getriebes, Leichtbaukarosserien), die zugehörigen Komponenten (z. B. elektromagnetische statt mechanische Bremsen), Bauteile und Rohstoffe (z. B. Lithium für Batterien) und damit die Zusammensetzung und die Struktur des Wertschöpfungsnetzwerks der Automobilindustrie. Auch die Wertschöpfungsarchitektur der Mobilität insgesamt wird aufgebrochen und neu organisiert. Abbildung 4 stellt einen Versuch dar, das entstehende *elektromobile Wertschöpfungssystem* zu visualisieren ohne bereits die noch nicht absehbare konkrete Struktur der einzelnen Wertschöpfungsketten zu determinieren.

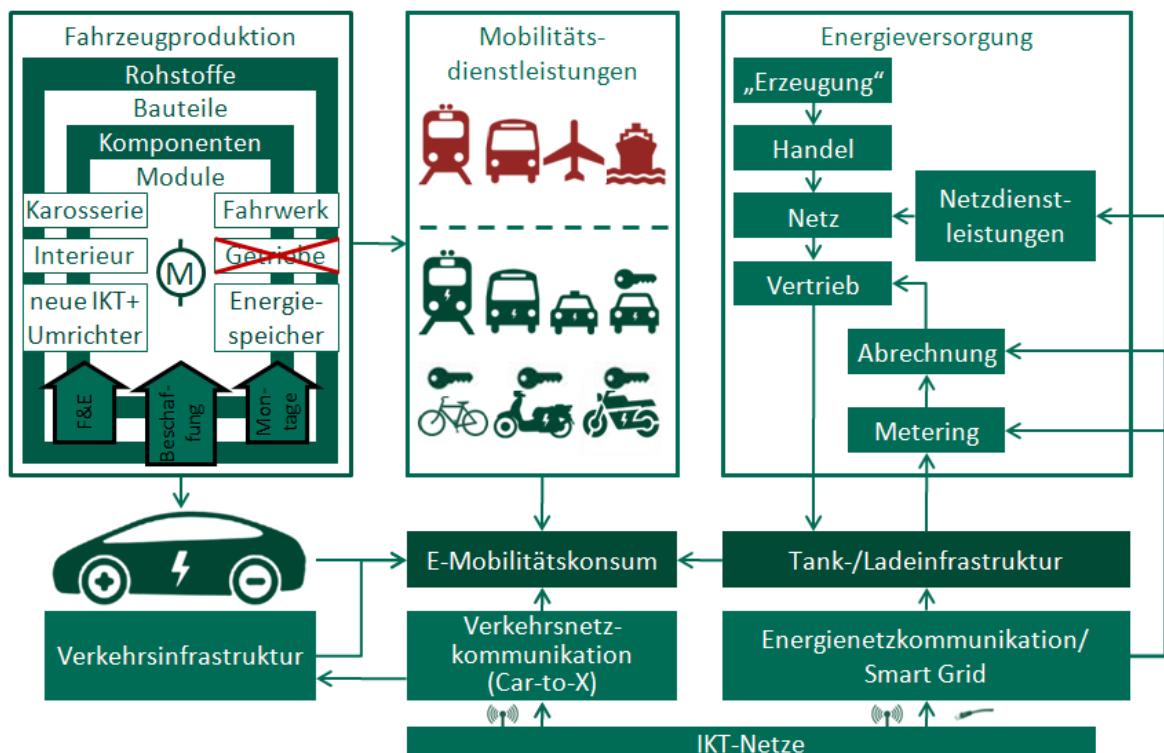


Abbildung 4: Das elektromobile Wertschöpfungssystem<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Quelle: eigene Darstellung.

Im Bereich der *Mobilitätsdienstleistungen* kommen zu den nicht elektrisch angetriebenen Verkehrsmitteln und den klassischen Elektrofahrzeugen (hauptsächlich elektrische Schienenfahrzeuge im öffentlichen Verkehr) Elektrobusse sowie ein breites Angebot von Elektromobilen für den motorisierten Individualverkehr, welches in Form von E-Taxis oder Leasing-, Vermietungs- und Carsharing-Modellen und ähnlichen Lösungen wie z. B. car2go<sup>13</sup> genutzt werden kann, hinzu. Da Elektrofahrzeuge charakteristischerweise hohe Anschaffungs-, aber niedrige Betriebskosten aufweisen, sind sie für den Einsatz in solchen Fahrzeugflotten, die erwartungsgemäß höhere Laufleistungen realisieren können, besonders geeignet. Darüber hinaus besteht aufgrund der nach wie vor nicht zu vernachlässigenden Reichweitenproblematik von Elektrofahrzeugen eine vornehmliche Chance der Elektromobilität in sog. *intermodalen Mobilitätskonzepten*, also verkehrsmittelübergreifenden Transport- und Beförderungslösungen, bei denen mindestens zwei verschiedene Verkehrsmittel (z. B. eigenes Kfz, Mietfahrzeug, ÖPNV, Bahn, Flugzeug) miteinander kombiniert werden. Beispielsweise hat die Deutsche Bahn mit dem e-Flinkster in fünf deutschen Großstädten ein Carsharing-Angebot geschaffen, welches Elektroautos in den öffentlichen Eisenbahnverkehr integrieren soll. Neben Bahnhöfen sind grundsätzlich auch Flughäfen, Innenstädte und sonstige Verkehrsknotenpunkte als Standorte für Elektrofahrzeugflotten in intermodalen Mobilitätskonzepten geeignet. Viele weitere neuartige Verkehrskonzepte sind denkbar, etwa Autozüge mit Ladeinfrastruktur, um nach der Überwindung großer Distanzen in einem Zielgebiet mit einem voll geladenen Elektrofahrzeug lokal und individuell mobil zu sein.

Der bisherige Bereich der Kraftstoffversorgung wird durch ein in dieser Darstellung noch allgemein gehaltenes Segment der *Energieversorgung* mit einer *Tank- und/oder Ladeinfrastruktur* als Schnittstelle zum Mobilitätskonsum ersetzt. Die Wertschöpfungskette der Energieversorgung kann dabei jene der (zukünftigen) Elektroenergiewirtschaft oder jene einer noch zu entwickelnden Wasserstoffwirtschaft sein, beide ggf. ergänzt um jene der klassischen Mineralölindustrie – je nachdem, ob sich die Elektromobilität in Gestalt von BEVs, FCEVs oder Hybridfahrzeugen manifestiert. In allen denkbaren Fällen finden eine Wandlung von Primärenergie in eine nutzbare Form („Energieerzeugung“), ein Zwischenhandel, ein Vertrieb und ein physischer Transport der Energie über Netze zum Energiekonsumenten statt. Im Zusammenspiel mit moderner IKT wird die Messung, Abrechnung und Bezahlung übertragener Energiemengen weitgehend automatisiert und damit komfortabler als an

---

<sup>13</sup> Beim car2go-Konzept können registrierte Nutzer verfügbare Fahrzeuge ohne Grundgebühr oder Kautions nutzen und innerorts beliebig wieder abstellen. Die Abrechnung erfolgt minutenweise. Vgl. Rees, J. (2010).

herkömmlichen Tankstellen möglich sein. Beispielsweise kann sich das Elektrofahrzeug über Mobilkommunikation an einer Ladesäule identifizieren, den Ladevorgang konfigurieren und einen elektronischen Zahlungsvorgang auslösen. Speziell Batteriefahrzeuge werden bzw. würden im Zuge der Entwicklung zum sich automatisch stabilisierenden, „intelligenten“ Elektroenergienetz (*Smart Grid*), welches der zunehmenden Variabilität im Energieangebot durch fluktuierende und nicht deterministische erneuerbare Energien mit dem Einsatz neuer Flexibilitätsquellen (Vernetzung und Steuerung von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch mittels IKT) begegnet, Dienstleistungen der Elektrofahrzeugnutzer für die Netzbetreiber ermöglichen. Ein Beispiel hierfür ist die Bereitstellung von negativer (oder positiver) Regelleistung<sup>14</sup> durch gesteuertes Laden (oder Rückspeisen) der Batterie.

Neben der kabelgebundenen und/oder drahtlosen Kommunikation von Elektrofahrzeugen mit Energienetzen über die Schnittstelle der Tank-/Ladeinfrastruktur bringt die rasante technologische Entwicklung der IKT-Netze auch die Möglichkeiten einer drahtlosen Verkehrsnetzkommunikation mit sich, die weit über die gewohnten Funktionalitäten von Navigation und Rundfunk hinausgeht und als *Car-to-X*-Kommunikation oder Smart Traffic bezeichnet wird. Neu daran ist der bidirektionale Informationsaustausch, das heißt, das Fahrzeug bzw. der Fahrer empfangen nicht nur Informationen, sondern senden auch welche und werden auf diese Weise zu mobilen Sensoren im Verkehrsnetz. Dabei steht das „X“ in *Car-to-X* für andere, vorbeifahrende Fahrzeuge oder die Verkehrsinfrastruktur, z. B. Ampeln und Verkehrsleitsysteme. Damit werden die Übermittlung lokaler Verkehrs-, Parkraum-, Wetter- und Gefahreninformationen, die automatische Übermittlung von Pannen- und Unfalldaten an Pannen- und Rettungsdienste sowie eine Optimierung von Verkehrsflüssen möglich.<sup>15</sup> *Car-to-X*-Kommunikation ist nicht beschränkt auf die Anwendung in Elektrofahrzeugen, doch sie ist für diese von besonderer Bedeutung. Sie erlaubt eine dynamische Reichweitenprognose, die Navigation zur nächsten freien Ladesäule und eine Reservierung von Ladepunkten oder anderen Verkehrsmitteln, die als Anschluss genutzt werden sollen. Zudem ermöglicht sie ein Management (Nutzerautorisierung, Positionsbestimmung) und Condition Monitoring (z. B. Batteriezustandsinformationen, Fernwartungs-Diagnose) von Elektrofahrzeugflotten.

---

<sup>14</sup> Regelleistung wird grundsätzlich zum Ausgleich von nicht vorhersehbaren Differenzen zwischen der Ein- und Ausspeisung im Netz benötigt.

<sup>15</sup> Vgl. Kunkel, A. (2011).

Innerhalb dieser hier nur stark vereinfacht dargestellten Wertschöpfungsarchitektur agiert eine Vielzahl von relevanten *Marktakteuren*, welche jeweils ihre individuellen Ziele verfolgen, die sich meist von den Zielen anderer Akteure unterscheiden und häufig mit diesen in Konflikt stehen dürften. Abbildung 5 gibt ohne Anspruch auf Vollständigkeit einen Überblick über die den Akteursgruppen Mobilitätskonsumenten, Fahrzeugindustrie, Mobilitätsdienstleister, Energiewirtschaft, IKT-Branche und Staat zugeordneten Beteiligten eines elektromobilen Wertschöpfungssystems.

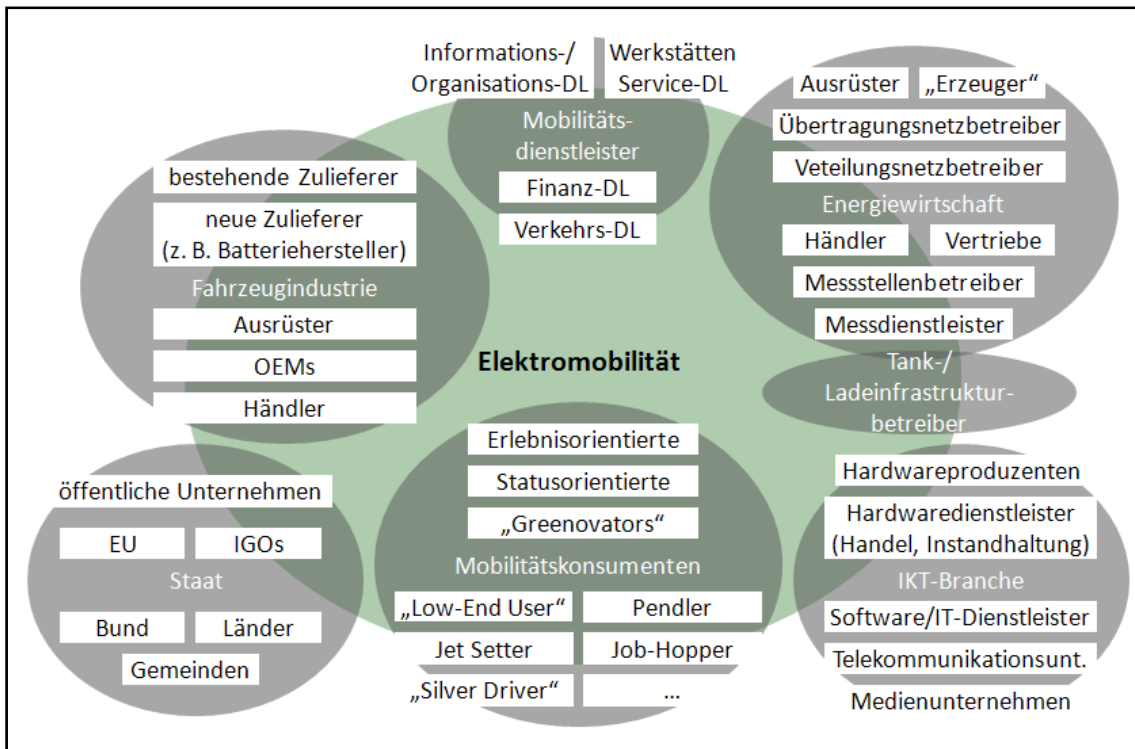


Abbildung 5: Relevante Gruppen von Marktakteuren<sup>16</sup>

Allein schon die Gruppe der *Mobilitätskonsumenten* hat sehr heterogene und individuelle Bedürfnisse, die nur schwer zu klassifizieren sind. Während die Wirtschaftlichkeit der Mobilität für fast alle Konsumenten ein wichtiges Kriterium darstellen dürfte, wird ihre Gewichtung ebenso wie diejenige anderer verfolgter Zielstellungen wie ökologische Nachhaltigkeit, Flexibilität, Individualität, Fahrspaß und Komfort bei den einzelnen Individuen doch sehr unterschiedlich sein. Für sog. „Low-End-User“ wird die Wirtschaftlichkeit vor dem Hintergrund stark steigender Energie- und Rohstoffpreise das bestimmende Kriterium bilden. Dabei handelt es sich zum einen um die in vielen Industrieländern wachsende Gruppe der einkommensschwachen Haushalte, andererseits aber auch um einkommensstarke Schichten, die sich beim Mobilitätskonsum zugunsten anderer Bereiche (Kommunikation, Gesundheit,

<sup>16</sup> Quelle: eigene Darstellung.

Bildung, Freizeit) einschränken.<sup>17</sup> Bei den Erlebnis- und Statusorientierten sowie den sog. „Greenovators“ werden die Kosten der Mobilität nur eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen. Letztere werden, wie auch aus derzeit laufenden Feldversuchen ersichtlich, wegen ihrer ausgeprägten Ökologieorientierung und Technikaffinität zu den Early Adopters der Elektromobilität gehören und die noch bestehenden Nachteile von Elektrofahrzeugen bezüglich der Kosten, der Reichweite und des Komforts in Kauf nehmen. Auch die Beurteilung der Erfüllung von Zielen wie Wirtschaftlichkeit und anderen Kriterien, nicht nur deren Gewichtung zueinander, wird sich für ein und dasselbe Fahrzeug bzw. ein und dieselbe Mobilitätsdienstleistung bei den Konsumenten unterscheiden. Je nachdem, welche individuelle Lebenssituation vorliegt, werden unterschiedliche Alternativen von Vorteil sein. Permanent reisende Jet Setter, Berufspendler, Job-Hopper (z. B. Zusteller, Handwerker, Personentransporte und mobile Pflegedienste, die berufsbedingt ständig viele Kurzstrecken zurücklegen), Singles und Familien sowie die „Silver Driver“, die wohlhabenden und aktiven älteren Menschen, besitzen alle ein unterschiedliches Mobilitätsverhalten<sup>18</sup>, was jeweils andere Alternativen der Mobilität (ökonomisch) vorteilhaft machen kann.

Bei den einzelnen unternehmerischen Marktakteuren wird das Oberziel der Gewinn- bzw. Unternehmenswertmaximierung bestimmend sein. Aber auch unternehmensethische Zielsetzungen wie ökologische Nachhaltigkeit und soziale Verantwortung, die über das aufgebaute Image wieder auf dieses Oberziel zurückwirken, spielen eine Rolle. Aus der Gruppe der *Fahrzeugindustrie* sind als relevante Akteure eines elektromobilen Wertschöpfungssystems die bestehenden und neu hinzukommenden Zulieferer, OEMs, Ausrüster und Händler zu nennen. Bei den *Mobilitätsdienstleistern* ist nicht nur an die bereits angesprochenen Verkehrsdienstleister wie Bahn- und Taxiunternehmen, Betriebe des öffentlichen Personennahverkehrs, Autovermietungen und Carsharing-Gesellschaften zu denken. Im weiteren Sinne handelt es sich dabei auch um Dienstleister, die mobilitätsbezogene Unterstützungs- und Zusatzleistungen wie die Instandhaltung, Finanzierung und Versicherung von Fahrzeug (und Batterie), die Pannenhilfe, die Informationsbereitstellung sowie die Planung und Organisation von Reisen und Transporten anbieten.<sup>19</sup> Im Sektor der *Energiewirtschaft* ist im Zuge der Liberalisierung und Entflechtung eine Vielzahl von unterschiedlichen Marktrollen entstanden (vgl. Abb. 4), auf die an dieser Stelle nicht im Detail eingegangen werden kann. Offen ist, ob sich die zukünftigen Betreiber der Tank-/Ladeinfrastrukturen aus der Gruppe der bisherigen Energieversorger rekrutieren werden oder ob sich unabhängige

---

<sup>17</sup> Vgl. Winterhoff, M. et al. (2009), S. 45 ff.

<sup>18</sup> Vgl. dazu Winterhoff, M. et al. (2009), S. 31 ff.

<sup>19</sup> Vgl. dazu Bernhart, W./Zollenkop, M. (2011), S. 291.

Betreiber etablieren können. Wie bereits erwähnt, wird die *IKT-Branche* eine entscheidende Rolle im Wertschöpfungssystem der Elektromobilität spielen. Diese umfasst die Hardwareproduzenten und -dienstleister, die Software- und IT-Dienstleister, die Telekommunikationsunternehmen sowie die Anbieter von Medieninhalten, wobei eine Abgrenzung zwischen den einzelnen Sparten der IKT-Branche heute nur noch schwer möglich ist.

Nicht zu vergessen ist die Gruppe der *staatlichen und zwischenstaatlichen Institutionen*, die auf lokaler (Gemeinden), regionaler (Länder), nationaler (Bund), supranationaler (Europäische Union) und globaler (International Governmental Organizations (IGOs), z. B. Einrichtungen der UNO oder der OECD) Ebene die Elektromobilität als Mittel zur Erreichung gesellschaftlich gebildeter Zielsetzungen, wie etwa Klima- und Umweltschutz, Sicherung der Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit oder Erhöhung der Energieeffizienz, propagieren und fördern. Staatliche Akteure unterstützen die Forschung und Entwicklung, die Normung und Standardisierung sowie die Kooperation zwischen den einzelnen Beteiligten aus Wissenschaft und Industrie. Sie setzen die rechtlichen Rahmenbedingungen für den zukünftigen Markt der Elektromobilität oder werden über öffentliche Unternehmen selbst darauf aktiv.

Abbildung 5 veranschaulicht die Fülle an Marktakteuren in einem elektromobilen Wertschöpfungssystem. Von ihr ausgehend kann nicht die hohe Komplexität der gegenseitigen Marktbeziehungen zwischen diesen dargestellt werden. An dieser Stelle seien deshalb nur exemplarisch einige wichtige Geschäftsbeziehungen aufgezeigt (vgl. dazu Abbildung 6).



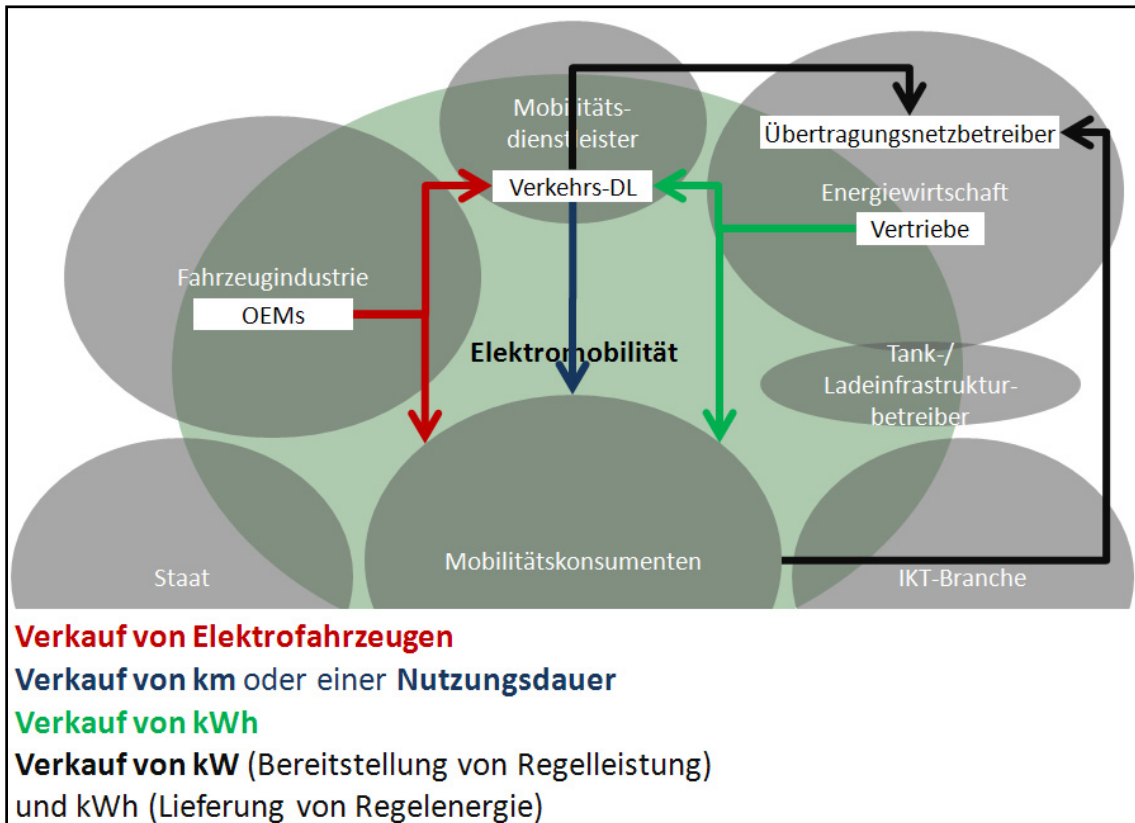


Abbildung 6: Ausgewählte Geschäftsbeziehungen<sup>20</sup>

Auch im elektromobilen Wertschöpfungssystem werden OEMs die von ihnen produzierten Fahrzeuge über ihre Distributionskanäle an Mobilitätskonsumenten und Verkehrsdienstleister verkaufen. Letztere werden – wie schon heute – eine Fahrzeugnutzungsmöglichkeit in Form von zurücklegbaren Entfernungen oder vereinbarten Nutzungsdauern an Mobilitätskonsumenten verkaufen, wobei zu erwarten ist, dass mit der Elektromobilität die Nutzung von Mobilitätsdienstleistungen im Vergleich zum Fahrzeugbesitz an Bedeutung gewinnen wird. Verkehrsdienstleister und Mobilitätskonsumenten beziehen über die Nutzung einer Tank-/Ladeinfrastruktur von Energielieferanten eine bestimmte Menge kWh Energie. Neu wird die bereits erwähnte Möglichkeit sein, dass Elektrofahrzeugnutzer den Übertragungsnetzbetreibern von Elektrizitätsnetzen die Bereitstellung eines bestimmten Umfangs kW Regelleistung und bei dessen Inanspruchnahme auch die entsprechende Menge kWh Regelenergie verkaufen können. Auf diese Weise kann u. a. überschüssige Wind- und Solarenergie durch das Laden von Elektrofahrzeugen aufgenommen und in Spitzenlastzeiten wieder zurückgespeist werden. Dieses Konzept wird als *Vehicle-to-Grid* bezeichnet und ist vereinfacht in Abbildung 7 dargestellt.

<sup>20</sup> Quelle: eigene Darstellung.



**Erneuerbare Energien optimal nutzen**  
Laden, wenn Strom aus regenerativen Quellen entsteht



**Vehicle-to-Grid**  
Bei Bedarf gespeicherte Energie abgeben, um Verbrauchsspitzen auszugleichen

**T** Transformator-Station

Abbildung 7: Vehicle-to-Grid-Konzept<sup>21</sup>

Zuletzt sei der Verkauf von Vorprodukten und Dienstleistungen der IKT-Branche an die Automobilhersteller, die Mobilitätsdienstleister und die Energieversorgungsunternehmen erwähnt. Auf eine Darstellung konkreter Strukturen dieser einzelnen zukünftigen Wertschöpfungsketten wurde hier bewusst verzichtet, da diese heute noch kaum absehbar sind. Das betrifft unter anderem die Fragen nach:

- den im Detail entstehenden Aufgaben, Geschäftsmodellen und Marktrollen,
- den Marktakteuren, die einzelne oder mehrere dieser Marktrollen übernehmen,
- den Formen der Unternehmensintegration und -kooperation, die sich herausbilden werden, und
- den Schnittstellen zu anderen Wertschöpfungsketten.

Bei diesen und ähnlichen Fragestellungen spielen die zukünftigen politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, die weitere technologische und wirtschaftliche Entwicklung sowie gesellschaftliche Wandlungsprozesse eine wichtige Rolle. Abschließend bleibt als Zwischenfazit festzuhalten, dass sich das künftige elektromobile Wertschöpfungssystem vom heute existierenden signifikant unterscheiden wird: Es wird zu Verschiebungen der Wertschöpfungsanteile in der Automobilindustrie und zu einer stärkeren Verflechtung mit der Energie- und IKT-Branche kommen.

<sup>21</sup> Quelle: RWE AG (2011).

#### **IV. Herausforderungen**

Die Elektromobilität bringt eine Vielzahl von technischen, ökonomischen, ökologischen, politisch-rechtlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen mit sich. Dieser Beitrag beschäftigt sich nur mit einem Ausschnitt aus diesen Problemfeldern – den entsprechenden ökonomischen Fragestellungen. Doch selbst in diesem Teilbereich sind die Herausforderungen so facettenreich, dass an dieser Stelle nur einige Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit zusammengetragen werden können und dass es schwierig wird, eine eindeutige Systematisierung dieser Herausforderungen vorzunehmen. Hier wurde der Weg gewählt, die ökonomischen Fragestellungen verschiedenen Sichten zuzuordnen: den Sichten der einzelnen Marktakteure, der gesamten Wertschöpfungskette, der Politik und der Wirtschaftswissenschaften als akademische Disziplin. Im Folgenden sollen die grundsätzlichen Herausforderungen erläutert und an einigen konkreten Fragestellungen verdeutlicht werden. Im anschließenden Abschnitt V werden drei ausgewählte, mit diesen Herausforderungen verbundene Beispiele für Wirtschaftlichkeitsvergleiche detailliert betrachtet.

##### **1. Die Sicht der einzelnen Marktakteure**

Wie schon in Abschnitt III ausgeführt, verfolgen die einzelnen Marktakteure<sup>22</sup> sämtlich ihre individuellen Ziele, die häufig in Konflikt miteinander stehen. In den Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen einer Wertschöpfungskette sind die Erlöse der vorgelagerten Wertschöpfungsstufe die Kosten der nachgelagerten. An dieser Stelle soll nicht noch einmal zwischen der Vielzahl unternehmerischer Marktakteure und der Fülle an Konsumententypen unterschieden werden. Stattdessen sollen nur die grundlegenden Herausforderungen aus der Einzelperspektive und entsprechende exemplarische Fragestellungen herausgestellt werden.

So stellt sich für die Mobilitätskonsumenten die Frage nach der (den) vorteilhaften Alternative(n) aus einer Menge von Mobilitätsangeboten und nach der Finanzierung notwendig werdender Investitionen (z. B. für die Fahrzeugbatterie). Auch für die unternehmerischen Marktakteure sind die Finanzierung von Investitionen und die Auswahl der besten Alternative(n) aus einer Menge von Handlungsmöglichkeiten grundlegende Fragestellungen. Hinzu kommt bei ihnen die Herausforderung, sich überhaupt im neuen Wertschöpfungssystem zu behaupten bzw. erstmalig zu etablieren. Dazu ist die Entwicklung von Strategien und tragfähigen Geschäftsmodellen notwendig.

---

<sup>22</sup> Vgl. dazu nochmals Abbildung 5.

Betrachtet man exemplarisch die OEMs, so stehen diese vor der Herausforderung, ihre bisherige Stellung als fokale Unternehmen in automobilen Wertschöpfungsnetzwerken zu verteidigen und überlegt auf ihren voraussichtlich weiter sinkenden Wertschöpfungsanteil zu reagieren.<sup>23</sup> Dabei müssen sie über die zukünftige Entwicklung ihres derzeit vorherrschenden Geschäftsmodells (Fahrzeugverkauf) und über neu zu entwickelnde Geschäftsmodelle (z. B. verschiedene Mobilitätsdienstleistungen) entscheiden. Sie müssen ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in die richtige Richtung lenken und in diesem Zusammenhang auch über die optimale Aufteilung von Budgets befinden. Hierbei stellen sich z. B. die Fragen:

- in welchem Umfang Aktivitäten zur weiteren Optimierung der konventionellen Verbrennungsmotoren und solche zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs stattfinden sollen und
- wann der richtige Zeitpunkt für den Umstieg von Konversionsfahrzeugen, also von für die Elektrotraktion modifizierten konventionellen Modellen, zu von Grund auf neu für den elektrischen Antrieb konzipierten Purpose-Design-Fahrzeugen ist.<sup>24</sup>

Eine langsame, schrittweise Umstellung bedingt ein Aufweichen der in der Automobilindustrie zur Kostensenkung eingesetzten Plattform-, Modul- und Gleichteilestrategien. Von Grund auf neue Fahrzeuge erfordern neue Plattformen, zudem sind die Entwicklungskosten bei echten Innovationen (wie Purpose-Design-Fahrzeugen) höher als bei einer Modifizierung und Weiterentwicklung bestehender Technologien und Konzepte. Generell können bestehende Prozesse und Strukturen bei den etablierten OEMs als Hemmnisse für die Nutzung der Möglichkeiten, die sich mit der Elektrifizierung des Antriebsstrangs ergeben, wirken. Derzeit wird der Purpose-Design-Ansatz vor allem von neuen OEMs verfolgt.<sup>25</sup>

Wie das Beispiel des als Batteriehersteller gegründeten, chinesischen Unternehmens BYD zeigt, können sich bisherige Zulieferer auch zu OEMs von (Elektro-)Fahrzeugen weiterentwickeln. Ein noch größeres Potential wird allerdings *Kooperationen* zwischen verschiedenen Automobilherstellern sowie zwischen Automobilherstellern und deren

---

<sup>23</sup> An ihrem zu Beginn des 20. Jahrhunderts gebauten, legendären T-Modell hatte die Ford Motor Company noch einen eigenen Wertschöpfungsanteil von nahezu 100 %. Im Laufe der Jahrzehnte sind die Wertschöpfungsanteile der OEMs auf heute ca. 25 % gesunken. Vgl. Krcal (2007), S. 10. Mit der Elektromobilität ist ein weiterer Anstieg der Wertschöpfungsanteile der Zulieferer (z. B. Batteriehersteller) zu erwarten. Vgl. Bernhart, W./Zollenkop, M. (2011), S. 287 f.

<sup>24</sup> Ein Beispiel für eine solche von Grund auf neue, zweckorientierte Fahrzeugarchitektur ist das „i Konzept“ von BMW. Vgl. <http://www.bmw-i.de/>.

<sup>25</sup> Vgl. Wallentowitz, H./Freialdenhoven, A./Olschewski, I. (2010), S. 137.

Partnern aus der vor- oder nachgelagerten Wertschöpfungsstufe bzw. aus der Energiewirtschaft und der IKT-Branche zugesprochen.<sup>26</sup> Das Management der Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern, insbesondere mit den bisher branchenfremden, bringt zusätzliche Herausforderungen für die OEMs mit sich.

Fragestellungen, bei denen es um die Auswahl der aus individueller Sicht jeweils „besten“ Alternative geht, haben in der Regel auch Auswirkungen auf die Vorteilhaftigkeit für die anderen Marktakteure und für das gesamte Wertschöpfungssystem. Ein Beispiel hierfür, welches in Abschnitt V.2. aufgegriffen wird, ist die Wahl eines von mehreren grundsätzlich alternativ realisierbaren Konzepten für die Ladeinfrastruktur. Weitere beispielhafte Fragestellungen betreffen die Auswahl aus verschiedenen:

- Elektrifizierungs-/Hybridisierungsgraden des Antriebsstrangs,
- Energiespeichertechnologien<sup>27</sup>,
- Standorten für die Ladeinfrastruktur,
- Mess- und Abrechnungskonzepten für die Energiebereitstellung sowie
- Ausbaustrategien für das Elektroenergienetz.

Die auf der Ebene der einzelwirtschaftlichen Akteure getroffenen Entscheidungen für oder gegen bestimmte Alternativen geben zudem den Handlungsspielraum für die anderen Akteure vor. Der Sicht des gesamten Wertschöpfungssystems widmet sich der nächste Abschnitt.

## **2. Die Sicht des gesamten Wertschöpfungssystems**

Wenn sich eine nachhaltig erfolgreiche bzw. überhaupt dauerhaft funktionierende Wertschöpfungsarchitektur für die Elektromobilität (wie in Abbildung 4 modellhaft dargestellt) herausbilden soll, dann muss jeder einzelne beteiligte Akteur erfolgreich darin wirtschaften können, denn die Grundlage einer jeden Marktwirtschaft sind freiwillige ökonomische Tauschhandlungen. Eine öffentliche Anschubförderung kann die zu Beginn der Marktentwicklung noch bestehenden ökonomischen Nachteile bei einzelnen Akteuren zwar ausgleichen, sollte jedoch nicht notwendige Bedingung des späteren Wertschöpfungssystems bleiben. Neben der grundsätzlichen Sicherstellung

---

<sup>26</sup> Vgl. Bernhart, W./Zollenkop, M. (2011), S. 291 f. Hier finden sich auch einige Beispiele für die Kooperationen von OEMs.

<sup>27</sup> Zur Wahl stehen unter anderem verschiedene Batterietechnologien (Blei, Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid, Natrium-Schwefel, Natrium-Nickelchlorid, Lithium-Ionen, Zink-Brom, Redox-Flow), Wasserstoffsysteme, Methansysteme, Doppelschichtkondensatoren, Schwungräder.

von Möglichkeiten zur Nutzen- und Gewinnerzielung bei allen beteiligten Akteuren geht es in der Sichtweise des gesamten Wertschöpfungssystems auch um die zukunftsorientierte und vorausschauende Gestaltung von Unternehmensnetzwerken mit dem Ziel gemeinsamer langfristiger Erfolge und dauerhafter Wettbewerbsvorteile. Dabei ist das Zusammenwirken der Handlungen der einzelnen Wertschöpfungspartner, die ihre individuellen (und teilweise zueinander widersprüchlichen) Ziele verfolgen, so zu koordinieren, dass diese Handlungen das Unternehmensnetzwerk insgesamt stärken. Die Bewältigung der mit dem Management von Wertschöpfungsnetzwerken verbundenen Planungs-, Kontroll- und Koordinationsaufgaben ist eine nicht zu unterschätzende Herausforderung für die Akteure. Sie müssen einen für die gegenseitige Abstimmung ausreichenden Informationsaustausch gewährleisten, ohne zugleich die eigene Wettbewerbsfähigkeit durch die Preisgabe sensiblen Wissens zu gefährden. Gemeinsame strategische Ziele müssen gefunden, Strategien für das Netzwerk entwickelt und implementiert werden. Gemeinsam erzielte ökonomische Erfolge müssen auf eine für alle akzeptable Weise auf die einzelnen Partner aufgeteilt werden. Die im Anschluss erläuterte Sicht der Politik bewegt sich auf einer noch höheren Betrachtungsebene: nicht auf jener des Wertschöpfungssystems der Elektromobilität, sondern auf jener der gesamten Volkswirtschaft.

### **3. Die Sicht der Politik**

Aufgabe der Politik ist es idealtypisch, die Zielsetzungen, die sich in der Gesellschaft mehrheitlich durchgesetzt haben mit staatlichen Gestaltungsinstrumenten zu erreichen. Bei der Wegbereitung in eine elektromobile Zukunft stehen vor allem Klima- und Umweltschutzziele im Vordergrund. Gleichzeitig steht die Politik bei all ihren Handlungen aber auch immer vor einer Abwägung mit anderen Zielen, etwa der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft, der Sicherstellung der Finanzierung staatlicher Aufgaben und der Daseinsvorsorge für menschliche Grundbedürfnisse, wie z. B. die Mobilität.

Letztendlich wird mit der Frage nach der ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteilhaftigkeit auf gesamtgesellschaftlicher Ebene die Perspektive eines volkswirtschaftlichen Planers eingenommen, der die soziale Wohlfahrt als Aggregat der individuellen Nutzen anhand einer geeigneten Zielgröße<sup>28</sup> (oder mehrerer Zielsetzungen) maximieren möchte. Dabei geht es darum, die Rahmenbedingungen,

---

<sup>28</sup> Solche Zielgrößen könnten Indizes sozialer Indikatoren oder soziale Wohlfahrtsfunktionen darstellen. Der Versuch, gesellschaftliche Zielsetzungen zu operationalisieren, ist jedoch grundsätzlich problembehaftet.

Strukturen und Spielregeln des Marktes so festzulegen, dass (zunächst ungeachtet der Verteilung auf die einzelnen Marktakteure) in Summe das bestmögliche Ergebnis erreicht wird.

Aufgrund der oftmals auch miteinander in Konflikt stehenden Zielstellungen und Einzelaufgaben der Politik und der hohen Dynamik des öffentlichen Diskurses, zuletzt gesehen an der Diskussion um den Ausstieg aus der Kernenergie, ist schon die *Festlegung klarer Ziele für die Elektromobilität* im Speziellen und für den Mobilitätssektor im Allgemeinen (oder gar für die aus diesem und angrenzenden Bereichen gebildeten Wirtschaftssysteme) eine nicht triviale Herausforderung für die politischen Entscheidungsträger. Dennoch ist sie von großer Wichtigkeit, da nur so wirksame Maßnahmen abgeleitet und Reibungsverluste sowie Fehlentscheidungen vermieden werden können.

Schwierig wird es ebenfalls, wenn es um die *Entwicklung und Auswahl geeigneter Strategien zur Umsetzung dieser Ziele* geht. Das betrifft die Setzung der richtigen rechtlichen Rahmenbedingungen und Anreize für den Markt und seine Akteure, die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den relevanten Branchen und Gruppen sowie die Errichtung und den Ausbau der benötigten öffentlichen Infrastruktur. Alle Maßnahmen der Politik haben wiederum Rückwirkungen auf die Vorteilhaftigkeit der Elektromobilität für die einzelnen Marktakteure und das gesamte Wertschöpfungs-system. Konkrete politische Fragestellungen im Zusammenhang mit der Elektromobilität beziehen sich beispielsweise auf die Notwendigkeit finanzieller Kaufanreize oder nichtfinanzieller Nutzungsprivilegien (kostenloses Parken, Benutzung von Busspuren) für Elektrofahrzeuge, auf die Umstellung öffentlicher Fahrzeugflotten auf Elektrofahrzeuge, damit die Nachfrage stimuliert und zugleich eine Vorbildwirkung erzielt wird, und auf die Besteuerung von Fahrstrom. Mit einer ermäßigten Stromsteuer für Elektrofahrzeuge wäre eine Förderung der Elektromobilität in ihrer Anfangsphase möglich. Werden aber konventionelle Fahrzeuge in großem Umfang durch Elektrofahrzeuge ersetzt, ist mit großen Einnahmeausfällen des Staates zu rechnen. Die Mineralölsteuer (seit 2006 „Energiesteuer“) macht derzeit etwa 18 % (Bund) bzw. 8 % (Gesamtstaat) des Steueraufkommens aus, die Stromsteuer nur 3 % (Bund) bzw. 1 % (Gesamtstaat).<sup>29</sup> Die Schätzungen für den Strommehrbedarf, der aus der vollständigen Elektrifizierung der deutschen PKW-Flotte resultiert, liegen aber im Bereich von nur 6 bis maximal 20%.<sup>30</sup> Daher ist in der langen Frist auch eine höhere

---

<sup>29</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen (2011).

<sup>30</sup> Vgl. Scheer, H. (2010), S. 12 f.

Besteuerung von Fahrstrom gegenüber normalem Strom analog zur unterschiedlichen Besteuerung von Diesel und Heizöl denkbar.

#### **4. Die Sicht der Wirtschaftswissenschaften**

Die Aufgabe der akademischen Disziplin Wirtschaftswissenschaften ist es, mit Hilfe von geeigneten Modellen und Methoden ökonomische Phänomene zu beschreiben, zu erklären, zu prognostizieren und Wirtschaftssubjekte in Entscheidungssituationen zu unterstützen. Anhand der Fokussierung auf die einzel- oder gesamtwirtschaftliche Perspektive wird zwischen den beiden Teilgebieten der Betriebswirtschaftslehre und Volkswirtschaftslehre unterschieden. Doch welche Rolle spielen die Wirtschaftswissenschaften eigentlich im Zusammenhang mit der Elektromobilität? Einerseits werden grundlegende Erkenntnisse über die Entstehung einer neuen Wertschöpfungsarchitektur anhand eines real ablaufenden Prozesses gewonnen, die nach einer Verallgemeinerung auch für andere ökonomische Anwendungsfelder nutzbar werden. Andererseits besitzen vorhandene oder noch zu entwickelnde wirtschaftswissenschaftliche Lösungsansätze und Instrumentarien das Potential, politische und unternehmerische Entscheidungsträger, aber auch die Mobilitätskonsumenten in ihren Entscheidungsfindungsprozessen zu unterstützen. Als Beispiel hierfür sind Instrumente zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von zur Wahl stehenden Alternativen zu nennen, z. B. Total-Cost-of-Ownership-Modelle oder Ökobilanzen.

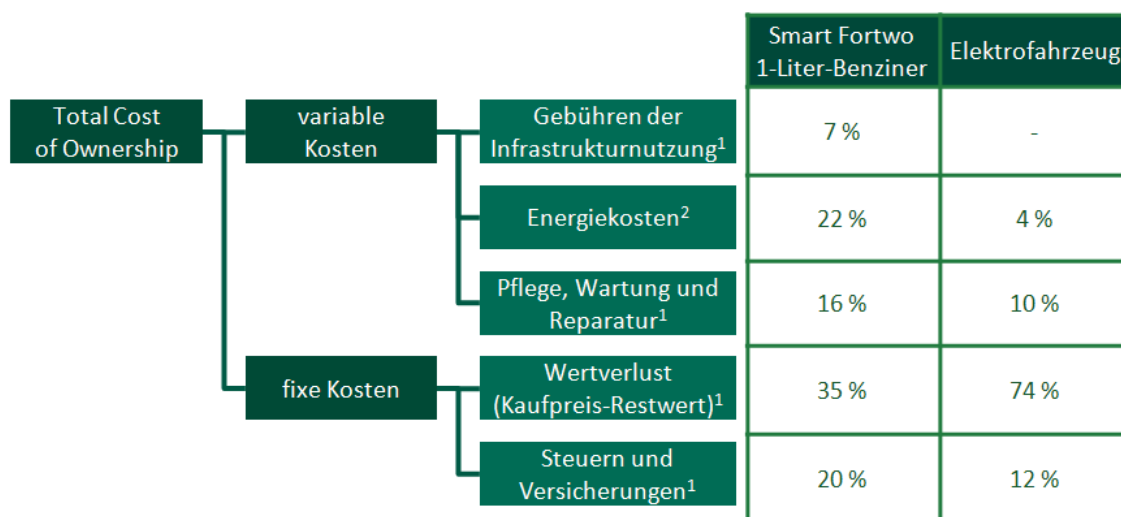
Die mit dem Phänomen „Elektromobilität“ auftretenden Herausforderungen bestehen nun darin, das volks- wie das betriebswirtschaftliche Instrumentarium auf die im Zusammenhang mit dieser entstehenden neuen Erklärungs- und Gestaltungsfragen anzuwenden, anzupassen bzw. entsprechend zu verfeinern. Konkret für die Betriebswirtschaftslehre ist hier u. a. an die Verbesserung und Integration der Instrumentarien des Supply Chain- und des Innovationsmanagements zu denken, um heute noch nicht etablierte bzw. neue Wertschöpfungsketten analysieren, beurteilen und gezielt gestalten zu können. Die Anwendung des existierenden Instrumentariums zur Beantwortung ökonomischer Fragestellungen wird im Folgenden anhand von drei Beispielen veranschaulicht.



## V. Ausgewählte Beispiele für Wirtschaftlichkeitsvergleiche

### 1. TCO-Vergleich zwischen konventionell und elektrisch betriebenen Fahrzeugen

Das erste Beispiel soll sich dem Wirtschaftlichkeitskalkül der potentiellen Käufer von Elektrofahrzeugen widmen. Bei einem Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen einem Elektrofahrzeug und einem konventionellen Fahrzeugen ist zu beachten, dass beide eine völlig andere Kostenstruktur aufweisen. Den typischerweise – vor allem aufgrund des Energiespeichers Batterie – deutlich erhöhten Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen stehen während der Nutzungsphase im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen geringere Betriebskosten (vor allem für den Energieverbrauch, aber auch für die Pflege, Wartung und Reparatur, für Steuern sowie ggf. auch für Versicherungen und die Nutzung der Verkehrsinfrastruktur) gegenüber. Demgemäß machen die Anschaffungskosten eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor typischerweise weniger als die Hälfte der über die gesamte Fahrzeugnutzung anfallenden Kosten aus, wohingegen sie bei Elektrofahrzeugen einen Anteil von deutlich mehr als 50 % der Gesamtkosten aufweisen.<sup>31</sup> Abbildung 8 zeigt beispielhaft die entsprechenden Kostenstrukturen eines konventionellen Smart Fortwo und eines vergleichbaren Elektrofahrzeugs bei einer Fahrleistung von 15.000 km pro Jahr und einer dreijährigen Haltedauer.



<sup>1</sup> abhängig vom Fahrzeughersteller (und Besteuerung)

<sup>2</sup> abhängig vom Energielieferant (und Besteuerung)

Abbildung 8: Vergleich der Kostenstruktur: Smart Fortwo zu Elektromobil<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Die tatsächliche Kostenstruktur hängt stark von der jährlichen Fahrleistung, der Nutzungsdauer, und der Entwicklung der Kraftstoff- und Stromkosten ab.

<sup>32</sup> Quelle: PricewaterhouseCoopers/Fraunhofer IAO (2010), S. 67.

Eine Berücksichtigung sämtlicher über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes anfallenden Kosten steht bei sog. *Total Cost of Ownership (TCO)*-Modellen im Fokus. Für die TCO existiert keine allgemein anerkannte Berechnungsvorschrift, vielmehr gibt es eine Fülle unterschiedlicher Konzepte und Rechenmodelle. Ein TCO-Vergleich zwischen miteinander vergleichbaren konventionell und elektrisch betriebenen Fahrzeugen muss eine Vielzahl von Fahrzeugnutzungs- (z. B. jährliche Laufleistung, Nutzungsdauer, tägliche Fahrweite) und Umfeldparametern (z. B. Entwicklung der Kraftstoff- und Stromkosten, Zins- und Steuersätze) berücksichtigen. In allen seriösen Studien, welche einen solchen Vergleich anstellen, werden unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen zumindest für die übliche Fahrzeugnutzung im privaten Bereich noch erhebliche – häufig als „TCO-Lücke“ bezeichnete<sup>33</sup> – Mehrkosten der Elektrofahrzeuge gegenüber vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen identifiziert. Dies sei im Folgenden anhand konkreter TCO-Vergleiche verdeutlicht.

Der erste Vergleich bezieht sich auf das Kleinwagensegment. Abbildung 9 zeigt die TCO für einen konventionellen Smart Fortwo mit Ottomotor und die TCO eines vergleichbaren Elektrofahrzeugs im Zeitverlauf für jährliche Laufleistungen von 15.000 bzw. 45.000 km nach einer Berechnung von PricewaterhouseCoopers.

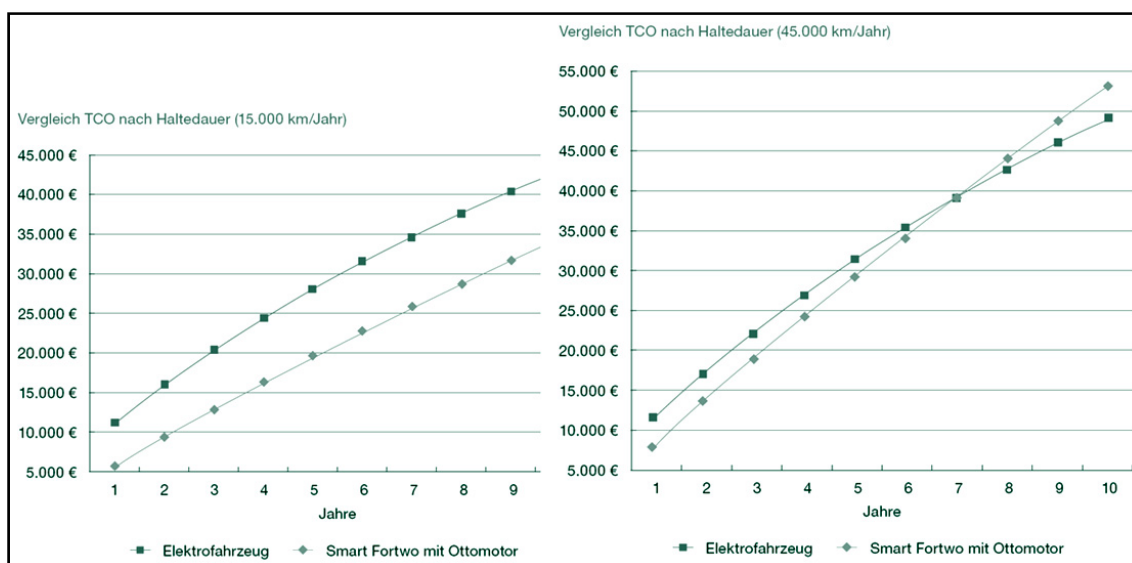


Abbildung 9: TCO-Vergleich: Smart Fortwo zu Elektromobil<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Vgl. Rothfuss, F. (2011), S. 14; Engel, T. (2011), S. 44; Nationale Plattform Elektromobilität (2011), Anhang S. 29; Kollosche, I. (2010), S. 10 ff.

<sup>34</sup> Quelle: PricewaterhouseCoopers/Fraunhofer IAO (2010), S. 68 f.

In der Abbildung wird erkennbar, dass sich ein Gesamtkostenvorteil des Elektrofahrzeugs durch seine niedrigeren Betriebskosten gegenüber dem Smart mit Verbrennungsmotor nur bei sehr hohen zurückgelegten Strecken (nach 7 Jahren bei jährlich 45.000 km) ergibt, welche von Privatfahrzeugen üblicherweise nicht erreicht werden. Derart hohe Laufleistungen stellen zudem hohe Anforderungen an die Lebensdauer und die Zyklenfestigkeit der Batterien, inwieweit diese erreichbar sind, lässt sich heute kaum abschätzen.

Der zweite, in Abbildung 10 dargestellte Vergleich beruht auf einer TCO-Analyse des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)<sup>35</sup> und stellt den Mitsubishi i-MiEV, das erste in Großserie produzierte Elektroauto, dem VW Polo, dem in Deutschland meistverkauften Kleinwagen<sup>36</sup>, gegenüber.

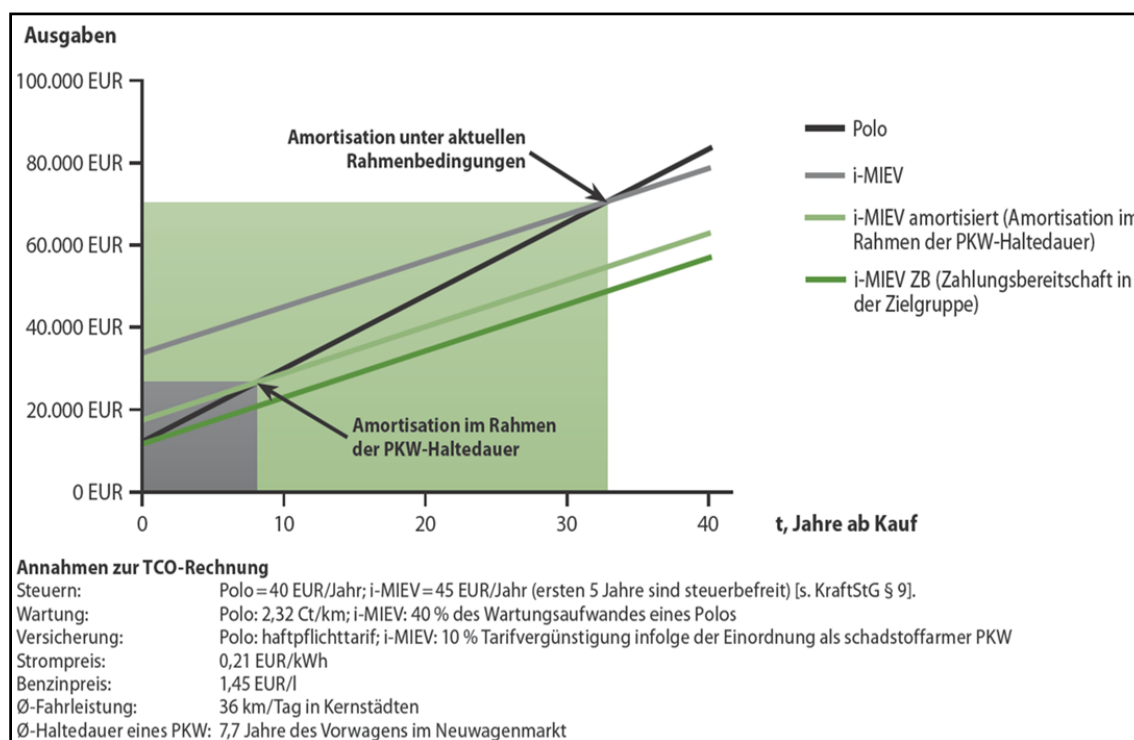


Abbildung 10: TCO-Vergleich: VW Polo zu Mitsubishi i-MiEV<sup>37</sup>

Ein Gesamtkostenvorteil des Mitsubishi i-MiEV gegenüber dem VW Polo ergibt sich unter den ebenfalls in Abbildung 10 angegebenen Modellannahmen erst nach 33 Jahren (Schnittpunkt der grauen mit der schwarzen Linie), was einer notwendigen Gesamtfahrleistung von mehr als 400.000 km entspricht. Die Haltedauern von

<sup>35</sup> Vgl. Gastes, D./Paetz, A. (2011), S. 37 ff.

<sup>36</sup> Vgl. Kraftfahrtbundesamt (2011).

<sup>37</sup> Quelle: Gastes, D./Paetz, A. (2011), S. 37.

Neuwagen liegen jedoch im Bereich von etwa 6 bis 9 Jahren.<sup>38</sup> Die hellgrüne Linie zeigt, dass die Anschaffungskosten des i-MiEV ca. 17.500 EUR geringer sein müssten, damit er mit seinen TCO bis zum Ende der durchschnittlichen PKW-Haltedauer von 7,7 Jahren gerade gleichauf mit dem VW Polo liegt. Die Ergebnisse einer ebenfalls vom KIT durchgeführten Analyse der Zahlungsbereitschaften potentieller Kunden deuten zudem auf eine weitere Problematik hin: Da die Käufer (in affinen Zielgruppen) neben den Betriebskosten auch weitere Aspekte in die Beurteilung einbeziehen, ist ihre reale Zahlungsbereitschaft noch geringer. Dies deutet die dunkelgrüne Linie an, deren Schnittpunkt mit der Ordinate diese Zahlungsbereitschaft für die Anschaffungskosten eines i-MiEV wiedergibt, die trotz der Betriebskostendifferenz nicht höher ist als für einen Polo.<sup>39</sup>

Abbildung 11 zeigt die von der Nationalen Plattform Elektromobilität im Rahmen ihres TCO-Modells erarbeiteten Prognosen für die zukünftige Entwicklung der TCO-Lücke (für verschiedene Anschaffungszeitpunkte).<sup>40</sup> Dabei wurden neben Annahmen zur Nutzungsdauer, Preisentwicklungen etc. auch Referenzfahrzeuge definiert, welche sich unterscheiden hinsichtlich der:

- Kundengruppen (Privat, Gewerblich, Dienstwagen),
- Fahrzeugsegmente (nach der Klassifikation der Europäischen Kommission: A – Kleinwagen, B – Kleinwagen, C – Mittelklasse, D – Obere Mittelklasse, NFZ – Nutzfahrzeuge) und
- Elektrifizierungsgrade (BEV – Battery Electric Vehicle, REEV – Range-Extended Electric Vehicle, PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle).<sup>41</sup>

Diesen Referenzfahrzeugen wurden konventionelle Vergleichsfahrzeuge gegenübergestellt.

---

<sup>38</sup> Vgl. Deutsche Automobil Treuhand (2011), S. 25, 27.

<sup>39</sup> Vgl. Gastes, D./Paetz, A. (2011), S. 37. Ursachen dafür sind die wahrgenommenen Nachteile des i-MiEV gegenüber dem Polo bezüglich Reichweite, Höchstgeschwindigkeit und Ladedauer.

<sup>40</sup> Zu den Eingangsdaten und Prämissen des TCO-Modells vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2011), Anhang S. 25-28.

<sup>41</sup> Vgl. dazu Abbildung 1.

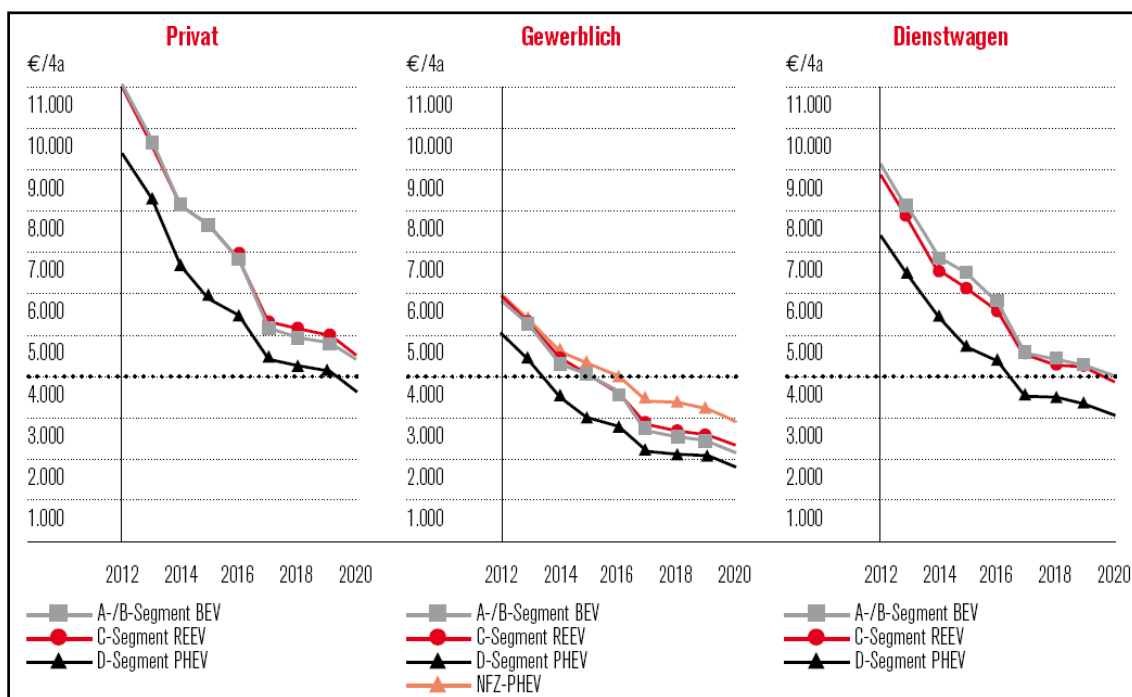


Abbildung 11: TCO-Lücke von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu funktional vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor<sup>42</sup>

Aus der Abbildung wird die Erwartung ersichtlich, dass die Kostenminderungen nach einer frühen Marktentwicklungsphase mit starker Kostendegression zunehmend geringer ausfallen. Zudem wird deutlich, dass die TCO-Lücke bei Privatfahrzeugen am größten und bei gewerblichen Flottenfahrzeugen, die hohe jährliche Laufleistungen aufweisen, am geringsten ist. Bei letzteren kann der Kostennachteil von Elektrofahrzeugen auch am ehesten überwunden werden. Einschränkend ist jedoch zu erwähnen, dass Flottenfahrzeuge oft geringere Haltedauern als Privatfahrzeuge haben und dass viele gewerblich genutzte Fahrzeuge auch sehr weite Einzelstrecken fahren, was eine bereits entsprechend gut ausgebaute Tank-/Ladeinfrastruktur voraussetzt. Daher sind Elektrofahrzeuge zunächst vor allem für die Fuhrparks mit Fahrzeugen interessant, die täglich sehr viele kurze Strecken in einem begrenzten Umfeld zurücklegen müssen, z. B. die Fuhrparks von Gemeinden, lokal agierenden Handels- und Handwerksbetrieben, Wohnungsgesellschaften sowie kommunalen Energie- und Versorgungsunternehmen. Der im Gegensatz zu diesen Fuhrparks noch sehr großen TCO-Lücke für den privaten Sektor begegnen viele Staaten (z. B. USA, Großbritannien, Frankreich, Italien, Spanien, Dänemark und China) mit teilweise üppigen Kaufprämien – mit den bekannten Vor- und Nachteilen einer derartigen Subventionspolitik.

<sup>42</sup> Quelle: Nationale Plattform Elektromobilität (2011), Anhang S. 29.

## 2. Ökonomischer Vergleich alternativer Ladeinfrastrukturkonzepte

Das zweite Beispiel untersucht die ökonomische Vorteilhaftigkeit verschiedener Infrastrukturalternativen für das Laden von Batteriefahrzeugen (BEVs). Wird von der Einordnung der Tank-/Ladeinfrastruktur in das elektromobile Wertschöpfungssystem gemäß Abbildung 4 ausgegangen, so kann die in Abbildung 12 detaillierter dargestellte Wertschöpfungskette identifiziert werden.

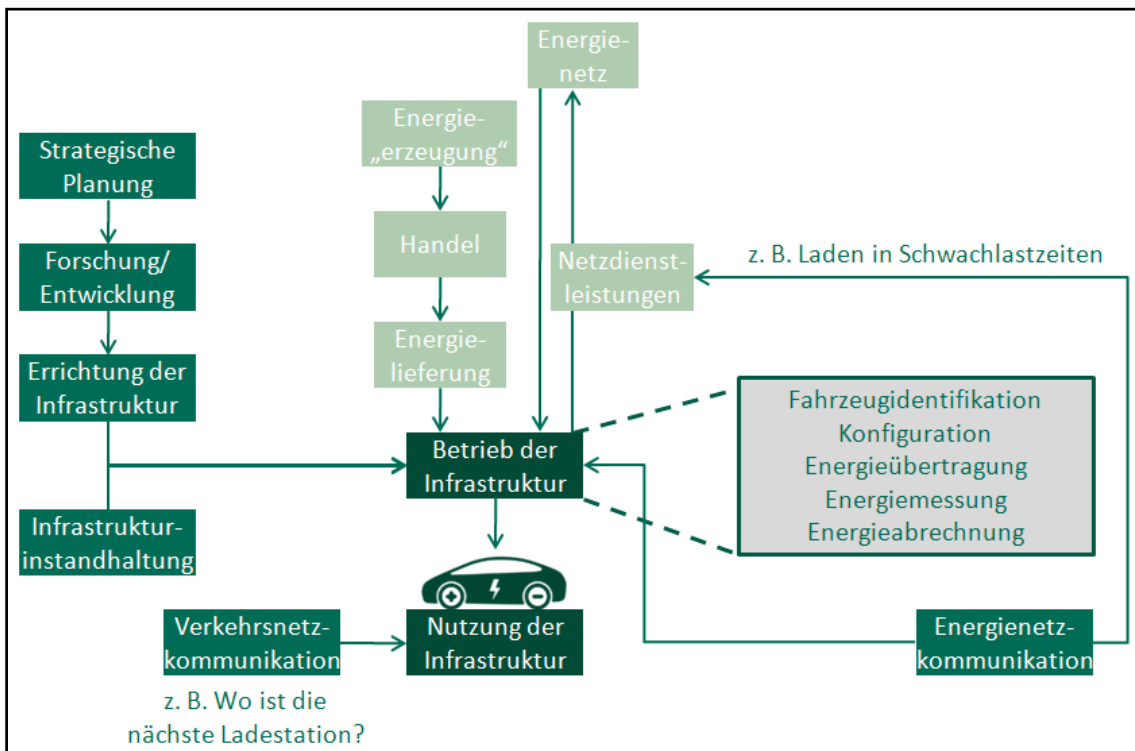


Abbildung 12: Wertschöpfungskette der Tank-/Ladeinfrastruktur<sup>43</sup>

Die Wertschöpfungskette des Infrastrukturbetriebes umfasst neben der eigentlichen Energieübertragung zu den Elektrofahrzeugen die unmittelbar vorausgehenden Prozesse der Fahrzeuganbindung und -identifikation sowie der Konfiguration der gewünschten Lademodalitäten, die nachgelagerten Prozesse der Messung und Abrechnung von in Anspruch genommenen Energiemengen, die Errichtung der Infrastruktur mit den zugehörigen Planungs- und Entwicklungsaktivitäten, ihre Instandhaltung sowie die Energiebeschaffung. Die Einbindung moderner IKT-Netze erlaubt daneben zusätzliche Dienstleistungen für Mobilitätskonsumenten und Energieversorger. An den Stufen dieser Wertschöpfungskette sind verschiedene Marktakteure beteiligt. Für ein Funktionieren der Wertschöpfungskette muss, wie in Abschnitt IV.2 erläutert, die ökonomische Vorteilhaftigkeit für jeden einzelnen

<sup>43</sup> Quelle: eigene Darstellung.

Beteiligten gegeben sein. Hier werden beispielhaft nur die Perspektiven zweier beteiligter Akteursgruppen eingenommen: jene der Infrastrukturnutzer und jene der Infrastrukturbetreiber.

Die Alternativen der Tank-/Ladeinfrastruktur hängen ganz wesentlich von der betrachteten Ausprägung der Elektromobilität (insbesondere im Hinblick auf die Energiespeicher und Hybridformen) ab. Die Abbildung 13 gibt einen Überblick über die derzeit bekannten Infrastrukturkonzepte für das *Batterieladen*.

### Stromstellen



### Alternativkonzepte

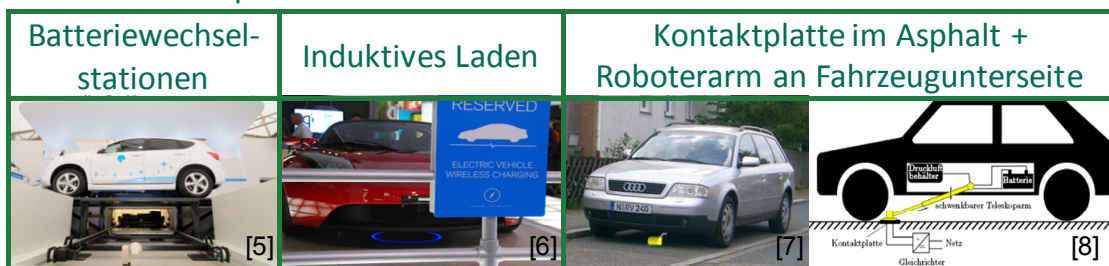


Abbildung 13: Ladeinfrastrukturkonzepte für Batteriefahrzeuge (BEV)<sup>44</sup>

Abgesehen von der drahtlosen Energieübertragung mittels Induktion erfordert das Laden die Herstellung einer galvanischen Verbindung zwischen der Batterie und dem Elektroenergienetz. In den heute gängigen Konzepten (hier als „Stromstellen“ bezeichnet) erfolgt diese Verbindung über ein im Fahrzeug mitgeführtes Kabel. Den bisherigen Pionieren der Elektromobilität standen dafür nur die normalen *Haushalts-Steckdosen* zur Verfügung, welche allerdings in der Regel nur auf 16 A Dauerstrom ausgelegt sind, was bei 230 V Einphasenwechselstrom einer Ladeleistung von maximal 3,7 kW entspricht und folglich zu sehr langen Ladedauern führt. Mit Hilfe einer erweiterten Versorgungseinrichtung – der sog. *Wallbox*, einer wandmontierten Stromstelle für den privaten Gebrauch – kann das Laden mit höheren Stromstärken und dreiphasig realisiert werden, wodurch sich die Ladezeiten signifikant verkürzen lassen. Zu diesem Zweck verfügt die Wallbox über zusätzliche Sicherheits-

<sup>44</sup> Quelle: eigene Darstellung, Bilder siehe Bildnachweis.

einrichtungen und -funktionen, häufig zudem auch über eine Datenverbindung, welche ein gesteuertes Laden ermöglicht, und einen integrierten Zähler. Der Einsatzort einer Wallbox ist vorwiegend der Innenbereich von Garagen, aber auch an Carports oder Hauswänden kann sie in einer entsprechenden Ausführung montiert werden. Einen breiten Raum in der öffentlichen Diskussion nehmen die für das Laden im öffentlichen und halböffentlichen Raum konzipierten *Ladesäulen* ein, welche hauptsächlich im Rahmen von verschiedenen gemeinsamen Pilotprojekten der deutschen Energiekonzerne und Automobilhersteller in ausgewählten Großstädten und Regionen errichtet worden sind und weiterhin werden. Dabei handelt es sich um freistehende Versorgungseinrichtungen, die auf Parkplätzen und an Straßenrändern aufgebaut werden und über unterschiedliche Ladeleistungen verfügen können. Das Konzept der *Stromtankstellen* orientiert sich an den bisherigen Mineralöltankstellen. Als Versorgungseinrichtungen an wichtigen Verkehrsadern und -knotenpunkten bieten sie mit einer Mehrzahl entsprechend dafür ausgerichteter Ladesäulen die Möglichkeit zur Schnellladung der Fahrzeugbatterie in wenigen Minuten. Das Konzept der Schnellladung an Stromtankstellen ist jedoch mit einigen Nachteilen verbunden. Weil das Laden hier mit sehr hohen Leistungen an vielen räumlich konzentrierten Ladensäulen und zusätzlich auch zeitlich gehäuft zu Stoßzeiten (Rush Hour) erfolgt, verursacht es sehr hohe Belastungen der Netzinfrastruktur, so dass mit hohen Ausbaukosten für das Elektroenergienetz zu rechnen ist. Des Weiteren werden dadurch die Lastspitzen der Energienachfrage noch erhöht, anstatt sie mit einem intelligenten Lademanagement über einen gewissen Zeitraum zu glätten. Mit größeren Querschnitten für höhere Ladeleistungen werden die Ladekabel auch schnell schwer und unhandlich. Darüber hinaus ist das Schnellladen mit höheren Infrastrukturkosten, einem geringeren Wirkungsgrad, einer relativ geringen Nutzung der Batteriekapazität und einer verkürzten Batterielebensdauer verbunden.<sup>45</sup> Da die Mehrheit der Fahrzeuge ohnehin den größten Teil des Tages geparkt ist<sup>46</sup> und es sich demzufolge eher um "Stehzeuge" handelt, bleibt offen, ob eine Orientierung am bisherigen Benutzerverhalten beim Tankvorgang wirklich sinnvoll ist.

Neben diesen als „Stromstellen“ bezeichneten Versorgungseinrichtungen existieren auch weniger bekannte bzw. weitgehend ignorierte Alternativkonzepte. Dazu gehören einerseits Batteriewechselstationen, bei denen entladene Fahrzeugbatterien in wenigen Minuten automatisiert mit Hilfe einer mechanischen Demontage- und Montagevorrichtung und einer angeschlossenen Lager- und Ladeeinrichtung durch voll

---

<sup>45</sup> Vgl. Vogel, F. (2011), S. 7 ff.

<sup>46</sup> Die durchschnittliche Nutzungszeit eines PKW liegt meist unter einer Stunde pro Tag. Vgl. Engel, T. (2005), S. 3.



geladene Batterien ausgetauscht werden. Dieses Ladekonzept wird bereits vom Unternehmen Better Place in Pilotprojekten umgesetzt.<sup>47</sup> Etwas weiter von der technischen und wirtschaftlichen Umsetzung in die Praxis entfernt ist die berührungslose, induktive Energieübertragung von einer in der Ladeinfrastruktur verbauten Primärspule, welche ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugt, auf eine sich im Fahrzeug befindende Sekundärspule. In einem weiteren grundlegenden Konzept wird eine galvanische Verbindung zwischen einem an der Fahrzeugunterseite angebrachten, ausfahrbaren Roboterarm und einer im Asphalt integrierten Kontaktplatte hergestellt. Allen Alternativkonzepten ist gemein, dass keine manuelle Herstellung einer Steckverbindung erforderlich ist.

Für diese Vielzahl von unterschiedlichen Konzepten bezüglich der Schnittstelle zum Energieversorgungssystem, allein für die Elektromobilität in Form von BEVs, stellt sich nach der Klärung der technischen Realisierbarkeit die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Alternativen. Obwohl ein großer Teil der Fahrzeugnutzer, insbesondere der Pioniere und der Early Adopters der Elektromobilität, ihre Batterie daheim aufladen können und werden, macht die Angst der Fahrzeugnutzer vor einer leeren Batterie eine *öffentliche* Ladeinfrastruktur zu einem kritischen Erfolgsfaktor. Im Folgenden sollen daher die beiden für den öffentlichen Raum geeigneten Ladeinfrastrukturkonzepte, die sich bereits in der Umsetzung in Pilotprojekten befinden (Ladesäulen und Batteriewechselstationen), einander vergleichend gegenübergestellt werden.<sup>48</sup>

Zur Beurteilung ihrer Wirtschaftlichkeit aus Sicht der Infrastrukturbetreiber und der Infrastrukturnutzer wird der Kapitalwert als eine in Theorie und Praxis anerkannte Zielgröße herangezogen. Bei positivem Kapitalwert ist die betrachtete Alternative absolut vorteilhaft, ist der Kapitalwert größer als der jeder anderen Alternative, dann gilt die betrachtete Alternative als relativ vorteilhaft. Beim Kapitalwert (KW) handelt es sich um die Summe aller auf einen Zeitpunkt bezogenen, das heißt typischerweise mit den Diskontierungsfaktoren  $q^{-t}$  auf den Beginn des gewählten Betrachtungszeitraumes ( $t = 0, \dots, T$ ) abgezinsten Ein- und Auszahlungen, welche verursacht durch die Entscheidung für eine bestimmte Handlungsalternative anfallen. Aus der Sicht des Ladeinfrastrukturbetreibers setzt er sich wie folgt zusammen:

$$(1) \quad KW_B = -A_{0B} + \sum_{t=1}^T ((p_t - b_t) \cdot x_t + E_{ft} - A_{ft}) \cdot q^{-t} + L \cdot q^{-T}$$

---

<sup>47</sup> Vgl. <http://www.betterplace.com/global-progress> [11.07.2011]

<sup>48</sup> Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf einer an der Technischen Universität Chemnitz von Studenten des Masterstudiengangs „Nachhaltige Energieversorgungstechnologien“ durchgeführten Fallstudie. Vgl. Kremp, S./Dietz, E./Knorr, R. (2011).

Zu den Anschaffungsauszahlungen ( $A_0$ ) für die Ladeinfrastruktur und deren Errichtung kommen die diskontierten, jährlichen Einzahlungsüberschüsse aus dem Verkauf von Elektroenergie ( $[\text{Stromverkaufspreis } p_t - \text{Strombezugspreis } b_t]$  multipliziert mit der abgesetzten Energiemenge  $x_t$ ), die energiemengenunabhängigen Einzahlungen  $E_{ft}$  (Entgelte für die Infrastrukturnutzung) und Auszahlungen  $A_{ft}$  (z. B. für Wartung, Personal, Messung und Abrechnung der Energie) sowie ggf. eine positive oder negative Liquidationszahlung  $L$  (für die Verwertung bzw. Entsorgung der Infrastrukturkomponenten) am Ende des Betrachtungszeitraumes.

Der Kapitalwert der Infrastrukturnutzer setzt sich wie folgt zusammen:

$$(2) \quad KW_N = -A_{0N} - \sum_{t=1}^T (p_t \cdot x_t + E_{ft}) \cdot q^{-t} + L \cdot q^{-T}$$

Auch hier fallen je nach Konzept Anschaffungsauszahlungen (z. B. für den Erwerb der Fahrzeugbatterien), die wiederum eine spätere Liquidationszahlung nach sich ziehen können, an. Ansonsten entsprechen die Auszahlungen aus dieser Perspektive den Einzahlungen der Infrastrukturbetreiber. Im Allgemeinen erwirtschaften die Nutzer der Infrastruktur – die Mobilitätskonsumenten – keine ihrer Fahrzeugnutzung zurechenbaren Erlöse. Aufgrund der grundsätzlichen Probleme, ihren Nutzen zu quantifizieren, und der Annahme, dass die Nutzen weitgehend unabhängig vom Ladeinfrastrukturkonzept sind, werden in der Kapitalwertberechnung aus ihrer Perspektive nur die Kosten bzw. die entsprechenden Auszahlungen angesetzt. Um dennoch eine Beurteilung der „absoluten“ Vorteilhaftigkeit der Elektromobilität aus Konsumentensicht vornehmen zu können, wird als Vergleichsgröße der Kapitalwert der Auszahlungen bei der Nutzung eines konventionellen Fahrzeugs herangezogen.

Um das entwickelte Kapitalwertmodell mit Zahlenwerten zu füllen, wird ein *Referenzszenario* gebildet, dessen wichtigste Annahmen an dieser Stelle kurz dargestellt werden sollen. Es wird von einer Nutzerzahl, welche mit dem Ziel von 1 Mio. Elektrofahrzeugen bis 2020, herunter gebrochen auf den Fahrzeugbestand einer Stadt mit 100.000 Einwohnern, korrespondiert, ausgegangen. Der Betrachtungszeitraum entspricht der voraussichtlichen Batterielebensdauer von 8 Jahren. Verbaut werden Lithium-Ionen-Batterien mit einer Kapazität von 24 kWh und einer Reichweite von ca. 160 km.<sup>49</sup> Angesetzt werden für

---

<sup>49</sup> Diese Konfigurationen für die Batterie entsprechen denen des Konzeptes von Better Place. Vgl. <http://www.betterplace.com/the-solution-batteries> [20.07.2011].

- die durchschnittliche jährliche Fahrleistung: 12.000 km<sup>50</sup>,
- den Batteriepreis: 1.000 EUR/kWh<sup>51</sup>,
- den Strombezugspreis: 16 ct/kWh und
- den Stromverkaufspreis: 25 ct/kWh.

Für das Geschäftsmodell des Ladesäulenbetreibers wird von einer zusätzlich zu den Energiekosten zu zahlenden Nutzungspauschale in Höhe von 250 EUR pro Jahr ausgegangen.<sup>52</sup> Beim Konzept der Batteriewechselstationen wird zwischen zwei Geschäftsmodellen unterschieden: einem hypothetischen Geschäftsmodell, bei dem die Einzahlungsüberschüsse ausschließlich aus dem Verkauf von Elektroenergie resultieren (ohne Pauschale), sowie einem Geschäftsmodell mit den konkreten Konditionen des sich derzeit in Dänemark in der Umsetzung befindlichen Pilotprojektes von Better Place.<sup>53</sup> Letzteres sieht ausschließlich gestaffelte Nutzungspauschalen in Höhe von 199 bis 399 EUR pro Monat (in Abhängigkeit von der Jahreslaufleistung) vor. Auf eine Abrechnung der in Anspruch genommenen Energiemengen wird verzichtet.

Bei dem Konzept der Batteriewechselstationen ist zu beachten, dass mehr Batterien benötigt werden als sich in den Elektrofahrzeugen in Gebrauch befinden. Für den Wechselvorgang müssen zusätzliche Batterien an den Wechselstationen vorgehalten werden. Unter Zuhilfenahme der statistischen Verteilung der täglichen PKW-Fahrweiten wurden durchschnittliche Wechselintervalle berechnet und damit ein sog. Batteriemehrfaktor von 1,23 bestimmt. Das heißt, für 1.000 Nutzer werden 1.230 Batterien benötigt.

Für das mit den eben umrissenen Annahmen gebildete Referenzszenario ergibt sich aus Sicht des Infrastrukturbetreibers beim Ladesäulenkonzept ein deutlich negativer Kapitalwert (-1.652.258 EUR), obwohl hier bereits eine zusätzlich zu den Energiekosten zu zahlende Nutzungspauschale angesetzt wurde. Beim

---

<sup>50</sup> Die durchschnittliche Jahresfahrleistung deutscher PKW verzeichnete in den vergangenen 10 Jahren einen leicht sinkenden Trend und lag 2007 bei etwa 12.500 km. Vgl. Shell (2009), S. 26. Shell Deutschland geht in seinen PKW-Szenarien für das Jahr 2020 von einer Jahresfahrleistung in Höhe von 12.000 km aus. Vgl. Shell (2009), S. 34.

<sup>51</sup> Entspricht in etwa dem derzeit gültigen Preis für Lithium-Ionen-Batterien. Vgl. <http://www.e-mobil-sachsen.de/Startseite/Elektromobilitaet/Fragen-Antworten.html> [20.07.2011].

<sup>52</sup> Dieser Wert resultiert aus Plausibilitätsüberlegungen zur möglichen Zahlungsbereitschaft für die Nutzung einer Ladesäuleninfrastruktur. Diese wird unter anderem begrenzt von den konsumentenseitigen Möglichkeiten und Kosten für das private Laden an der Steckdose oder der Wallbox. Vgl. Kremp, S./Dietz, E./Knorr, R. (2011), S. 28. Erste Rechenläufe ergaben, dass ein wirtschaftlicher Betrieb bei völligem Verzicht auf eine Nutzungsgebühr sehr unrealistisch ist.

<sup>53</sup> Vgl. dazu <http://www.betterplace.com/the-company-pressroom-pressreleases-detail/index/id/better-place-and-renault-launch-fluence-z-e-the-first-unlimited-mileage-electric-car-together-with-innovative-emobility-packages-in-europe-s-first-better-place-center> [20.07.2011].

Wechselstationskonzept wird für das Geschäftsmodell ohne Pauschale ein gerade noch positiver (3.759 EUR) und für das Geschäftsmodell mit den Modalitäten des Pilotprojektes ein deutlich positiver Kapitalwert (12.532.900 EUR) bestimmt.

Während die Ergebnisse der Betreibersicht unter den getroffenen Annahmen die ökonomische Vorteilhaftigkeit des Wechselstationskonzeptes vermuten lassen, ist dieses aus Sicht der Konsumenten sehr viel teurer (Kapitalwert von -32.407 EUR im Geschäftsmodell ohne und -45.411 EUR im Geschäftsmodell mit Pauschale) als das Ladestationskonzept (-28.335 EUR). Darüber hinaus ist die Elektromobilität für den Mobilitätskonsumenten mit beiden Infrastrukturkonzepten derzeit noch deutlich kostspieliger als die Nutzung eines konventionellen Fahrzeugs, was sich in das Bild der TCO-Vergleiche aus dem vorangegangenen Kapitel einfügt. Wird von den heutigen Kraftstoffpreisen ausgegangen, so aggregieren sich die damit verbundenen Auszahlungen zu einem Kapitalwert von lediglich -8.194 EUR.<sup>54</sup> Die Ursache dieser Diskrepanz liegt vor allem in den noch sehr hohen Batteriekosten, die über den Kauf oder das Leasing letztendlich vom Konsumenten getragen werden müssen. Mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen können weitere wichtige Einflussgrößen identifiziert werden, welche die Vorteilhaftigkeit entscheidend beeinflussen. Dies sind u. a. die Höhe der Nutzungsentgelte, die Anzahl der Nutzer pro Ladesäule (ergo die Anzahl notwendiger Ladesäulen), die jährliche PKW-Fahrleistung sowie die relative Preisentwicklung zwischen der Elektroenergie und den Kraftstoffen. Ebenfalls können kritische Werte dieser Einflussgrößen, ab denen die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zu anderen Ergebnissen gelangt, bestimmt werden.

Dieses kleine Beispiel zeigt, dass die Vorteilhaftigkeit von Lösungen für die an einer Wertschöpfungskette Beteiligten unterschiedlich ausfallen kann. Der Betrieb einer „dichten“ Ladeinfrastruktur scheint – wie das Referenzszenario zeigte – derzeit noch nicht umsetzbar zu sein. Dazu fehlt es an der Wirtschaftlichkeit aus Sicht der Konsumenten und beim Ladesäulenkonzept auch aus Sicht der Betreiber. Auch wenn in den kommenden Jahren mit sinkenden Batteriekosten und überproportional steigenden Kosten für konventionelle Kraftstoffe zu rechnen ist, bleibt die ökonomische Vorteilhaftigkeit der Elektromobilität aus Sicht *aller* Marktakteure eine nicht zu unterschätzende Herausforderung.

---

<sup>54</sup> Bei diesem Vergleich wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass die sonstigen Kosten eines Elektrofahrzeugs (ohne die Batterie-, die Energie- und die Ladeinfrastruktur-nutzungskosten) identisch mit denen eines konventionellen Fahrzeugs sind.

### 3. Smart Metering

Als letztes Beispiel sei auf das Smart Metering eingegangen, um daran zu verdeutlichen, wie wichtig die Berücksichtigung der Interessen aller Beteiligten ist. Wie bereits angedeutet, werden intelligente Zähler in Zusammenhang mit einem zukünftigen Mess- und Abrechnungskonzept eine große Rolle für die Elektromobilität spielen – ob als Bestandteil der Ladeinfrastruktur oder integriert im Fahrzeug. Bereits heute sind sie aber für den Anschluss von Gebäuden an das Niederspannungsnetz von Bedeutung. Ihr Einsatz wird in der EU politisch forciert, um der Erreichung der Ziele der Energieeffizienzsteigerung, der Energieeinsparung, aber auch des weiteren intensiven Ausbaus der erneuerbaren Energien näher zu kommen. Ein intelligentes Messsystem ist nämlich der technische Grundstein für Smart Grids, mit deren Hilfe mehr fluktuierende Wind- und Sonnenenergie in die Elektroenergieversorgung eingebunden werden kann.

Gemäß den §§ 21b und 40 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) bestehen seit Anfang 2010 die Pflichten zum Einbau intelligenter Zähler bei Neubauten und nach Großrenovierungen und zu einem entsprechenden Angebot an davon nicht betroffene Anschlussnutzer sowie seit Anfang 2011 auch die Verpflichtung, lastvariable oder tageszeitabhängige Tarife anzubieten. Die Stromrichtlinie des dritten EU-Binnenmarktpaketes fordert, dass bei einer positiven Bewertung dieser Technologie bis 2020 mindestens 80 % der Verbraucher mit intelligenten Messsystemen ausgestattet werden.<sup>55</sup> Derzeit bieten knapp 50 der über 800 Energieversorger in Deutschland Smart-Metering-Produkte, bestehend aus einem intelligenten Zähler, einem zeitvariablen Tarif, einem Internet-Portal und gegebenenfalls einem Home-Display und einer Smartphone-Applikation, an.<sup>56</sup> Bislang ist die Kundennachfrage nach solchen Produkten noch sehr gering.<sup>57</sup> Das liegt zum einen daran, dass die meisten Produkte für Durchschnittsverbraucher preislich unattraktiv sind, wie im Folgenden an einem als typisch anzusehenden Beispiel verdeutlicht werden soll, zum anderen daran, dass die Anbieter solche Produktangebote in den Tiefen ihres Internetauftritts verstecken oder bei Kundenanfragen sogar aktiv davon abraten.<sup>58</sup>

Abbildung 14 zeigt beispielhaft die jährliche Kostendifferenz eines repräsentativen Smart-Metering-Produktes eines regionalen Anbieters in Süddeutschland gegenüber

---

<sup>55</sup> Vgl. Richtlinie 2009/72/EG, Anhang I, Ziffer 2.

<sup>56</sup> Vgl. Schäffler, H. (2011), S. 70.

<sup>57</sup> Vgl. Schäffler, H. (2011), S. 71.

<sup>58</sup> Vgl. ebda.

dem entsprechenden Basistarif in Abhängigkeit vom Jahresenergieverbrauch und von dem Anteil des Verbrauchs in der Niedertarifzeit.

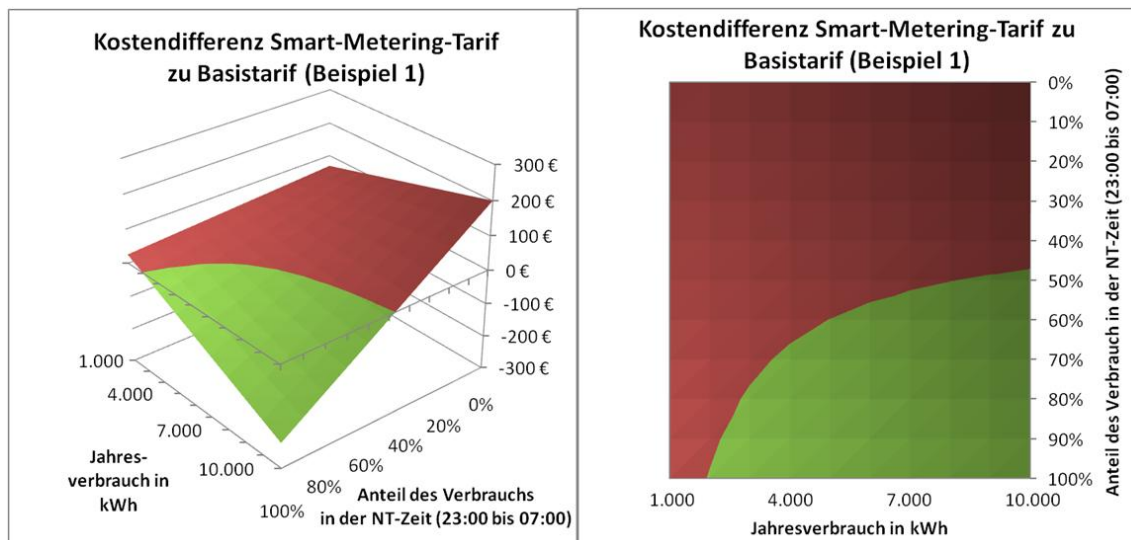


Abbildung 14: Vergleich Smart-Metering-Tarif zu Basistarif<sup>59</sup>

In den grünen Bereichen sind jeweils Minder- und in den roten Bereichen jeweils Mehrkosten gegenüber dem Basistarif des Anbieters zu verzeichnen. Es wird ersichtlich, dass allein durch eine Verbrauchsverlagerung in die Niedertarifzeit realistischerweise keine Kosteneinsparung erreicht werden kann. Der durchschnittliche Jahresenergieverbrauch beträgt in Deutschland zwischen 1.600 kWh in einem Einpersonen-Haushalt und 4.500 kWh in einem Vierpersonen-Haushalt. Selbst bei dem durchschnittlichen Verbrauch eines Vierpersonen-Haushalts müssten etwa 60 % des Verbrauchs nachts zwischen 23 und 7 Uhr anfallen, damit sich der Smart-Metering-Tarif gegenüber dem Basistarif lohnt. Die Wirtschaftlichkeit für den „normalen“ Kunden ist hier also, wie auch bei der Mehrzahl der derzeit angebotenen Smart-Metering-Tarife, nicht gegeben; vor allem aus diesem Grund, dürfte sich der Markt für Smart-Metering-Produkte, wie bereits erwähnt, nur geringfügig entwickeln.

Um die noch bestehenden Hemmnisse für das Smart Metering, welche auch über die hier aufgezeigte fehlende Wirtschaftlichkeit hinausgehen, zu überwinden, sind Veränderungen in verschiedenen Bereichen nötig. Das Nutzenspektrum für den Kunden, welches derzeit nur aus möglichen Energieeinsparungen im einstelligen Prozentbereich<sup>60</sup> durch die verbesserte Transparentmachung und Überwachung des

<sup>59</sup> Quelle: Götze, U./Lindner, R./Rehme, M. (2011).

<sup>60</sup> Gemäß einer Studie des Fraunhofer-Instituts für System- und Informationsforschung sparten die ca. 2000 teilnehmenden Haushalte mit intelligenten Zählern im Schnitt etwa 3,7 % Strom und damit etwa 30 Euro Stromkosten jährlich gegenüber der Kontrollgruppe mit herkömmlichen Zählern, die Mehrkosten für die Anschaffung und den Betrieb der Smart Meter noch nicht eingerechnet. Vgl. Schleich, J. et al. (2011), S. 12.

Verbrauchs besteht, muss um weitere Elemente aus den Bereichen Komfort, Sicherheit und Lifestyle erweitert werden. Damit die Energielieferanten und damit auch die Kunden überhaupt ökonomische Vorteile aus einer Glättung der Lastspitzen, also einer zeitlichen Verlagerung des Energieverbrauchs in bisherige Schwachlastzeiten, ziehen können, müssen Änderungen im energiewirtschaftlichen Rechtsrahmen vorgenommen werden. Denn dem „aktuellen System der Standardlastprofile im Haushalts- und Gewerbekundenbereich ist es geschuldet, dass der Lieferant Beschaffungsvorteile nicht an die Kunden weiterreichen kann und ihm der wirtschaftliche Anreiz fehlt, überhaupt variable Tarife für diese Kunden anzubieten.“<sup>61</sup> Nach den geltenden Regelungen muss der Energielieferant bei Privat- und Gewerbekunden mit einem Jahresverbrauch unter 100.000 kWh auch bei Vorhandensein eines intelligenten Zählers die Energie weiter nach dem sog. Standardlastprofil (SLP)<sup>62</sup> beschaffen, einspeisen und abrechnen.<sup>63</sup> Differenzen zwischen den Ist-Werten sowie den nach SLP prognostizierten und bestellten Lieferungen müssen über Regelenergie gegen Entgelt ausgeglichen werden. Eine Rückkopplung des tatsächlichen Verbrauchsverhaltens von Standardlastprofilkunden in das System der Energiemengenbilanzierung ist noch nicht gegeben. Das erklärt auch die bisherige Zurückhaltung der Energielieferanten beim Thema Smart Metering. Die Lösung datenschutzrechtlicher Probleme im Zusammenhang mit Smart Metering wurde mit der Novellierung des EnWG 2011 bereits angegangen.<sup>64</sup> Für eine ausführliche Darstellung der akteursspezifischen Chancen und Risiken von Smart Metering sowie perspektivenspezifische Wirtschaftlichkeitsbeurteilungen sei abschließend auf den Beitrag von GÖTZE, U./LINDNER, R./REHME, M. (2011) verwiesen.

---

<sup>61</sup> Quelle: BNetzA (2010), S. 60.

<sup>62</sup> Das Standardlastprofil ist ein vom Netzbetreiber erstellter und zur Prognose verwendeter, repräsentativer zeitlicher Verlauf der abgenommenen elektrischen Leistung von Kundengruppen mit ähnlichem Verbrauchsverhalten (Haushalte, Landwirtschaftsbetriebe, Gewerbetypen).

<sup>63</sup> Vgl. § 12 Abs. 1 Stromnetzzugangsverordnung: „Die Betreiber von Elektrizitätsverteilernetzen haben für die Abwicklung der Stromlieferung an Letztverbraucher mit einer jährlichen Entnahme von bis zu 100.000 kWh vereinfachte Methoden (standardisierte Lastprofile) anzuwenden, die eine registrierende Lastgangmessung nicht erfordern.“

<sup>64</sup> Vgl. Schaar, P. (2011).

## **VI. Lösungsansätze**

Eine grundsätzliche Handhabe, die in diesem Beitrag skizzierten Herausforderungen zu bewältigen, ist ein „ganzheitliches“, vernetztes und interdisziplinäres Denken und Handeln aller Beteiligten – analog zu dem sich in Entstehung befindlichen ganzheitlichen Wertschöpfungssystem. Fragestellungen, die vorrangig technischen, politischen, rechtlichen, volks- und betriebswirtschaftlichen oder human- und sozialwissenschaftlichen Bereichen zuzuordnen sind, sollten immer auch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die anderen Bereiche analysiert und beurteilt werden. Darüber hinaus wird es darauf ankommen, dass die Automobilindustrie, die Energiewirtschaft und die IKT-Branche Synergien identifizieren und nutzen sowie gemeinsam von den jeweiligen Stärken und Kernkompetenzen profitieren. Um das zu erreichen, wird ein miteinander abgestimmtes, strategisches Vorgehen nötig. Das heißt, Wege zur Erreichung gemeinsamer Ziele müssen frühzeitig unter Berücksichtigung ihrer Gesamtwirkung und der dafür notwendigen Ressourcen rationell durchdacht und langfristig geplant werden.

Neben dieser grundlegenden Herangehensweise können den perspektiven-spezifischen Herausforderungen auch eigene Lösungsansätze zugeordnet werden. In Anlehnung an die Systematisierung von Kapitel IV soll hier zwischen der Politik, den Wirtschaftswissenschaften und den unternehmerischen Marktakteuren unterschieden werden.

Aufgabe der *Politik* ist die Festlegung klarer gesellschaftlicher Ziele. Dazu bedarf es einer vorausgehenden breiten Zieldiskussion, die das Thema Elektromobilität mit seinen klima-, energie- und verkehrspolitischen Aspekten auf die Tagesordnung setzt und vorhersehbare Konflikte nicht scheut. Die Wichtigkeit und Brisanz des Themas muss den Bürgern deutlich gemacht werden. Über Mehrheitsentscheidungen legitimierte, argumentativ nachvollziehbare und möglichst präzise Zielvorgaben sind ein wichtiger Beitrag dafür, dass die verschiedenen Marktakteure ein gewisses Maß an Planungssicherheit für ihre Forschungs-, Entwicklungs- und Umsetzungsaktivitäten erhalten. Vage Absichtsbekundungen, wie z. B. bei den jährlich stattfindenden UN-Klimakonferenzen, und sprunghaft wirkende Politikwechsel, wie zuletzt bei dem im Juni 2011 vom Bundestag beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Jahr 2022, nachdem erst 8 Monate zuvor die Laufzeitverlängerung beschlossen wurde, wären hinderlich für die Entwicklung der neuen Wertschöpfungsarchitektur.



Auch bei der Entwicklung und Implementierung von Strategien zur Zielerreichung ist ein Mitwirken der Politik gefragt. Hierbei geht es darum, rechtliche und infrastrukturelle Rahmenbedingungen sowie konsistente Anreizmechanismen so zu setzen, dass (potenzielle) Konflikte zwischen den Interessen verschiedener Akteure der Wertschöpfungskette, welche die fortlaufende Entwicklung der Elektromobilität behindern, abgebaut werden. Außerdem nimmt die Politik eine Schlüsselrolle bei der Koordination und Förderung der Zusammenarbeit zwischen der Wissenschaft und den beteiligten Industrien ein. Ein vielversprechender Lösungsansatz hierbei ist die Bildung regionaler Forschungs- und Technologiecluster, welche als industriepolitische Leuchttürme eine ökonomische Strahlkraft für ganze Regionen entfalten können. Darüber hinaus sollte ein Wissensmanagement für Elektromobilität entwickelt und gefördert werden, damit neben der in vielen Forschungs- und Pilotprojekten erfolgten Generierung von Wissen auch dessen breite Diffusion und Anwendung erreicht werden kann. Mit der Förderung von Neugründungen, Ausgründungen und Joint Ventures kann die Politik zusätzliche Impulse setzen.

Die *wirtschaftswissenschaftliche Forschung und Lehre* kann ebenfalls einen Beitrag zur erfolgreichen Entwicklung des elektromobilen Wertschöpfungssystems leisten. Mit der akademischen Ausbildung und dem damit verbundenen Wissenstransfer stehen bereits etablierte Lösungsinstrumente für die Unterstützung der Akteure in ihren Entscheidungen zur Verfügung. In Kapitel IV wurde bereits die Anwendung von betriebswirtschaftlichen Bewertungsinstrumenten anhand von Vergleichen der Total Costs of Ownership, der Kapitalwerte bzw. der jährlichen Kosten von verschiedenen Alternativen aufgezeigt. Daneben sollten bestehende Instrumentarien weiterentwickelt und neue oder spezifisch auf das Thema „Elektromobilität“ ausgerichtete Ansätze erarbeitet werden, wie sie im Hinblick auf die Analyse, Beurteilung und Gestaltung von bereits in Abschnitt IV.4 angesprochen worden sind.

Da sich die Zukunft des elektromobilen Wertschöpfungssystems heute nicht präzise vorhersagen lässt, sollten sich die in den beteiligten Branchen agierenden *Unternehmen* in hohem Maße Flexibilität bewahren, um Chancen zu nutzen und sich der Entwicklung anpassen zu können. Dafür ist es nützlich, eine strategische Frühaufklärung hinsichtlich der Technologien, Märkte und rechtlichen Rahmenbedingungen zu betreiben und bei allen strategischen Entscheidungen Alternativszenarien zu berücksichtigen. Eigene Timingstrategien für den Markteintritt sind zu entwickeln und an den jeweils aktuellen Kenntnisstand anzupassen. Mit potentiellen Wertschöpfungspartnern sollten frühzeitig gemeinsame Kompetenzen entwickelt und prototypische Wertschöpfungsnetzwerke gebildet werden. Unabdingbar

scheint zudem ein grundsätzlich perspektivenspezifisches Denken in Wertschöpfungsketten und Lebenszyklen. Sich gedanklich in die Lage der anderen Marktakteure hinein zu versetzen, erlaubt eine erste Abschätzung der Funktionsfähigkeit eigener und fremder Geschäftsmodelle sowie des Wertschöpfungssystems in seiner Gesamtheit.

## **VII. Danksagung**

Der vorliegende Beitrag entstand im Rahmen des Projekts „Elektroenergie- und Informationsnetze – Ansätze zur Modellierung und integrierten Gestaltung“, welches von der Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) sowie aus Landesmitteln des Freistaats Sachsen gefördert wird. Die Autoren danken zudem der MUGLER AG für die Unterstützung.



## VIII. Literaturverzeichnis

- Becks, Thomas et al., Wegweiser Elektromobilität, Berlin 2010.
- Bernhart, Wolfgang/Zollenkop, Michael, Geschäftsmodellwandel in der Automobilindustrie –Determinanten, zukünftige Optionen, Implikationen, in: Bieger, Thomas et al., Innovative Geschäftsmodelle – Konzeptionelle Grundlagen, Gestaltungsfelder und unternehmerische Praxis, Berlin u. a. 2011, S. 276-298.
- Bundesministerium der Finanzen, Kassenmäßige Steuereinnahmen nach Steuerarten in den Kalenderjahren 2006 – 2010, BMF - I A 6, 09.03.2011.
- Bundesnetzagentur (BNetzA), Bericht "Wettbewerbliche Entwicklungen und Handlungsoptionen im Bereich Zähl- und Messwesen und bei variablen Tarifen", Bonn 2010, verfügbar unter <http://www.bundesnetzagentur.de> [15.10.2010].
- Bundesregierung, Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, August 2009.
- Bundesregierung, Regierungsprogramm Elektromobilität, Mai 2011.
- Deutsche Automobil Treuhand, kfz-betrieb – DAT Report 2011, Würzburg, April 2011.
- Deutsches CleanTech Institut, CleanTech Studienreihe, Band 4 eMobilität, CleanTech Branche - Treiber im Fokus, Bonn, September 2010.
- Engel, Tomi, Das Elektrofahrzeug als Regelenergiekraftwerk des Solarzeitalters, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Object Farm Solarkonzepte, November 2005.
- Engel, Tomi, Eine gute I.D.E.E., in: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (Hrsg.), Sonnenenergie, Heft 3-2011, S. 44 f.
- Gastes, Dominic/Paetz, Alexandra-Gwyn, Marktumbruch in der Automobilbranche?, in: Business und Innovation 1/2011, S. 34-43.
- Götze, Uwe/Lindner, Romy/Rehme, Marco, Smart Metering – auf dem Weg zu einer wirtschaftlichen Technologie?, in: Gramlich, Ludwig /Orantek, Kerstin (Hrsg.), Intelligenter und effizienter Einsatz von (er)neu(erbar)en Energien in Sachsen und Tschechien, Technische, wirtschaftliche und rechtliche Aspekte, Chemnitz 2011, S. 111-134.
- Kollosche, Ingo et al., E-Mobility 2025 – Szenarien für die Region Berlin, Berlin, September 2010.
- Krafftahrtbundesamt, [www.kba.de](http://www.kba.de) [28.04.2011].
- Krcal, Hans-Christian, Strategische Implikationen einer geringen Fertigungstiefe für die Automobilindustrie, University of Heidelberg, Discussion Paper Series No. 456, Oktober 2007.
- Kremp, Sebastian/Dietz, Eric/Knorr, Romy, unveröffentlichte Fallstudie „Ökonomischer Vergleich von Batteriewechselstationen und Ladesäulen“, Mai 2011.

- Kunkel, Andreas, The Safety Connection, <http://www.daimler-technicity.de/simtd/>, 22.05.2011.
- Nationale Plattform Elektromobilität, Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, Berlin, Mai 2011.
- n-tv, Aufschwung mit Elektroautos – McKinsey wiegelt ab, <http://www.n-tv.de/wirtschaft/McKinsey-wiegelt-ab-article484313.html>, 31.08.2009.
- PricewaterhouseCoopers/Fraunhofer IAO, Elektromobilität - Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand, Stuttgart 2010.
- Rees, Jürgen, Auto? Nein, danke! in: Wirtschaftswoche Nr. 9, 1. März 2010, S. 76-80.
- Rothfuss, Florian, Elektromobile Stadt – Die Stadt als Katalysator für Elektromobilität, Hannover, April 2011.
- RWE AG, Vehicle to Grid: Mobile Kraftwerke auf dem Weg, <http://www.rwe-mobility.com/web/cms/de/236864/rwemobility/der-markt/vehicle-to-grid/>, [24.06.2011].
- Schaar, Peter, Smarte Stromzähler nur mit intelligentem Datenschutz, Pressemitteilung des Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit Nr. 23/2011, 12.07.2011.
- Schäffler, Harald, Smarte Energieprodukte – deutsche Erfahrungen, in: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.), Tagungsband Smart Grids Week - Linz 2011, Wien 2011.
- Scheer, Hermann, Mehr Tempo für Elektromobilität, Memorandum zur schnellen und umfassend angelegten Öffnung in die Massenproduktion, Bonn, April 2010.
- Schleich, Joachim et al., Smart metering in Germany and Austria – results of providing feedback information in a field trial, Fraunhofer ISI, Working Paper Sustainability and Innovation No. S 6/2011.
- Shell Deutschland, Shell PKW-Szenarien bis 2030 – Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Auto-Mobilität, Hamburg 2009.
- Vogel, Friedrich, Was Sie schon immer über e-mobilität mit everynear wissen wollten – Q&A, Baden, Juni 2011.
- Wallentowitz, Henning/Freialdenhoven, Arndt/Olschewski, Ingo, Strategien zur Elektrifizierung des Antriebstranges: Technologien, Märkte und Implikationen, Wiesbaden 2010.
- Winterhoff, Marc et al., Zukunft der Mobilität 2020, Die Automobilindustrie im Umbruch?, Arthur D. Little Studie, Wiesbaden 2009.
- Wirtschaftswoche online, Wie Elektroautos unseren Alltag verändern werden, <http://www.wiwo.de/technik-wissen/wie-elektroautos-unseren-alltag-veraendern-werden-407993/>, 16.09.2009.

Wirtschaftswoche online (2010a), Wie Evi die Bedeutung der Elektromobilität misst, <http://www.wiwo.de/unternehmen-maerkte/wie-evi-die-bedeutung-der-elektromobilitaet-misst-427720/>, 21.04.2010.

Wirtschaftswoche online (2010b), Frankreich auf dem Weg zur führenden Elektromobilitäts-Nation, <http://www.wiwo.de/unternehmen-maerkte/frankreich-auf-dem-weg-zur-fuehrenden-elektromobilitaets-nation-445302/>, 23.10.2010.

Wirtschaftswoche online (2010c), Autofahrer wissen viel zu wenig über Elektromobilität, <http://www.wiwo.de/blogs/wattgetrieben/2010/12/27/autofahrer-wissen-viel-zu-wenig-uber-elektromobilitat/>, 27.12.2010.

Wirtschaftswoche online, Wie Volkswagen & Co. ihre Zukunft verbummeln, <http://www.wiwo.de/unternehmen-maerkte/wie-volkswagen-co-ihre-zukunft-verbummeln-454101/>, 27.01.2011.

## **IX. Bildnachweis**

[1] <http://blog.gruenhausenergie.de/strom-ist-nicht-gleich-strom-zertifizierter-strom-von-grunhausenergie/>

[2] <http://www.walther-werke.de/e-mobility.393.0.html> © Walther Werke

[3] <http://www.fahrzeugbilder.de/name/einzelbild/number/19824/kategorie/Elektromobile~alle+Hersteller~alle+Modelle.html> © Reinhard Korsch

[4] <http://www.heise.de/tp/artikel/29/29953/1.html> © EPR Architects-London

[5] <http://green.autoblog.com/category/better-place/> © Sharron Lovell

[6] <http://hight3ch.com/tesla-car-wirelessly-charging/> © Tesla Motors

[7] <http://www.cargrid.de/cargrid-idee.html> © CarGrid

[8] Fallstudie „Ökonomischer Vergleich von Batteriewechselstationen und Ladesäulen“ © Sebastian Kremp