

# Berliner Handbuch zur Elektromobilität

von

Dr. Katharina Boesche, Dr. Oliver Franz, Claus Fest, Dr. Armin Gaul, Dr. Peter Bachmann, Prof. Dr. Ing. Klaus J. Beckmann, Prof. Dr. Ing. Jürgen Beyer, Andreas Böwing, Dr. Ing. Ingo Diefenbach, Dr. Carl Friedrich Eckhardt, Jonas Fluhr, Dr. Andreas Goerdeler, Sven Gröning, Dr.-Ing. Ulrich Grottker, Dr. Gabriele Haas, Dr. Björn C. Heinlein, Michael Holtermann, Willi Horenkamp, Dr. Cornelia Kermel, Christian Liebich, Mieke Lorenz, Jens Lorkowski, Claas Matrose, Christian Alexander Mayer, Dr. Christian Mengersen, Dr. Ulrich Müller, Dr. Frank Pallas, Uwe Plank-Wiedenbeck, Thomas Pollok, Dr. jur. Oliver Raabe, Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz, Johannes Rolink, Jens Schmutzler, Prof. Dr.-Ing. Armin Schnettler, Eva Szczechowicz, Dr. Norbert Verweyen, Dr.-Ing. Volker Waßmuth, Dr. Jens Weinmann, Eva Weis, Dr. Hans Peter Wiesemann, Prof. Dr.-Ing. Christian Wietfeld, Stefan Zisler

1. Auflage

[Berliner Handbuch zur Elektromobilität – Boesche / Franz / Fest / et al.](#)

schnell und portofrei erhältlich bei [beck-shop.de](#) DIE FACHBUCHHANDLUNG

Thematische Gliederung:

[Energierrecht](#)



Verlag C.H. Beck München 2013

Verlag C.H. Beck im Internet:

[www.beck.de](http://www.beck.de)

ISBN 978 3 406 64862 5

[Inhaltsverzeichnis: Berliner Handbuch zur Elektromobilität – Boesche / Franz / Fest / et al.](#)

## Kapitel 8. Typisierung der Interaktion von Elektrofahrzeugen

rechts). Flüssiger oder gasförmiger Treibstoff anderer Fahrzeuge hingegen muss über Tankstellen vertrieben werden, die trotz geschickter Anordnung die grundsätzlich hohe Verfügbarkeit von Strom nicht erreichen können.

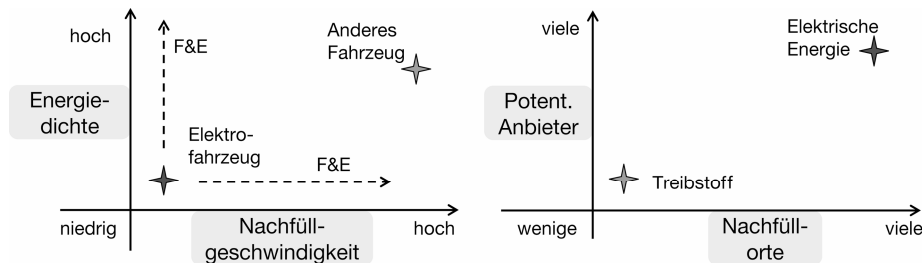


Abbildung 2: Gegenüberstellung der Energieübertragung in Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen

Daraus ergibt sich, dass die Energieübertragung in das Elektrofahrzeug ein wichtiger Erfolgsfaktor aller elektromobiler Lösungen ist. Drei Technologien der Energieübertragung werden derzeit besonders für Elektrofahrzeuge diskutiert und spezifiziert: konduktives Laden, induktives Laden und ein (halb-)automatisierter Wechsel der Akkus. Ein Elektrofahrzeug kann jedoch auf mehrere dieser Technologien zurückgreifen. Insbesondere das langsame ( $< 3 \text{ kW}$ ), konduktive Laden bietet die Möglichkeit, die hohe örtliche Verfügbarkeit des Stroms tatsächlich zu nutzen. Mit Hilfe intelligenter Ladetechnologie kann ein Elektrofahrzeug zudem bevorzugt auf die fluktuierende, erneuerbar bereitgestellte Energie zurückgreifen. Es kann daher als ökonomisch und ökologisch günstige Ergänzung zu komfortablem induktivem Laden oder dem Wechsel der Akkus eingesetzt werden.

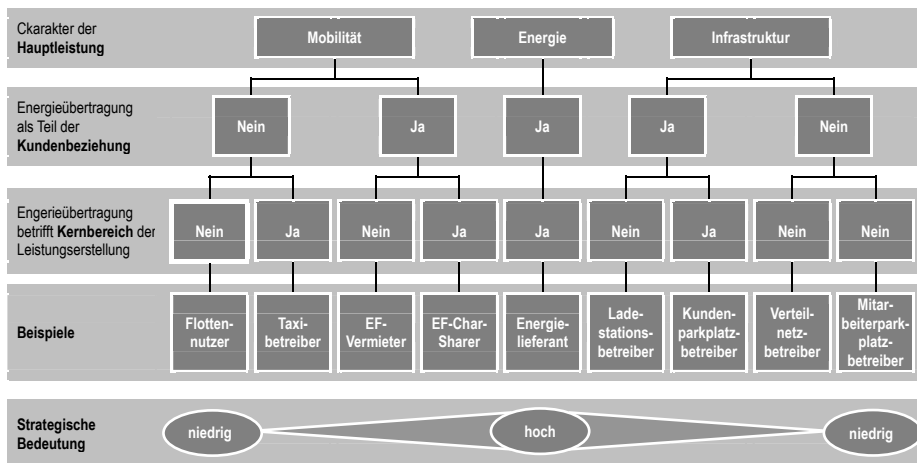


Abbildung 3: Strategische Bedeutung der Energieübertragung in Elektrofahrzeuge für Unternehmen in ausgewählten Rollen

**3. Bedeutung der Energieübertragung für Unternehmen.** Elektromobilität ist keine kleine und branchensinguläre Veränderung, sondern hat das Potenzial für Verwerfungen in mehreren Branchen und betrifft dadurch viele Unternehmen. Auch an der Energieübertragung zwischen Elektrofahrzeug und Stromnetz sind zahlreiche Unternehmen beteiligt. Die strategische Bedeutung der Energieübertragung in Elektrofahrzeuge variiert jedoch bei den

## *B. Typen und Aufgaben von Ladeinfrastrukturen/Wettbewerb von Ladeinfrastrukturen*

betroffenen Unternehmen in Abhängigkeit ihrer Rolle (vgl. Abbildung 3). Während die Elektromobilität für Energielieferanten als neues Absatzfeld strategisch bedeutsam ist, ist sie zB für Betreiber von Kundenparkplätzen mittelfristig nicht geschäftskritisch. Zwar können diese Betreiber auf ihren Parkplätzen zusätzlich Lademöglichkeiten anbieten (zB analog zu Tankstellen an großen Supermärkten). Ein solches Angebot wäre jedoch eher als Kundenbindungsinstrument zu werten und beträfe regelmäßig nicht den Kern der Leistungsbeziehung mit dem Kunden. Die strategische Bedeutung der Elektromobilität induziert auch die Tiefe der Auseinandersetzung eines Unternehmens mit den Gestaltungsmöglichkeiten der Ladeinfrastruktur.

## **II. Informationssystem am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt**

**1. Elektromobiler Fix- und Schnittpunkt.** Zahlreiche Geschäftsmodelle wurden und werden im Bereich der Elektromobilität diskutiert und systematisiert.<sup>1</sup> Alle diese Geschäftsmodelle müssen eine Aussage darüber machen, wo, wann und wie die eingesetzten Elektrofahrzeuge mit Energie versorgt werden. Ansonsten kann das Primärziel eines Elektrofahrzeugs – die Mobilität – nicht gewährleistet werden. Daher muss die Energieübertragung in das Elektrofahrzeug als Fixpunkt dieser Geschäftsmodelle gesehen werden.<sup>2</sup> Für hybride Elektrofahrzeuge, die aufgrund eines ergänzenden Energiespeichers (zB Benzin) und -wandlers (zB Verbrennungsmotor) nicht auf Energie aus dem Stromnetz angewiesen sind, ist dieser Fixpunkt fakultativ. Jedoch kann ein hybrides Elektrofahrzeug die erhoffte ökologische Verbesserung erst dann entfalten, wenn es mit elektrischer Energie auf Basis regenerativer Quellen aus dem Stromnetz lädt.<sup>3</sup>

Die Energieübertragung in Elektrofahrzeuge ist jedoch nicht nur ein Fixpunkt vieler, sondern zusätzlich auch ein Schnittpunkt verschiedener Geschäftsmodelle. Zum Beispiel könnte ein Autohersteller annehmen, so dass seine Kunden das gekaufte Fahrzeug normalerweise an einer Steckdose am Standardparkplatz (zB zu Hause in der Garage) aufladen. Jedoch impliziert die Mobilität eines Elektrofahrzeugs, dass dessen Akku auch an anderen Orten zur Neige gehen kann. Dadurch wird ein Nachladen anderswo als am Standardparkplatz notwendig. Auch Mobilitätsdienstleister wie Carsharer und Autovermieter können von einem Ladevorgang an Standardparkplätzen ausgehen, müssen ihren Kunden jedoch gleichzeitig ein Angebot machen, so dass diese nötigenfalls unterwegs laden können. Selbst bei Flottenfahrzeugen eines Unternehmens die (zB im Lieferverkehr) einen geplanten Weg abfahren, sind zusätzliche Lademöglichkeiten außerhalb des Standardparkplatzes (zB Firmenparkplatz) wünschenswert, um die Flexibilität zu erhöhen und einen Komplettausfall (zB aufgrund einer Fehlplanung) zu verhindern. Diese Beispiele zeigen, dass es nicht selten notwendig ist, auf „fremde Infrastruktur“ zur Energieübertragung in das Elektrofahrzeug zurückzugreifen. An dieser fremden Infrastruktur überschneiden sich zahlreiche Geschäftsmodelle, so dass der Fixpunkt gleichzeitig ein Schnittpunkt ist.

Dieser Schnittpunkt existiert ebenso bei konventionellen Fahrzeugen und wurde dort durch ein Tankstellenmodell mit (mehr oder weniger standardisierten) Tankstutzen zufriedenstellend definiert. Der Schnittpunkt ist insofern keine Besonderheit der Elektromobilität, aber er ist aufgrund der technologischen Spezifika für den Erfolg der Elektromobilität besonders wichtig. Aus diesem Grunde misst auch die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) der Ladeschnittstelle und den Ladestationen höchste Standardisierungspriorität zu.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Kley/Lerch/Dallinger Energy Policy 2011, 3392ff.; Walther/Markovic/Schuller/Weidlich, Classification of Business Models in the E-Mobility Domain, 2010, S. 35.

<sup>2</sup> Vgl. Fluhr/Lutz, Electric Vehicles – The benefits and barriers, 2011.

<sup>3</sup> Vgl. Engel, Plug-in Hybrids, 2007.

<sup>4</sup> Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität, Zweiter Bericht, 2010.

## *Kapitel 8. Typisierung der Interaktion von Elektrofahrzeugen*

**2. Verfügbarkeits- versus Tankstellenmodell.** Auf den ersten Blick wäre die einfachste Lösung am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt das Tankstellenmodell für Elektrofahrzeuge zu übernehmen: Die Fahrzeugnutzer müssten sich nicht umstellen und Tankstellenbetreiber könnten dasselbe Geschäftsmodell mit einer neuen Technologie fortführen. Allerdings haben die dafür derzeit zur Verfügung stehenden Technologien – Akkuwechsel und Schnellladen – noch Nachteile. Ein automatischer Akkuwechsel beispielsweise erfordert standardisierte Akkuspezifikationen, wodurch Fahrzeughersteller im Fahrzeugdesign eingeschränkt werden. Zudem muss eine zusätzliche Anzahl der teuersten Einzelkomponente eines Elektrofahrzeugs – des Akkus – in den Wechselstationen vorgehalten werden. Eine konduktive oder induktive Schnellladung in 6 Minuten erfordert für die Energie von 10 kWh eine durchschnittliche Ladeleistung von 100 kW. Neben technischen (zB Sicherheit) und ökonomischen Fragen (zB Akkulebensdauer) werden bei solch hohen Ladeleistungen sowohl eine synergetische Netzintegration der Elektrofahrzeuge als auch die Nutzung elektrischer Energie aus regenerativen Quellen erschwert.

Aus diesen Gründen wird der Akkuwechsel voraussichtlich auf spezielle Anwendungsszenarien oder Regionen (zB betterplace in Israel) beschränkt bleiben und das Schnellladen eher ergänzend zum Laden mit niedrigeren Ladeleistungen zum Einsatz kommen. Daher ist zu untersuchen, in welchen Fällen und unter welchen Umständen eine Abkehr vom gelegentlichen, schnellen Tanken aus Notwendigkeit (Tankstellenmodell) hin zu einem regelmäßigen, langsameren Laden aus Gewohnheit (Verfügbarkeitsmodell) möglich ist.

Das regelmäßige Nachladen kleiner Energiemengen im Verfügbarkeitsmodell ist tendenziell mit einem höheren organisatorischen Aufwand verbunden, da mehr Transaktionen durchgeführt werden müssen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass der Nutzer im Tankstellenmodell unmittelbar miterlebt, wie sich der Tankinhalt erhöht hat. Im Verfügbarkeitsmodell ändert sich der Ladezustand jedoch auch in Abwesenheit des Nutzers. Aus diesem Grunde ist es notwendig dem Nutzer jederzeit den aktuellen Ladezustand bzw. die damit verbleibende Reichweite verfügbar zu machen. Trotzdem stellt das Verfügbarkeitsmodell eine erstzunehmende Alternative zum Tankstellenmodell dar. Zum einen, weil die Verfügbarkeit elektrischer Energie sehr hoch ist (vgl. Abbildung 1). Zum anderen, weil in zahlreichen Anwendungsfällen (zB Elektrofahrzeug als Zweitwagen oder als Teil einer Firmenflotte) ein Standardparkplatz verfügbar ist (zB Garage am Einfamilienhaus oder Stellplatz auf Firmengelände). Ein Standardparkplatz ist für das Verfügbarkeitsmodell von großer Bedeutung, weil dort die organisatorischen Herausforderungen für das regelmäßige Nachladen kleiner Energiemengen am leichtesten zu bewältigen sind. Erstens kann dort am ehesten auf manuelle Autorisierungs- oder Bezahlvorgänge verzichtet werden. Zweitens stehen die Fahrzeuge dort verhältnismäßig lange, so dass sowohl der finanzielle Aufwand für die Ladeinfrastruktur als auch der personelle Aufwand für das Verbinden mit dem Stromnetz in einem besseren Verhältnis zur nachgeladenen Energiemenge stehen kann.

**3. Informationssystem am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt.** Die organisatorischen Herausforderungen des Verfügbarkeitsmodells können in zahlreichen Fällen durch Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) unterstützt werden. Diese Funktionen gehen über das aus technischer Sicht notwendige Maß an IKT zur Sicherung der Funktionsfähigkeit der elektrischen Energieübertragung (zB Freigabe des Stromflusses, Überwachen des Schutzleiters oder Einstellen der Stromstärke) hinaus (vgl. Kap. 18.3). Zum Beispiel kann über eine Online-Verbindung des Fahrzeugs mit einem entsprechenden Internet-Dienst („Cloud“) jederzeit der aktuelle Ladezustand dem Nutzer über eine Anwendung („App“) auf dem Smartphone verfügbar gemacht werden. Neben Privatleuten profitieren davon zB Taxizentralen oder Lieferdienste, die dadurch das Routing ihrer Fahrzeuge auch vom aktuellen Ladezustand abhängig machen können. Außerdem können mit derselben IKT sowohl die Netzintegration als auch das Laden von elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen umgesetzt werden: Der Nutzer konfiguriert einmalig seine Präferenzen. Auf Basis dieser Präferenzen optimieren seine Geräte die Ladezeiten und -leistungen. Trotzdem kann der Nutzer jederzeit

## B. Typen und Aufgaben von Ladeinfrastrukturen/Wettbewerb von Ladeinfrastrukturen

kurzfristig mittels IKT das konkrete Ladeverhalten auch aus der Ferne nachsteuern. Wenn zB kurzfristig eine längere Fahrt ansteht, kann der Nutzer dem Fahrzeug mit einem Smartphone von überall mitteilen, dass nun so schnell wie möglich geladen werden muss. Obwohl elektrische Energie grundsätzlich überall verfügbar ist, wird insbesondere in der Markthochlaufphase (2014–2017, NPE 2011, Abbildung 1) nur eine eingeschränkte Anzahl öffentlicher Ladestationen existieren, um das Laden am Standardparkplatz zu ergänzen (vgl. NPE 2011, Abbildung 12). Daher kann es notwendig sein, dass die Nutzer durch entsprechende Navigationssoftware an spezielle öffentliche Ladepunkte geführt werden und diesen ggf. zuvor inklusive Parkplatz reservieren können. Schließlich kann auch das sog. E-Roaming (vgl. Kap. 11.2 zur Identifikation in der Elektromobilität sowie Kap. 17) durch IKT, zB bei der Autorisierung, unterstützt werden.<sup>5</sup> Da zum einen eine Direktzahlung (zB bar oder mit Karte) an öffentlichen Ladestationen für den Anbieter teuer und für den Nutzer aufwendig ist und zum anderen Anbieter öffentlicher Ladepunkte eine möglichst hohe Auslastung wünschen, wird dem automatisierten E-Roaming eine hohe Bedeutung beigemessen. Soll die elektrische Energie in Rechnung gestellt werden, sind eichrechtliche Vorschriften zu beachten (vgl. Kap. 14), die jedoch mit IKT (zB Ende-zu-Ende-Signatur von Messwerten) erfüllt werden können (vgl. Kap. 13).<sup>6</sup>

All diese Beispiele zeigen, dass IKT die Elektromobilität sinnvoll unterstützen kann. Aufgrund des elektromobilen Fix- und Schnittpunkts ist eine isolierte Betrachtung und Gestaltung der IKT in diesen Anwendungsfällen nicht sinnvoll. Vielmehr bedarf es eines umfassenden, integrierten Informationssystems, das einen durchgängigen Informationsfluss zwischen den Unternehmen, ihren Systemen und den Nutzern ermöglicht (vgl. Abbildung 4). Ein Informationssystem ist ein soziotechnisches System, das menschliche und maschinelle Komponenten umfasst und zum Ziel der optimalen Bereitstellung von Information und Kommunikation eingesetzt wird.<sup>7</sup> Da mittel- bis langfristig nicht nur der Bezug von Energie durch das Elektrofahrzeug aus dem Stromnetz, sondern auch die Rückspeisung von Energie in das Netz („Vehicle-to-Grid“) möglich ist,<sup>8</sup> muss ein solches Informationssystem nicht nur das Laden berücksichtigen, sondern allgemeiner die Interaktion des Elektrofahrzeugs mit dem Stromnetz beschreiben.

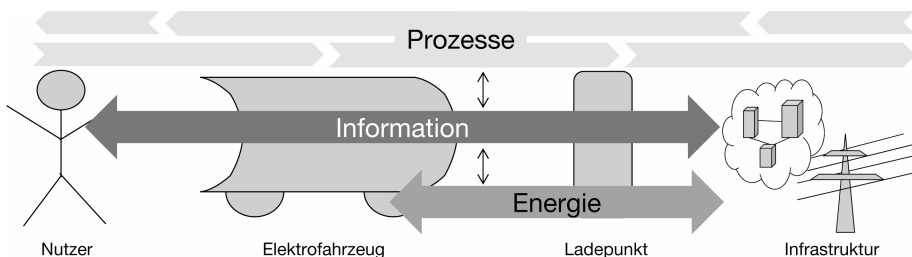


Abbildung 4: Schema des Informationssystems der Interaktion von Elektrofahrzeugen mit dem Stromnetz

Die Beschreibung eines solchen unternehmensübergreifenden Informationssystems rund um den elektromobilen Fix- und Schnittpunkt kann durch eine unternehmensübergreifende Informationssystemarchitektur erfolgen. Eine solche Architektur unterstützt Unternehmen dabei ihre eigenen IKT-Strukturen so zu gestalten, dass diese mit anderen Unternehmen kompatibel sind. Dadurch werden die notwendigen durchgängigen Informationsflüsse für die Leistungserbringung gegenüber Nutzern (zB Kunden) ermöglicht. Eine Informa-

<sup>5</sup> Vgl. Fest/Franz/Haas et 2010.

<sup>6</sup> Vgl. Pallas/Raabe/Weis CuR 2010, 404 ff.

<sup>7</sup> Vgl. Kromar Informationsmanagement, 4. Aufl. 2005, S. 25.

<sup>8</sup> Vgl. Kempton/Letendre Transportation Research 1997, 157 ff.

## Kapitel 8. Typisierung der Interaktion von Elektrofahrzeugen

tionssystemarchitektur muss auf den technischen und organisatorischen Gegebenheiten aufbauen und dabei möglichst alle wirtschaftlichen Gestaltungsmöglichkeiten offen lassen. Dieses Kapitel wird nachfolgend eine mögliche Beschreibung dieser Gegebenheiten in Form einer Typologie rund um den elektromobilen Fix- und Schnittpunkt skizzieren. Eine solche Typologie ist jedoch nicht nur für die Entwicklung einer Informationssystemarchitektur nützlich, sondern schafft darüber hinaus Orientierung für betroffene Unternehmen bei der Entwicklung ihrer Elektromobilitätsstrategie.

### III. Typisierung der Interaktion von Elektrofahrzeugen mit dem Stromnetz

**1. Einordnung der Typisierung als Beschreibungsmethode.** Ähnlich einer Klassifikation ordnet die Typologie einen Untersuchungsbereich. Im Unterschied zur Klassifikation, bei der nur ein Merkmal berücksichtigt wird, müssen für eine Typologie mindestens zwei Merkmale herangezogen werden.<sup>9</sup> Zudem ermöglicht eine Typologie eine bessere Beschreibung komplexer Sachverhalte, da Grenzbereiche zwischen zwei Typen berücksichtigt werden können, ohne das jeweils Typische zu verlieren.<sup>10</sup> Während eine Typologie das Ergebnis bezeichnet, beschreibt die Typisierung den Weg, der zu diesem Ergebnis führt.<sup>11</sup>

Zur Beschreibung einer Typologie kann ein morphologischer Kasten verwendet werden. In einem morphologischen Kasten wird der Untersuchungsbereich durch mindestens zwei Merkmale gegliedert, wobei jedes Merkmal durch mindestens zwei Ausprägungen charakterisiert ist. Für jedes Merkmal sollte gelten, dass alle seine Ausprägungen disjunkt und vollständig sind. Disjunktheit stellt sicher, dass für eine spezifische Situation nicht zwei oder mehr Ausprägungen eines Merkmals zutreffen. Vollständigkeit stellt sicher, dass in jeder spezifischen Situation mindestens eine Ausprägung eines Merkmals zutrifft. Zusammengekommen sorgen diese Eigenschaften dafür, dass eine spezifische Situation durch genau eine Ausprägung pro Merkmal beschrieben wird. Durch die Kombination von Ausprägungen über mehrere Merkmale hinweg kann anschließend das Typische des Beschriebenen herausgearbeitet werden.<sup>12</sup> Bei dieser Typbildung kann es notwendig sein, mehrere Ausprägungen zu aggregieren, so dass trotz disjunkter Ausprägungen für einen Typen mehrere Ausprägungen eines Merkmals gültig sind. Zudem müssen nicht alle Merkmale typenbildend wirken. Wenn ein Merkmal weggelassen werden kann, ohne das zwei beliebige Typen ihre Unterscheidungskraft verlieren, handelt es sich um ein typenbeschreibendes Merkmal.<sup>13</sup>

Jede Typisierung wird vor dem Hintergrund eines definierten Zwecks durchgeführt. Dadurch lässt sich die Qualität von Typologien unter anderem am Grad ihrer Zweckerfüllung messen. Innerhalb einer Typologie können sich die Häufigkeiten der Typen durchaus signifikant unterscheiden, solange der Untersuchungsbereich trotzdem noch zweckmäßig gegliedert ist.

Der Zweck der nachfolgend skizzierten Typologie besteht darin, den elektromobilen Fix- und Schnittpunkt durch Anwendungstypen zu beschreiben, um darauf basierend eine Gestaltung von Informationssystemen durchführen zu können.

**2. Bestehende Ansätze zur Typisierung der Ladeinfrastruktur.** In den letzten Jahren haben sich bereits einige Arbeiten aus unterschiedlichen Perspektiven der Aufgabe gewidmet, den elektromobilen Fix- und Schnittpunkt zu beschreiben. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Identifikation von Typen der Ladeinfrastruktur, also den immobilen Elementen. Nachfolgend sind vier Beispiele zusammengefasst:

<sup>9</sup> Vgl. Welter WiSt 2006, 113 ff.

<sup>10</sup> Vgl. Kluge Empirisch begründete Typenbildung, 1999.

<sup>11</sup> Vgl. Welter WiSt 2006, 113 ff.

<sup>12</sup> Vgl. Welter WiSt 2006, 113 ff.

<sup>13</sup> Vgl. Welter WiSt 2006, 113 ff.

## *B. Typen und Aufgaben von Ladeinfrastrukturen/Wettbewerb von Ladeinfrastrukturen*

- A. Eine einfache und pragmatische Unterteilung von Ladeinfrastruktur sieht drei grundsätzliche Typen vor:<sup>14</sup> privat, halb-öffentlich, öffentlich. Hierbei wird über den Nutzerkreis differenziert. Während private Ladestationen für einen geschlossenen Nutzerkreis zur Verfügung stehen, erlauben öffentliche Ladestationen einem grundsätzlich unbeschränkten Nutzerkreis den Zugriff. Halb-öffentliche Ladeinfrastruktur beinhaltet alle gewerblichen und privaten Lademöglichkeiten mit potenziell offenem Nutzerkreis, der aber an weitere Bedingungen geknüpft sein kann (vgl. Kap. 7 II).
- B. Eine alternative, einfache Unterteilung sieht folgende drei Typen vor:<sup>15</sup> privat, gewerblich, öffentlich. Entscheidendes Merkmal hierbei ist, wessen Elektrofahrzeuge mit Energie versorgt werden. Im privaten Falle sind es die eigenen Fahrzeuge, worunter auch Unternehmen mit Flottenfahrzeugen oder Carsharing-Unternehmen subsumiert werden. Im gewerblichen Falle werden ganz allgemein Fahrzeuge von Kunden versorgt. Schließlich steht die öffentliche Ladeinfrastruktur schlicht jedem zur Verfügung.
- C. Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) hat in ihrem zweiten Bericht sechs Ladepunkttypen identifiziert, die bis zum Jahr 2020 den Großteil des Energiebedarfs der Elektrofahrzeuge decken (vgl. NPE 2011, Abbildung 11): einfache Steckdose, Wallbox, Firmengelände, halb-öffentlich, öffentlich und DC-Schnellladung. Zwei alternative Ladetechnologien (induktives Laden, Akkuwechsel) werden wegen geringer Energieumsätze bis 2020 nicht berücksichtigt.
- D. Ladeinfrastrukturen wurden zum Zwecke der Geschäftsmodellentwicklung<sup>16</sup> sowie der ökonomischen Bewertung von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge<sup>17</sup> bereits umfangreich typisiert. Ähnlichkeiten werden bzgl. der verwendeten Methode (morphologischer Kasten) sowie der Merkmalsgruppierung in „Infrastruktur“ (hier: Immobil) bzw. „Fahrzeug & Batterie“ (hier: Mobil) deutlich. Allerdings wurden dort bewusst IKT-beschreibende und geschäftsmodell-differenzierende Merkmale mitaufgenommen, zu Lasten der Beschreibung der geschäftsmodell-unabhängigen organisatorischen Gegebenheiten.

Diese vier Beispiele zeigen, dass verschiedenste Typisierungsmöglichkeiten bestehen. Die bestehenden Typologien enthalten jedoch entweder zu wenige Merkmale, um als Basis für die Gestaltung eines Informationssystems zur Interaktion von Elektrofahrzeugen mit dem Stromnetz zu dienen (A bis C), oder die Typologien enthalten vor dem Hintergrund eines anderen Zwecks Merkmale, die nicht benötigt werden (D). Die nachfolgend beschriebene Typologie soll diese Lücke schließen und in der Lage sein, möglichst viele verschiedene Ladesituationen zu berücksichtigen, ohne dadurch bereits das Informationssystem zu gestalten.

Folgendes Bild soll die Typisierungsaufgabe im vorliegenden Untersuchungsbereich verdeutlichen: Im Jahr 2020 wird jeder Ladevorgang eines Elektrofahrzeugs in Deutschland fotografiert. Die Fotos werden anschließend auf Häufchen sortiert. Dabei kommen bezüglich organisatorischer und technischer Aspekte ähnliche Situationen auf dasselbe Häufchen. Am Ende repräsentiert jedes Häufchen einen Typus.

Der Zweck der Typisierung wurde zudem durch folgende Ziele ergänzt: Erstens sollen nur technisch mögliche, juristisch zulässige (zB kein Stromklau) und wirtschaftlich sinnvolle Typen ermittelt werden. Zweitens sollen keine IKT-bezogenen Merkmale Teil der Typologie sein. Zum einen, weil IKT für Elektromobilität physikalisch gesehen nur eine unterstützende Funktion ausfüllt – wenngleich eine sehr bedeutsame. Zum anderen, weil IKT-Merkmale als Teil des im Anschluss zu gestaltenden Informationssystems nicht bereits Teil der entwickelten Typologie sein können.

---

<sup>14</sup> Vgl. *Fest/Franz/Gaul* et 2011, 91 ff.

<sup>15</sup> Vgl. *Engel Emobile Plus Solar* Nr. 80, Dezember 2010.

<sup>16</sup> *Kley/Lerch/Dallinger Energy Policy* 2011, 3392 ff.

<sup>17</sup> *Kley*, Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge, 2011.



## IV. Merkmale und Typen am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt

**1. Gliederung der Merkmale in drei Domänen.** Ein erster Schritt der Typisierung der Energieversorgung von Elektrofahrzeugen ist die abstrakte Charakterisierung des Beschreibungsgegenstands zB in Form von Domänen. Eine Domäne ist eine Art Gruppierung von Merkmalen. Es bietet es sich die Domänen „Immobil“, „Energieübertragung“ und „Mobil“ zu unterscheiden. Die Domäne „Immobil“ fasst diejenigen Merkmale zusammen, die fest einem Ort zugeordnet werden können, also zB Merkmale des Parkplatzes oder der Ladestation. Die Domäne „Mobil“ fasst diejenigen Merkmale zusammen, die durch ihren mobilen Charakter für die Variation in den Ladesituationen sorgt, also die Merkmale der Elektrofahrzeuge. Diese beiden Domänen werden durch die Domäne „Energieübertragung“ in jeder Ladesituation miteinander verbunden. Da Komponenten der Energieübertragung sowohl fahrzeugseitig als auch infrastrukturseitig vorhanden sind, wurde die in der Literatur sonst übliche Zuordnung zur Ladeinfrastruktur aufgelöst. Aufgrund der Schnittstellenfunktion kommt der Energieübertragung und entsprechenden Standards große Bedeutung zu. Abbildung 5 stellt die Domänen mit möglichen Merkmalen dar. Die Merkmale werden nachfolgend pro Domäne erläutert.

Immobil	Energieübertragung	Mobil
<ul style="list-style-type: none"><li>• Verfügungsberechtigt Stellplatz</li><li>• Nutzungsberechtigt Stellplatz</li><li>• Zugangsbeschränkung Stellplatz</li><li>• Verfügungsberechtigt Ladepunkt</li><li>• Nutzungsberechtigt Ladepunkt</li><li>• Zugangsbeschränkung Ladepunkt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prinzip</li><li>• Stromart</li><li>• Ladegerätort</li><li>• Geschwindigkeit</li><li>• Energiemessung</li><li>• Richtung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fahrzeugart</li><li>• Stromnetzautarkie</li><li>• Akkukapazität</li></ul>

Abbildung 5: Merkmale am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt

**2. Beschreibung der Domänen. a) Immobil.** Merkmale der Domäne Immobil können unterteilt werden in Merkmale, die sich auf den Stellplatz und Merkmale, die sich auf den Ladepunkt beziehen. In beiden Fällen kann der Reihe nach folgendes unterschieden werden:

1. Wer verfügt über den Stellplatz, dh legt die Nutzungsberechtigten fest?
2. Wie kann der Kreis der Nutzungsberechtigten beschrieben werden?
3. Welche Zugangsbeschränkungen existieren um die definierte Nutzung durchzusetzen?

Jedem dieser sechs Merkmale können Ausprägungen zugeordnet werden. Beispielsweise kann bei der Verfügungsberechtigung dahingehend unterschieden werden, ob eine natürliche Person, eine juristische Person des Privatrechts oder eine juristische Person des öffentlichen Rechts den Nutzerkreis für Stellplatz bzw. Ladepunkt festlegt.

**b) Energieübertragung.** Zahlreiche Merkmale könnten in der Domäne „Energieübertragung“ modelliert werden. Durch eine Beschränkung auf wesentliche Merkmale lässt sich der Raum der Möglichkeiten auf sechs Merkmale reduzieren. Zuerst ist das Prinzip der Energieübertragung zu nennen. Es beschreibt den Unterschied zwischen Technologien wie zB konduktivem oder induktivem Laden. Weitere Merkmale sind Stromart (zB Wechsel- oder Gleichstrom) sowie der damit meist korrelierende Ort des Ladegeräts (fahrzeugseitig vs. ladestationsseitig). Zudem kann die Geschwindigkeit des Ladevorgangs als Merkmal herangezogen werden. Auch die Richtung der Übertragung, also aus der Ladeinfrastruktur in das Fahrzeug oder – zur Netzstabilisierung – aus dem Fahrzeug zurück in die Ladeinfrastruktur („Vehicle-to-Grid“) stellt ein wichtiges elektrisches Unterschei-



## *B. Typen und Aufgaben von Ladeinfrastrukturen/Wettbewerb von Ladeinfrastrukturen*

dungsmerkmal dar. Schließlich muss auch die Energiemessung berücksichtigt werden, die ebenfalls fahrzeug- oder infrastrukturseitig durchgeführt werden könnte.

**c) Mobil.** Geeignete Merkmale der Domäne Mobil zu identifizieren, stellt die größte Herausforderung dar. Denn hier besteht die Gefahr, über das für die Energieversorgung von Elektrofahrzeugen notwendige Maß hinaus eine Typisierung von Fahrzeugen vorzunehmen. Bereits drei Merkmale erlauben eine gute Beschreibung der mobilen Domäne:

1. Fahrzeugart
2. Stromnetzautarkie
3. Akkukapazität

Die Fahrzeugart erlaubt eine Unterscheidung des grundsätzlichen Aufbaus (zB Zweirad vs. Personenkraftwagen vs. Nutzfahrzeuge). Darüber hinaus ist ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal die Fähigkeit auch ohne Energie aus dem Stromnetz fahren zu können. Beispielsweise können die meisten elektrischen Fahrräder („Pedelects“) mit Muskelkraft und die meisten hybriden Elektrofahrzeuge auch nur mit Treibstoff betrieben werden, wären also jeweils grundsätzlich stromnetzautark. Ganz zentral für die Interaktion eines Elektrofahrzeugs mit dem Stromnetz ist zudem die Akkukapazität, da damit eine Obergrenze für den Energieaustausch gesetzt wird.

**3. Typen am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt.** Die Typisierung kann nun auf Basis der Merkmale und Ausprägungen erfolgen. Aufgrund der Vielzahl an Merkmalen aller Domänen (vgl. Abbildung 5) bietet sich eine zweistufige Typisierung. Dazu wird zuerst pro Domäne ein Typ gebildet, um anschließend diese Domänentypen als eigenständige Merkmale zu interpretieren. Eine Kombination der Domänentypen erlaubt dann die Entwicklung generischer Anwendungstypen zur Charakterisierung der Interaktion zwischen Elektrofahrzeug und Stromnetz.

Abbildung 6 stellt ein mögliches Ergebnis der Typisierung über die identifizierten Domänen und deren Merkmale hin zu allgemeineren Anwendungstypen am elektromobilen Fix- und Schnittpunkt dar. Ausgewählte Besonderheiten dieser beispielhaften Typisierung werden nachfolgend kurz erläutert.

Bei den Immobilientypen fällt die Unterscheidung zwischen Parkplatz und Parkraumbewirtschaftung auf. Diese Unterscheidung resultiert aus der Erkenntnis, dass in bestimmten Situationen die Bewirtschaftung eines Parkraums im Vordergrund steht. Diese Bewirtschaftung ist durch andere Merkmalsausprägungen gekennzeichnet, als die Nutzung eines unbewirtschafteten Parkplatzes. Insbesondere sind die Stellplätze bewirtschafteter Parkräume immer frei zugänglich.

Bei den Energieübertragungstypen unterscheidet sich Komfortladen von einfachem Laden durch die Ladegeschwindigkeit (normal vs. langsam) und die Energieflussrichtung (potentiell bi-direktional vs. nur uni-direktional). Fahrzeuggemessenes Laden unterscheidet sich von Komfortladen und einfachem Laden durch den Ort der für eine Abrechnung maßgeblichen Messung (fahrzeugseitig vs. ladestationsseitig). Zur Diskussion über Vor- und Nachteile dieser Systemkonzepte sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.<sup>18</sup> Schnelles Laden charakterisiert die Gleichstromladung mit sehr hohen Ladeleistungen. Der Vergleich mit den Ladepunkttypen des zweiten Berichts der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE 2010, Abbildung 11) lässt folgende Parallelen erkennen: Der hier identifizierte Typ des einfachen Ladens entspricht der einfachen Steckdose im NPE-Bericht. Komfortladen ist vergleichbar mit der Mode-3-Ladung des NPE-Berichts, die dort auf unterschiedliche Standorte (Wallbox, Firmengelände, halböffentlich, öffentlich) bezogen wird. Schließlich entspricht das schnelle Laden der hier beschriebenen Typisierung der DC-Schnellladung im NPE-Bericht.

---

<sup>18</sup> Vgl. v. Hammerstein/v. Hoff ZNER 2011, 259 ff.; Fest/Franz/Haas et 2011, 91 ff.; Engel Emobile Plus Solar Nr. 78, Juni 2010; Link/Eberhardt/Benoit/Noeren/Wittwer, Infrastructure: Comparison of Stationary and Mobile Metering Concepts for Electric Vehicles, 2010, S. 35 ff.