

Schäuble, Johannes et al.

Working Paper

Vergleichsstudie von Systemansätzen für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

Working Paper Series in Production and Energy, No. 13

Provided in Cooperation with:

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Industrial Production (IIP)

Suggested Citation: Schäuble, Johannes et al. (2016) : Vergleichsstudie von Systemansätzen für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen, Working Paper Series in Production and Energy, No. 13, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Industrial Production (IIP), Karlsruhe, <https://doi.org/10.5445/IR/1000053148>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/176739>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Vergleichsstudie von Systemansätzen für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

Johannes Schäuble, Silvia Balaban, Peter Krasselt,
Patrick Jochem, Mahmut Özkan, Friederike Schellhas-
Mende, Wolf Fichtner, Thomas Leibfried, Oliver Raabe

No. 13 | March 2016

WORKING PAPER SERIES IN PRODUCTION AND ENERGY



Vergleichsstudie von Systemansätzen für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

Johannes Schäuble, Silvia Balaban, Peter Krasselt, Patrick Jochem, Mahmut Özkan, Friederike Schellhas-Mende, Wolf Fichtner, Thomas Leibfried, Oliver Raabe

Die Arbeiten dieser Studie wurden zum größten Teil im Jahre 2013 durchgeführt. Trotz der Fortschritte in der Harmonisierung der verschiedenen Systemansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen bestehen diese weiterhin. Die in dieser Studie gefassten Aussagen haben weiterhin bestand. Der objektive Vergleich der Ansätze bietet weiterhin einen umfassenden Überblick und unterstützt somit Harmonisierungsbestrebungen voranzutreiben und schlussendlich weltweit den Ausbau der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität zu bestärken.

Anmerkung der Autoren im März 2016

Abstract:

One of the major challenges for a global success of electric vehicles is to meet customer's expectations to a user-friendly charging infrastructure. The technology of fast charging of electric vehicles offers electric vehicle users the opportunity to travel in excess of the car's range. Therefore, various system approaches and standards for fast charging of electric vehicles have been developed in several countries and by different manufacturers. Within the scope of this study existing approaches of system designs for fast charging of electric vehicles in different regions (China/Europe/USA/Japan) have been analyzed in terms of their technical, economical and legal feasibility. For this purpose the general system for fast charging has been defined and several evaluation criteria have been determined. Based on the system, the regarded system approaches have been compared due to their different features and abilities. To expedite the comprehensive implementation of the fast charging technology, it is recommended that the proponents of the different system approaches will work together to benefit from their respective experience. Consequently, they are able to accelerate the joint use of the large technically and economically useful potential of fast charging.

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Verant-
wortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Abstract

One of the major challenges for a global success of electric vehicles is to meet customer's expectations to a user-friendly charging infrastructure. The technology of fast charging of electric vehicles offers electric vehicle users the opportunity to travel in excess of the car's range. Therefore, various system approaches and standards for fast charging of electric vehicles have been developed in several countries and by different manufacturers. Within the scope of this study existing approaches of system designs for fast charging of electric vehicles in different regions (China/Europe/USA/Japan) have been analyzed in terms of their technical, economical and legal feasibility. For this purpose the general system for fast charging has been defined and several evaluation criteria have been determined. Based on the system, the regarded system approaches have been compared due to their different features and abilities. To expedite the comprehensive implementation of the fast charging technology, it is recommended that the proponents of the different system approaches will work together to benefit from their respective experience. Consequently, they are able to accelerate the joint use of the large technically and economically useful potential of fast charging.

Danksagung

Die Autoren möchten sich an dieser Stelle vielmals bei Herrn Markus Lau und Herrn Daniel Fett für die Unterstützung und Mitarbeit bedanken. Sie haben mit großem Fleiß bei vielen Inhalten mitgewirkt und somit maßgeblichen Anteil an diesem Buch.

Karlsruhe, im Oktober 2013

Johannes Schäuble, Silvia Balaban, Peter Krasselt, Patrick Jochem, Mahmut Özkan, Friederike Schellhas-Mende, Wolf Fichtner, Thomas Leibfried, Oliver Raabe

Inhaltsverzeichnis

Abstract	v
Danksagung	1
Inhaltsverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis.....	ix
Abkürzungsverzeichnis.....	xi
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziele.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit	2
2 Systemansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen	3
2.1 Einordnung in und Abgrenzung vom Umfeld der Elektromobilität.....	3
2.1.1 System der Elektromobilität.....	3
2.1.2 Elektrofahrzeuge	7
2.1.3 Ladeinfrastruktur der Elektromobilität	8
2.1.4 Bestehende Standards für das Laden von Elektrofahrzeugen	9
2.2 Schnellladen.....	11
2.2.1 Definition Schnellladen	11
2.2.2 Prinzip des DC-Ladens.....	13
2.2.3 Ladevorgang	15
2.2.4 Sicherheitsaspekte des DC-Ladens.....	19
2.2.5 Ansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen	31
2.2.6 Stand der Standardisierung	33

3	Techno-ökonomische Analyse der Systemansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen	35
3.1	Vorgehen der techno-ökonomische Analyse	35
3.2	Zielsystem	36
3.3	Charakterisierung der Kriterien	39
3.3.1	Markteigenschaften.....	39
3.3.2	Investitionen	43
3.3.3	Benutzerfreundlichkeit	43
3.3.4	Sicherheit	44
3.3.5	Ladebetriebsarten und –verfahren	46
3.4	Messung der Zielerträge.....	49
3.4.1	Markteigenschaften.....	49
3.4.2	Investitionen	66
3.4.3	Benutzerfreundlichkeit	70
3.4.4	Sicherheit	73
3.4.5	Ladebetriebsarten und –verfahren	74
4	Rechtslage und Harmonisierung	77
4.1	Rechtslage in Deutschland.....	77
4.1.1	Gesetzliche Vorgaben im Hinblick auf die Sicherheit.....	77
4.1.2	Anwendung dieser Grundsätze auf die Schnellladestation.....	81
4.1.3	Andere Kennzeichnungsmöglichkeiten	87
4.1.4	Exkurs: Das Elektro– und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)	88
4.2	Rechtslage in Frankreich.....	89
4.2.1	Anwendbare Vorschriften und Normen im Bereich der Elektromobilität	89
4.2.2	Code de la Consommation	90
4.2.3	Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995.....	92
4.2.4	Anwendung auf die Schnellladestation	94
4.2.5	Weitere Kennzeichnungsmöglichkeiten	96
4.3	Europarechtliche Bewertung.....	97

4.3.1	Vorüberlegungen.....	97
4.3.2	Verständigung der Hersteller	97
4.3.3	Normung.....	99
4.3.4	Harmonisierung.....	101
4.3.5	Umweltpolitik als Ziel der Union	107
4.3.6	Anwendung dieser Grundsätze auf die Schnellladestation	108
5	Schlussfolgerungen.....	111
5.1	Schlussfolgerungen basierend auf der techno- ökonomischen Analyse.....	111
5.2	Schlussfolgerungen hinsichtlich Rechtslage und Harmonisierung.....	113
5.3	Kritische Würdigung der Ergebnisse	114
6	Zusammenfassung.....	117
6.1	Fazit.....	117
6.2	Ausblick.....	118
7	Anhang	121
7.1	Code de la Consommation	121
7.2	Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995	125
	Literaturverzeichnis	129

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2–1 In der Studie betrachtete Elemente und Verbindungen des Systems der Elektromobilität (eigene Darstellung)	4
Abbildung 2–2 Abgrenzung des Begriffs des Elektrofahrzeugs	8
Abbildung 2–3 Teile der konduktiven Verbindung zum Laden von EV (nach van den Bossche)	9
Abbildung 2–4 Aufbau DC–Ladestation aus (Dusmez et al., 2011)	15
Abbildung 3–7 Energieübertragungsnetze (Oschmann, 2013)	20
Abbildung 3–8 Aufbau des TN–C–S– Versorgungsnetzes (Leibfried, 2010)	21
Abbildung 3–9 Netzformen der Ladestation und des EV (Hofheinz und Sellner, 2011)	22
Abbildung 3–10 Funktionen der DC–Ladestation (isoliert) (vgl. Bild 102 in IEC 61851–23, 2012)	24
Abbildung 3–11 IP–Schutzcodes (Schweizer, 2013)	27
Abbildung 2–5 Die CCS–Stecker, Links: Typ 1 CCS 85 mm x 90 mm (USA) Rechts: Typ 2 CCS 75 mm x 100 mm (Europa) (aus Harper, 2012)	32
Abbildung 2–6 Chademo–Stecker (Yazaki, 2012)	33
Abbildung 2–7 Übersicht der verschiedenen Systemansätze zum Laden von Elektrofahrzeugen (aus Hölk, 2012)	34
Abbildung 3–1 Zielsystem Schnellladen	38
Abbildung 3–2 Chademo– und CCS–Logo (Chademo Association, 2012d; GM, 2012)	50
Abbildung 3–3 Abschätzung einer unteren Schranke von Kundenbasen von CCS und Chademo auf Basis von Kundentreue (eigene Darstellung, Daten aus OICA, 2010)	56
Abbildung 3–4 Fahrzeugproduktion der unterstützenden Hersteller (Daten aus OICA, 2010)	56
Abbildung 3–5 Staatliche Maximalförderung beim Kauf eines Elektrofahrzeugs in Euro (Glöckner, 2010)	64

Abbildung 3–6 Verkaufte Elektrofahrzeuge 2011 (eigene Berechnung anhand von (CAMA, 2012b, 2012a; Gomes, 2012) und (MKE, 2012).....	66
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ladebetriebsarten laut IEC 61851–1	10
Tabelle 2 Ladebetriebsarten laut SAE J–1772	10
Tabelle 3 Kategorisierung der DC–Ladestation	16
Tabelle 4 Spezifikationen der Schnittstellenarten	17
Tabelle 8 In DIN EN 61140 (VDE 0140–1) definierte Schutzklassen:	23
Tabelle 9 IK–Schutzcodes gegen mechanische Beanspruchungen:	28
Tabelle 10 Definition der Verschmutzungsgrade nach VDE 0110–1 (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2013)	29
Tabelle 11 Überspannungskategorien nach (DIN EN 60664–1, 2008) ...	30
Tabelle 5 Produktionszahlen der Unterstützer von Chademo und CCS weltweit im Jahr 2010. (eigene Darstellung, Daten aus OICA, 2010; Pigott und Schippers, 2011; Volvo, 2011; Gregor et al., 2012;) *CCS & Chademo, ** Chinesischer Automobilhersteller & Chademo	53
Tabelle 6 Produktionszahlen der chinesischen Automobilhersteller weltweit im Jahr 2010. (eigene Darstellung, Daten aus OICA, 2010; Pigott und Schippers, 2011; Volvo, 2011; Gregor et al., 2012)	54
Tabelle 7 Die 10 Höchsten Forschungsausgaben der Automobilindustrie (Jaruzelski et al., 2011)	58

Abkürzungsverzeichnis

ACEA	European Automobile Manufacturers' Association
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer-Gerät
BEV	batterieelektrisch angetriebene Fahrzeuge
CAN	Controller Area Network
CCC	Konstantstromladen
CCS	Combined Charging System
CEN	Comité Européen de Normalisation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CVC	Konstantspannungsladen
DAT	Deutsche Automobil Treuhand GmbH
DCCCU	Ladesteuergerät in der Ladestation
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EPO	European Patent Office
EV	Electric Vehicles
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FCC	Federal Communications Commission
FEV	Fuel Cell Electric Vehicles
GGEMO	Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität

Inhaltsverzeichnis

GPSG	Geräte– und Produktsicherheitsgesetz
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Ingress Protection
ISO	International Organization for Standardization
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
N	Neutralleiter
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
OEM	Original Equipment Manufacturer
OSI	Open Systems Interconnection
PE	Schutzleiter
PHEV	Plug-In hybridelektrische Fahrzeuge
PIEV	Plug-In-Electric-Vehicles
PLC	Powerline Communication
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
REEV	Range Extended Electric Vehicle
SAE	Society of Automotive Engineers
SAE	Society of Automotive Engineers
SOC	State of Charge
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
VCCU	Ladesteuergerät im Fahrzeug
W	Energiewert

1 Einleitung

1.1 Motivation

Ausgehend von der in vielen Ländern vorangetriebenen gesellschafts-politischen Entwicklung der Mobilität hin zu nachhaltigen Fortbewegungsmöglichkeiten stellen sich der Gesellschaft vielerlei neue Herausforderungen. Elektromobilität im Individualverkehr wird hierbei als eine Lösung angesehen und von Politik und Industrie vorangetrieben. Um deren Verbreitung zu beschleunigen werden die notwendige Realisierung von Ladeinfrastruktur sowie die Entwicklung von Antriebs-, Batterie- und Ladetechnologien, aber auch der Wandel des Mobilitätsverhaltens forciert. Das schnelle Laden von Elektrofahrzeugen (EV) gilt in diesem Zusammenhang in bestimmten Anwendungsbereichen als notwendig und führt zu einer erhöhten Erfüllung von Mobilitätsanforderungen vieler Nutzer. So erweitert beispielsweise ein intelligent ausgebautes Netzwerk des Schnellladesystems das Gebiet in dem das Elektrofahrzeug genutzt wird um ein Vielfaches. Aufgrund konkurrierenden nicht-standardisierter Systeme besteht derzeit jedoch an den Märkten Unsicherheit über die zukünftigen Entwicklungen im Bereich der Schnellladesysteme.

1.2 Ziele

Ziel dieser Studie ist es daher in einem ersten Schritt Schnellladesysteme für Elektrofahrzeuge differenziert abzugrenzen und einen Überblick über die vorhandenen Systeme zu schaffen. Basierend auf diesem Rahmen sollen mittels einer fundierten techno-ökonomischen Analyse sowie rechtlichen Betrachtungen des Kontextes Erkenntnisse gewonnen werden, die Schlussfolgerungen zulassen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Nach der Einleitung aus wird in Kapitel 2 der zuerst der Begriff des Schnellladens erläutert, abgegrenzt und in einen Kontext gestellt sowie anschließend eine Übersicht über derzeit existierende Systeme gegeben. Im Rahmen der techno-ökonomischen Analyse werden daraufhin in Kapitel 3 Bewertungskriterien ausgehend vom Zielsystem charakterisiert und anschließend hinsichtlich der Ansätze gemessen bzw. bewertet. Kapitel 4 wirft folgend ein differenzierter Blick auf den rechtlichen Kontext insbesondere in Deutschland und Frankreich und thematisiert die für die Realisierung der analysierten Systeme notwendige Harmonisierung. Die Ergebnisse der Analyse und der rechtlichen Überlegungen werden in Kapitel 5 diskutiert sowie kritisch gewürdigt um daraufhin Schlussfolgerungen abzuleiten, die als Hilfestellung bei der Entwicklung und Umsetzung von Rahmenbedingungen in künftigen Marktsituationen dienen können. Kapitel 6 fasst die Studie abschließend zusammen und gibt einen Ausblick über die Entwicklung der Schnellladesysteme und deren Realisierungen.

2 Systemansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

Um die Systemansätze für das Schnellladen in einen Kontext zu stellen wird zunächst ein Einblick in das System der Elektromobilität und dessen Elemente Elektrofahrzeuge, Ladeinfrastruktur und Standards für das Laden von Elektrofahrzeugen gegeben und diese in den bestehenden Kontext gesetzt. Anschließend wird das Schnellladen von Elektrofahrzeugen differenziert betrachtet, indem es definiert und das grundsätzliche Prinzip des DC-Ladens (Laden mit Gleichstrom) erläutert wird. Ebenso werden bestehende Ansätze für das Schnellladen identifiziert und ein Einblick in den Stand der Standardisierung der Schnellladung von Elektrofahrzeugen gegeben.

2.1 Einordnung in und Abgrenzung vom Umfeld der Elektromobilität

Zur Einordnung und Abgrenzung des Schnellladens von Elektrofahrzeugen wird im Folgenden kurz auf das Umfeld der Elektromobilität eingegangen. Des Weiteren werden Schnittstellen sowie Unterschiede innerhalb der Elemente des Systems der Elektromobilität dargestellt und dessen, für die vorliegende Betrachtung der Schnellladung relevanten Aspekte genannt.

2.1.1 System der Elektromobilität

Der Begriff der Elektromobilität wird analog zur Definition der Nationalen Plattform Elektromobilität (s. Bamberg und Coenenberg, 1994)

als die Nutzung von Elektrofahrzeugen für die unterschiedlichen Verkehrsbedürfnisse bezeichnet. Eine vereinfachte Darstellung der Akteure der Elektromobilität und deren Verbindungen ist in Abbildung 2–1 dargestellt. Im Netzwerk finden sich die Bereiche Fahrzeuge und deren Anbieter (inklusive deren in die Wertschöpfungskette integrieren Dienstleister und Zulieferer), Kunden, Infrastruktur (Energieversorgungsunternehmen (EVU), Netzbetreiber, Ladepunkte und deren Betreiber) (Normierungsorganisationen).

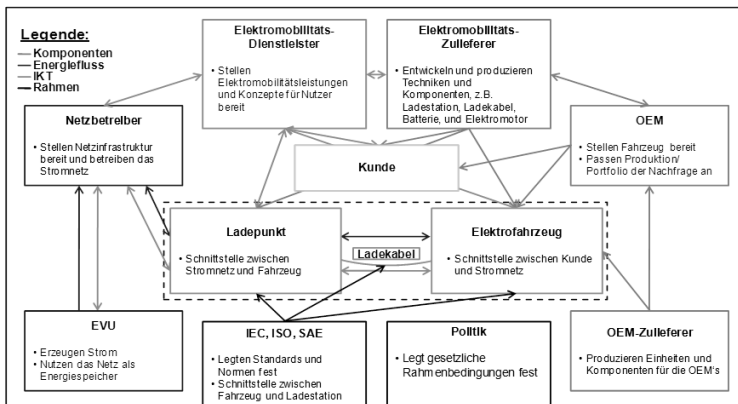


Abbildung 2–1 In der Studie betrachtete Elemente und Verbindungen des Systems der Elektromobilität (eigene Darstellung)

Im Mittelpunkt dieses Netzwerks stehen der Kunde mit seinem Fahrzeug auf der einen Seite und die Infrastruktur mit Ladepunkten und deren Betreiber auf der anderen. Die Produktion der Elektrofahrzeuge ist Aufgabe der Automobilhersteller. Diese beziehen bestimmte Einheiten und Komponenten von ihren Zulieferern. Eine neue Rolle nehmen bei der Produktion von Elektrofahrzeugen die Elektromobilitäts-Zulieferer ein. Diese haben sich ausschließlich auf Komponenten für die Elektromobilität spezialisiert. Im Fall der Automobilhersteller produzieren diese Zulieferer bspw. die Leistungselektronik, die Batterie oder den Elektromotor. Neben Komponenten für die Elektrofahr-

zeuge produzieren die Elektromobilitäts-Zulieferer auch Komponenten für die Ladeinfrastruktur, z. B. die Ladestationen und Ladekabel. Parallel hierzu werden auch weiterhin die Zulieferer den OEM (Original Equipment Manufacturer, dt. Erstausrüster) auch mit elektro-fahrzeugspezifischen Komponenten beliefern. Im Zusammenspiel zwischen den Fahrzeugherstellern und den Zulieferern entstehen somit die für den eigentlichen Ladevorgang relevanten Hauptkomponenten. Das Fahrzeug mit seiner Batterie, der Ladepunkt als Energiequelle und das Ladekabel als Verbindungsstück zwischen Fahrzeug und Ladepunkt.

Damit zwischen diesen Komponenten ein möglichst störungsfreier und universeller Ladevorgang stattfinden kann, sollten sie untereinander kommunizieren können. Fahrzeug und Ladestation müssen bestimmte Parameter und Informationen nach festgelegten Protokollen austauschen. Die Kommunikation zwischen der Ladestation und dem Stromnetz dient dem Netzbetreiber die Netzstabilität sicher zu stellen und die Funktionsweise der Ladepunkte zu überwachen. Auch für zukünftige Konzepte wie das smart grid¹, ist eine Kommunikation zwischen Ladestation und Netzbetreiber erforderlich.

Des Weiteren muss die Kommunikation zwischen Kunde und Fahrzeug funktionieren. Der Kunde hat in der Zukunft durch moderne Anwendungsgeräte wie Smartphones etc. die Möglichkeit das Fahrzeug stärker in sein alltägliches Leben einzubeziehen. Ein Beispiel hierfür bildet die Einbindung des Fahrzeugs in einen intelligenten Wohnraum², die bereits heute mehr und mehr ausgebaut wird. Durch diese

¹ Der Begriff smart grid (dt. Intelligentes Stromnetz) umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern und elektrischen Verbrauchern in Energieübertragungs- und -verteilungsnetzen.

² Der Begriff smart home (dt. intelligentes Wohnen) bezeichnet Lösungen im privaten Wohnbereich, bei denen kommunikativ vernetzte Geräte und Systeme eingesetzt werden, um mehr Komfort, Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz, Flexibilität und Sicherheit zu gewährleisten.

immer intensivere Vernetzung zwischen Fahrzeug, Kunde und Netzbetreiber, entstehen neue Geschäftsfelder und Mobilitätskonzepte. Die durchgehende Kommunikation ermöglicht bspw. neue Carsharing³ Konzepte oder ein besseres Flotten- und Parkplatzmanagement. Um all diese neuen Services und Konzepte geschäftsfähig zu machen, entstehen mehr und mehr sogenannte Elektromobilitätsdienstleister, die solche Leistungen für den Kunden bereitstellen.

Um den einheitlichen Ablauf des Ladevorgangs zu gewährleisten, müssen die einzelnen Prozesse und Komponenten allgemein festgelegt und standardisiert werden. Dies ist Aufgabe der Standardisierungsinstitute und Kommissionen wie bspw. International Electrotechnical Commission (IEC), International Organization for Standardization (ISO) oder Society of Automotive Engineers (SAE). Fehlende einheitliche Standards erschweren den Entwicklern und Zulieferern eine effiziente Komponentenentwicklung. Durch eine Vereinheitlichung lässt sich zudem Doppelarbeit vermeiden, was neben den besserer Wettbewerbsmöglichkeiten in der Herstellung, zu deutlich geringeren Hardware- und Installationskosten führt. Neben den Vorteilen für die Hersteller bringt eine Standardisierung auch einen höheren Kaufanreiz für Kunden mit sich. Mit der Gewissheit, sein Elektrofahrzeug, egal von welchem internationalen Hersteller, an jeder privaten und öffentlichen Ladestation aufladen zu können, sinkt die Einstiegsschwelle der Elektromobilität für den privaten Kunden deutlich. Eine zu frühe Standardisierung kann unter Umständen jedoch auch zu negativen Effekten führen. So werden bspw. die Innovationskraft und Kreativität in der Entwicklung eingeschränkt. Wenn auch eine zu frühe Standardisierung nicht immer sinnvoll und umsetzbar ist, so zeigt sich nach (Brown, 2010) doch gerade am

³ Der Begriff Carsharing bezeichnet nach (Keller, 2011) die organisierte, gemeinschaftliche Nutzung von Kraftfahrzeugen.

Beispiel der Elektromobilität, dass sie für den Aufbau einer flächendeckenden Infrastruktur unverzichtbar ist⁴.

Um im Folgenden die Systemansätze für das Schnellladen abgrenzen zu können wird in den weiteren Kapiteln kurz auf Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur eingegangen.

2.1.2 Elektrofahrzeuge

Elektrofahrzeuge können auf verschiedene Art und Weise unterschieden werden. Im Folgenden beschränkt sich die Betrachtung auf die vierrädrigen Fahrzeuge im motorisierten Individualverkehr (MIV) (vgl. Abbildung 2–2). Wichtig ist im Zusammenhang der Studie insbesondere die Ladefähigkeit der Fahrzeuge am öffentlichen Netz (sog. Plug-In Electric Vehicles, PIEV). Hierunter zählen insbesondere rein batterieelektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV), Plug-In hybridelektrische Fahrzeuge (PHEV) und Range Extended Electric Vehicle (REEV). Diese drei Fahrzeugtypen werden im Folgenden allgemein unter dem Begriff Elektrofahrzeug zusammengefasst. Die grundsätzlich zur Gruppe der Elektrofahrzeuge gehörenden Brennstoffzellenfahrzeuge (Fuel Cell Electric Vehicles, FEV) werden jedoch von den Betrachtungen ausgeschlossen, da diese durch ihren speziellen Infrastrukturbedarf eine eigene Betrachtung erfordern.

⁴ (Benger et al., 2009; Deutsches Institut für Normung e.V., 2012) bieten einen separierten Überblick über die Situation der OEM und deren Zulieferer.

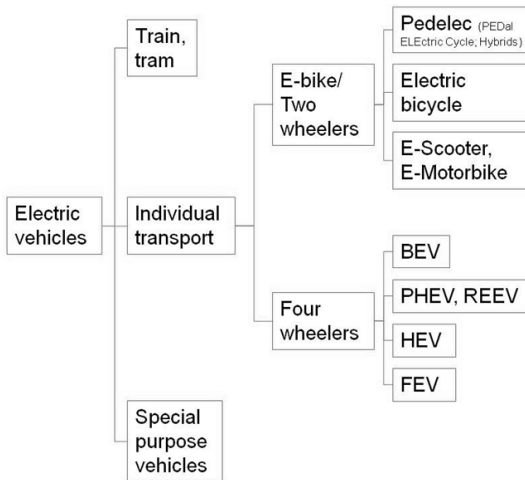


Abbildung 2–2 Abgrenzung des Begriffs des Elektrofahrzeugs

2.1.3 Ladeinfrastruktur der Elektromobilität

Die Batterien der betrachteten Fahrzeuge werden mit Hilfe eines Ladekabels (konduktives Laden) oder Rekuperation⁵ aufgeladen. Es werden zurzeit auch Methoden zum induktiven, also kontaktlosen Laden ohne Kabel entwickelt. Darüber hinaus gibt es Ansätze die einen Austausch der leeren Batterie an sogenannten Batteriewechselstationen anstreben. Diese zwei Methoden seien hier jedoch nur aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt und werden im weiteren Verlauf der Arbeit nicht weiter betrachtet. Wie aus Abbildung 2–1 ersichtlich beschränkt sich die Einführung von Elektromobilität nicht auf den Einsatz von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb. Sie ist zudem stark vom notwendigen Aufbau von Ladeinfrastruktur geprägt. Der Begriff Ladeinfrastruktur bezieht sich dabei nicht nur auf die Ladestation als

⁵ Bremsrekuperation (von lateinisch recuperare = wiedererlangen, wiedergewinnen) bedeutet die Umwandlung der Bewegungsenergie beim Verzögern des Fahrzeugs in eine Energieform, die dem Antrieb wieder zugeführt werden kann.

solche, sondern bezeichnet auch zahlreiche weitere Vorgänge, Komponenten und Akteure im Netzwerk der Elektromobilität.

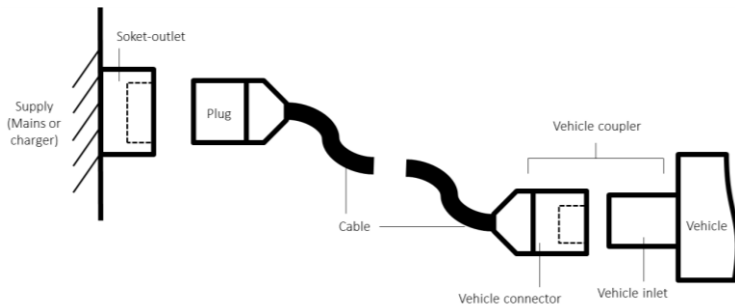


Abbildung 2–3 Teile der konduktiven Verbindung zum Laden von EV (nach van den Bossche, 2010)

In der vorliegenden Studie werden private, öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur betrachtet. Die Ladeinfrastruktur wird dabei unterschieden in die zwei Hauptelemente: Stromnetz (betrieben durch Netzbetreiber) und Ladepunkte (Ladestation, Fundamente, Parkplatz, Anschluss an das Stromnetz).

2.1.4 Bestehende Standards für das Laden von Elektrofahrzeugen

Zum konduktiven Laden wurden bereits mehrere Standards und Definitionen festgelegt. Durch europäische Normen werden zurzeit vier unterschiedliche Ladebetriebsarten (Modi) und drei verschiedene Arten von Steckverbindern für das Laden von Elektrofahrzeugen einheitlich geregelt. Während IEC 62196–1 die generellen Anforderungen an Steckverbindungen abdeckt, sind in IEC 62196–2 drei verschiedene Typen (Typ 1–3) von Steckverbindern festgelegt, die jeweils für die in IEC 61851–1 geregelten Lademodi 1–4 (siehe Tabelle 1) verwendet werden können. Die Norm mit der Bezeichnung

IEC 62196–3 regelt die Anforderungen an das Steckerbild für die DC–Schnellladung gemäß IEC 61851–1.

Tabelle 1 Ladebetriebsarten laut IEC 61851–1

Ladebetriebsart	Kommunikation	Sicherheit	Strom und Leistung
Mode 1 Wechselstrom (AC)	Keine	Verriegelung im Fahrzeug	Einphasig: max. 16 A, 3,7 kW Dreiphasig max. 16 A, 11,0 kW
Mode 2 Wechselstrom (AC)	Nur zw. „in-cable control box“ und EV	Verriegelung im Fahrzeug	Einphasig: max. 32 A, 7,4 kW Dreiphasig: max. 32 A, 22,0 kW
Mode 3 Wechselstrom (AC)	zw. Ladestation und EV	Verriegelung im Fahrzeug und in der Ladedose	Einphasig: max. 63 A, 14,5 kW Dreiphasig: max. 63 A, 43,5 kW
Mode 4 Gleichstrom (DC)	zw. Ladestation und EV	hohe Anforderungen, noch nicht definiert	Noch nicht definiert (vorr.: bis zu 400 A)

Im Gegensatz dazu hat die International Society of Automotive Engineers (SAE) in den USA als Ladestandards in der Norm SAE J–1772 die Level 1–3 eingeführt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 Ladebetriebsarten laut SAE J–1772

Ladebetriebsart	Wechselstrom (AC) nur einphasig				Gleichstrom (DC)		
Level I	120 V	12–16 A	≤ 1,92 kW	200 – 450 V	≤ 80 A	≤ 19,2 kW	
Level II	240 V	≤ 80 A	≤ 19,2 kW	200 – 450 V	≤ 200 A	≤ 90 kW	
Level III	noch nicht definiert			200 – 600 V	≤ 400 A	≤ 24 kW	

Eine Norm, die das DC-Laden definieren soll befindet sich derzeit noch in der Entwicklung. Diese Norm mit der Bezeichnung IEC 62196–3 regelt die Anforderungen an das Steckerbild für die DC-Schnellladung gemäß IEC 61851–1.

In IEC 61851–1 wurde bereits ein vierter Lademodus (siehe Tabelle 1) festgelegt der das DC-Laden abdecken soll. In IEC 61851–1 wurden jedoch bisweilen erste grobe Eigenschaften des DC-Ladens beschlossen, die dennoch als Grundlage für die IEC 62196–3 gelten sollen.

2.2 Schnellladen

Um der Beeinträchtigung der Nutzer durch die beschränkte Reichweite von BEV zu begegnen, soll die Dauer des Ladeprozesses auf wenige Minuten gekürzt und eine Schnelllade-Infrastruktur ähnlich dem heutigen Tankstellennetz für fossilen Kraftstoff aufgebaut werden.

2.2.1 Definition Schnellladen

Um das System des Schnellladens untersuchen zu können, muss zunächst der Begriff des Schnellladens definiert werden. Dazu gibt es nach heutigem Stand noch keine eindeutige Definition (Botsford und Szczepanek, 2009). Sowohl das AC-Laden (Mode 3) als auch das DC-Laden (Mode 4) lässt Ladeströme zu, die Ladezeiten von unter 30 Minuten ermöglichen. Um diese Ladezeiten zu erreichen, sind bei Batteriekapazitäten um 20 kWh Ladeströme von über 40 kW nötig. AC-Laden kann diese Ladungsströme jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen erreichen. Der generell beim AC-Laden benötigte On-Board Charger muss große Ladeleistungen aufbringen können. Je größer diese Leistungen jedoch werden, desto größer, schwerer und kostenintensiver wird dieses Ladegerät. Das zusätzliche Gewicht führt zudem zu Einschränkungen in der Reichweite des Fahrzeugs (vgl.

Dusmez et al., 2011). Des Weiteren benötigt das On-Board Ladegerät zum Schnellladen eine hohe Eingangsspannung von 480 V. Diese kann jedoch in vielen Ländern nicht aus dem Niederspannungsnetz abgerufen werden und würde zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen nötig machen (vgl. Dusmez et al., 2011). Diese additiven Komponenten und Kosten, sowie die Tatsache, dass sich hohe Spannungen beim AC-Laden nur schwer kontrollieren lassen, führen dazu, dass die AC-Ladung im Folgenden in diesem Bericht von der Schnellladung ausgegrenzt wird.

Durch die verkürzten Ladezeiten bietet sich das Schnellladen im Besonderen für die öffentliche Infrastruktur an. Schnellladestationen werden demnach bspw. an Autobahnraststätten oder viel befahrenen Landstraßen zu finden sein. Auf Grund der Begrenzung des Ladestroms durch die Batterietechnologie, dienen Schnellladestationen in erster Linie nicht dem Vollladen der Batterie, sondern dem schnellen Zwischenladen und somit der Reichweitenverlängerung des Fahrzeugs. Ladeströme über 150 A sind mit heutiger Batterietechnologie nur auf Kosten der Lebensdauer der Batterie durchführbar. Das Schnellladen wird voraussichtlich in Zukunft nur in entsprechenden Fällen eingesetzt und ersetzt daher nicht den täglichen Ladeprozess zu Hause oder am Arbeitsplatz. Aus technischer Perspektive muss darüber hinaus derzeit die Ladestromstärke mit steigendem Füllstand der Batterie (dem sog. State of Charge, SOC) der Batterie gesenkt werden. Aus diesem Grund ergibt sich bis 2020 absehbar lediglich die Möglichkeit einer schnellen Zwischenladung bis ca. 80 % der Batteriekapazität (Hölk, 2010).

Die vorliegende Arbeit definiert den Begriff Schnellladen für die weitere Betrachtung daher als konduktives DC-Laden für Ladeströme ab einer Leistung von 40 kW. Die Schnellladung bezieht sich auf eine Zwischenladung der Batteriekapazität von ca. 30 % auf ca. 80 % SOC.

2.2.2 Prinzip des DC-Ladens

In der Entwicklung⁶ befindet sich zurzeit noch eine Norm, die das DC-Laden standardisieren soll. Sie trägt die Bezeichnung IEC 62196–3 und regelt die Anforderungen an das Steckerbild für die DC-Schnellladung gemäß IEC 61851–1 (vgl. Tabelle 1). Der oben genannte Mode 4 aus der Norm IEC 61851–1 wird, über die Angaben aus Tabelle 1 hinaus, wie folgt beschrieben:

- DC-Laden an speziellen Ladestationen, zu-meist Schnellladestationen
- Ladespannung und Ladestrom systemabhängig, da-her Standardisierungsbedarf
- Ladekabel mit Energie- und Steuerleitungen
- Komplexe Schutzfunktionen aufgrund DC erforderlich, z. B. Isolationsüberwachung
- Vergleichbar mit Level 3 der SAE Normierung

Beim DC-Laden ist das Ladegerät fest in die Ladestation integriert (Off-board). Dies dient in erster Linie der Sicherheit des Nutzers und dem Schutz vor Vandalismus. Des Weiteren ermöglicht ein fest instal-liertes Kabel im Vergleich zum AC-Laden deutlich höhere Bemessungsströme und somit eine höhere Nennleistung der Ladestation. Die Ladestation für das DC-Laden besteht aus drei Ebenen. Die erste ist der Eingangsfilter. Dieser dient dazu, die durch den Ladevorgang ausgelösten Oberschwingungen zu reduzieren und die unerwünschte Blindleistung zu kompensieren. Das eigentliche Off-board Ladegerät vereint die zweite Ebene, den AC/DC-Gleichrichter, mit der dritten, dem DC/DC-Wandler. Der so entstehende Leistungswandler hat die Aufgabe, den benötigten DC für den Ladevorgang umzuwandeln und zu kontrollieren. In Abbildung 2–4 ist der generelle Aufbau einer solchen DC-Ladestation veranschaulicht. Der AC/DC-Gleichrichter ist

⁶ Die IEC nennt als Datum der abschließenden Veröffentlichung derzeit Ende März 2014

für die eigentliche Funktionsweise der Ladestation nicht ausschlaggebend. Seine Hauptfunktion ist ihre Anbindung an das Niederspannungsnetz. Da die Spannungen des Niederspannungsnetzes weltweit jedoch stark variieren, muss der AC/DC Gleichrichter von Land zu Land unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Für die weitere Analyse wird dieser daher nicht betrachtet. Der DC/DC Wandler hingegen muss die für den Ladevorgang benötigte Gleichspannung aufbringen und vor allem kontrollieren können. Daher ist seine Leistungsfähigkeit für die weitere Betrachtung durchaus relevant.

Technisch gesehen lassen sich DC-Ladesysteme nach ihrem Regelungsverfahren in geregelte und ungeregelte Systeme unterscheiden. Beim geregelten System stellt die Ladestation die notwendigen Spannungs- und Stromwerte nach den Sollwertvorgaben des Fahrzeugs ein. Im Gegensatz dazu stellen ungeregelte Systeme eine feste Spannung zur Verfügung, was eine zusätzliche Spannungswandlung innerhalb des Fahrzeugs erforderlich macht. Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) geht davon aus, dass die Industrie auf absehbare Zeit nur die Entwicklung geregelter Systeme verfolgen wird, um die Vorteile des DC-Ladens vollständig auszunutzen, die sich durch die Verlagerung des Ladegeräts in die Ladestation und die dadurch ausfallende Spannungswandlung im Fahrzeug ergeben (Hölk, 2012).

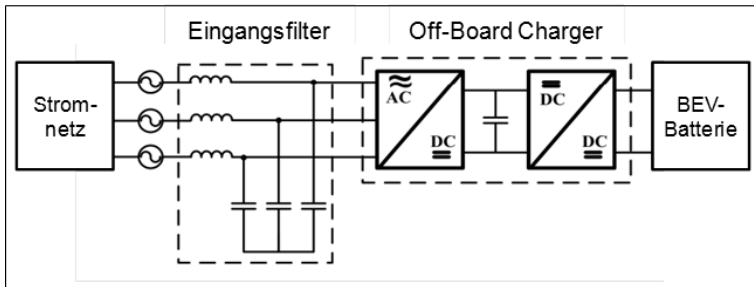


Abbildung 2–4 Aufbau DC-Ladestation aus (Dusmez et al., 2011)

2.2.3 Ladevorgang

Ein DC-Ladesystem besteht aus einem komplexen System, in dem mehrere elementare Anlagenteile für den Ladevorgang erforderlich sind. Die gesamte Wirkungskette ist in das installierte Gehäuse der Ladestation inklusive aller elektronischen Bauteile, die Ladeleitung und die Steckvorrichtung inklusive Ladekupplung zur Verbindung zwischen Ladestation und EV unterteilbar.

Speziell für DC-Schnellladestationen erfolgt außerdem eine Einteilung nach folgenden in Tabelle 3 dargestellten Kategorien (vgl. Abs. 6.101, IEC 61851–23, 2012). Die Festlegung in den Abschnitten Bauart, Leistungsaufnahme und Sicherheitstransformator ergeben sich aus Kapitel 2.2.4.1.

Tabelle 3 Kategorisierung der DC-Ladestation

Bauart	Isolierte DC-Ladestation Nicht-isolierte DC-Ladestation
Steuerung	Gesteuerte DC-Ladestation Ungesteuerte DC-Ladestation (A: Konstantstromladen, B: Konstantspannungsladen, C: Kombination aus A und B)
Leistungsaufnahme	DC-Ladestation an AC-netz DC-Ladestation an DC-Netz
Trenntransformatortyp	Trenntransformator Sicherheitstransformator
Ausgleichsspannung	$U_{\max} \leq 60 \text{ V}$ $60 \text{ V} \leq U_{\max} \leq 750 \text{ V}$ $750 \text{ V} \leq U_{\max} \leq 1500 \text{ V}$
Ausgangs-DC	$I_{\max} \leq 80 \text{ A}$ $80 \text{ A} \leq I_{\max} \leq 200 \text{ A}$ $200 \text{ A} \leq I_{\max} \leq 300 \text{ A}$ $300 \text{ A} \leq I_{\max}$

Der Bemessungswert U_{AC} für die AC-Versorgung einer DC-Ladestation aus dem Netz beträgt 1000 V, wobei die Ladestation in diesem Wertebereich stets korrekt funktionieren muss. Da die Bemessungsspannung der Leiter der DC-Ladestation gleich der Bemessungsspannung der Steckvorrichtung ist, hängt die maximale Ausgangsleistung einer DC-Ladestation von den verwendeten Steckvorrichtungen (s. Tabelle 4) bzw. der Konfiguration des Systems ab (vgl. Abs. 10.1, IEC 68151–23, 2012).

Die Anforderungen an Steckvorrichtungen begrenzen die Betriebsspannungen von DC-Ladesystemen allgemein auf maximal 1500 V bei einem Ladestrom von höchstens 400 A, wobei keine definierte Steckvorrichtung für diesen Maximalwert geeignet ist (vgl. Abs. 1, IEC 62196–1, 2011). Der Leistungsfaktor der DC-Ladestation muss dabei mindestens $\cos(\phi) = 0,95$ betragen (vgl. Abs. 101.1.9, IEC 68151–23, 2012).

Tabelle 4 Spezifikationen der Schnittstellenarten

Standardzugehörigkeit	Bemessungswerte	
Japanischer Chademo Standard	$U_{\max} = 600 \text{ V};$ $I_{\max} = 200 \text{ A}$	
Chinesischer GB-Standard	$U_{\max} = 750 \text{ V};$ $I_{\max} = 250 \text{ A}$	
DC-Low mit Typ 1 nach IEC 62196-2	$U_{\max} = 600 \text{ V};$ $I_{\max} = 80 \text{ A}$	
DC-Low mit Typ 2 nach IEC 62196-2	$U_{\max} = 480 \text{ V};$ $I_{\max} = 80 \text{ A}$	
CCS mit Typ 1 nach IEC 62196-2	$U_{\max} = 600 \text{ V};$ $I_{\max} = 200 \text{ A}$	
CCS mit Typ 2 nach IEC 62196-2	$U_{\max} = 850 \text{ V};$ $I_{\max} = 200 \text{ A}$	

Vor dem Beginn der Ladung muss der korrekte Anschluss der Fahrzeugkupplung an den Stecker des EV überprüft, erkannt und außerdem die Fahrsperrung des EV bei Anschluss sichergestellt werden (vgl. ISO 6469-2, 2009; Abs. 6.4.3.1, IEC 61851-1, 2010). Zusätzlich muss die Kompatibilität und die Isolation zwischen EV und DC-Ladestation überprüft werden, um den Ladebeginn erst erlauben zu dürfen (vgl. Abs. 6.4.3.106,107, IEC 61851-23, 2012). Es muss eine elektromechanische Verriegelungsfunktion vorhanden sein, welche die Fahrzeugkupplung nach dem Anschluss an den EV-Stecker für den Ladevorgang verriegelt bzw. die Verriegelung während dem Ladevorgang aufrecht erhält und nach Erkennung der Stromkreistrengung bei Beendigung des Ladevorgangs wieder entriegelt. Diese Verriegelungseinrichtung darf entweder in der Fahrzeugkupplung oder im Fahrzeugstecker sein (vgl. Abs. 6.4.3.103,104, IEC 61851-23, 2012). Die Ladestation muss

auch eine Abschaltfunktion wie beispielsweise einen Notausschalter besitzen, mit der der Ladevorgang jederzeit manuell durch den Benutzer abgebrochen werden kann (vgl. Abs. 6.4.3.112, IEC 61851–23, 2012).

Der Einschaltstrom darf DC-seitig maximal 2 A betragen (vgl. Abs. 101.1.8.6, IEC 61851–23, 2012). Der maximale Spannungssprung während dem Ladevorgang darf nicht mehr als ± 50 V von der Ausgangsspannung betragen und die maximale Spannungsabweichung im Betrieb ± 10 % des Bemessungswerts nicht überschreiten. Des Weiteren darf die Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung ± 20 V/s und die größte Spannungswelligkeit ± 8 V nicht überschreiten (vgl. Abs. 101.1.8.7/8, IEC 61851–23, 2012). Bei einem Lastabwurf darf die Ausgangsspannung die Spannungsgrenze des EV nicht mehr als um 10 % überschreiten und nicht schneller als 250 V/ms ansteigen (vgl. Abs. 101.1.8.9, IEC 61851–23, 2012).

Für das Konstantstromladen (CCC) beträgt die Toleranz zwischen Ausgangsstrom der DC-Ladestation und durch EV geforderten Wert unter 50 A $\pm 2,5$ A und bei gefordertem Wert über 50 A ± 5 %. Bei Konstantspannungsladen (CVC) beträgt dieser Unterschied maximal 2 % des Bemessungsspannungswerts der DC-Ladestation (vgl. Abs. 101.1.8.2.1/2, IEC 61851–23, 2012). Zur Sicherstellung eines konstanten Ladestroms nach Anforderung durch das EV muss der Strom und die Spannung durch die DCCCU gemessen werden. Wenn eine Gefahr der Überspannung der Batterie durch Überschreitung der Spannungsgrenzen besteht, muss die Ladestation den Ladevorgang abbrechen und den Ladestrom mit einer Rate von 200 A/s unter 5 % des Bemessungsstroms senken (vgl. Abs. 6.4.3.102/108, IEC 61851–23, 2012). Die DC-Ladestation muss bei ordnungsgemäßigem Betrieb mit einer Geschwindigkeit größer 100 A/s herunterfahren. Falls es dennoch unsachgemäß zu einer Abschaltung kommt, dürfen dadurch keine gefährlichen Zustände entstehen und der Strom muss mit einer Rate größer 200 A/s heruntergefahren werden, um entstehende Lichtbö-

gen möglichst klein zu halten (vgl. Abs. 9.4, IEC 68151–23, 2012; Abs. 101.1.8.4, 68151–23, 2012). Außerdem muss ein Schutz vorhanden sein, der den unbeabsichtigten Stromrückfluss aus der Batterie des EV z.B. durch eine Rückflussspermdiode verhindert (vgl. Abs. 101.1.7, IEC 68151–23, 2012). Bei Verwendung eines elektrischen Verbrauchszählers müssen die Anforderungen nach (IEC 62052–11, 2003) bzw. (IEC 62053–21, 2003) oder anderen relevanten Festlegungen entsprechen (vgl. Abs. 11.101, IEC 68151–23, 2012).

2.2.4 Sicherheitsaspekte des DC-Ladens

2.2.4.1 Schutzleiterbehandlung

Zum besseren Verständnis der elektrotechnischen Zusammenhänge muss mit dem Ausbau von Ladeinfrastruktur für EV und deren Sicherheitsaspekte auch der Übertragungsweg der elektrischen Energie vom Versorger zum Fahrzeug betrachtet werden (s. Abbildung 2–5). Die Erzeugung elektrischer Energie erfolgt in Kraftwerken und wird anschließend zum Transport auf Höchst- bzw. Hochspannung von 380 kV und 110 kV transformiert, um Leistungsverluste bei der Übertragung zu Umspannwerken in Nähe der Verbraucherschwerpunkte minimal zu halten. Anschließend erfolgt die Transformation der Hochspannung auf Mittelspannung, um über das Mittelspannungsnetz teilweise Industriebetriebe zu versorgen und größtenteils die elektrische Energie an Umspannstationen zur Transformation in Niederspannung zu übertragen. In den Netzstationen der Niederspannung erfolgt schließlich die Transformation auf die in Haushalten übliche Spannung von 400 V / 230 V (dreiphasig/einphasig), womit elektrische Endverbraucher und somit speziell auch Ladestationen für Elektrofahrzeuge i.d.R. versorgt werden. Dabei werden die Netze und ihre Betriebsmittel nach ihrer Netzspannung U_N bzw. der höchsten Betriebsspannung U_M definiert, wobei die höchste Betriebsspannung der Wert ist, bei der in Niederspannungsnetze eine zusätzliche Spannung

von $\pm 10\%$ zur Nennspannung (vgl. IEC 62196–1, 2011) toleriert wird: $U_M = U_N + (U_N \cdot 0,1)$ (Schwab, 2009). Für einzelne Betriebsmittel wie Elektroladestationen wird in den Normen meist der Begriff Bemessungsspannung bzw. Bemessungsstrom anstatt die Begriffe Nennspannung bzw. Nennstrom verwendet, um explizit auf die maximalen Werte hinzuweisen.

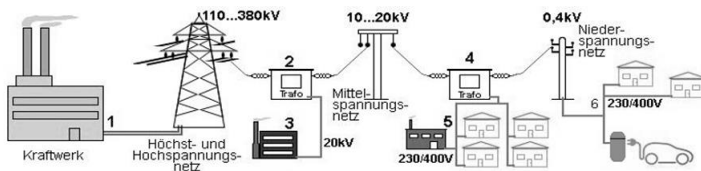


Abbildung 2–5 Energieübertragungsnetze (Oschmann, 2013)

Bis zu den Umspannstationen ist das Netz als Dreileiter–Drehstromnetz mit drei spannungsführenden Leitungen aufgebaut. Um die Verwendung von nur einer Phase im Ortsnetz zu ermöglichen, wird ein zusätzlicher Leiter (Nullleiter) in den Umspannstationen generiert und zu den Verbrauchern geführt.

In diesem Zusammenhang muss noch die unterschiedliche Erdung von Netzsystemen betrachtet werden, um Erdungsanforderungen an Ladestationen und Elektrofahrzeuge besser zu verstehen. Demnach gibt es im Rahmen der internationalen Harmonisierung drei verschiedene Netzsysteme: TN–, TT– und IT–Netz. Der erste Buchstabe definiert die Erdungsart des Spannungserzeugers:

- T – Direkte Erdung des Sternpunkts,
- I – Isolierung des Sternpunkts gegen Erde.

Der zweite Buchstabe stellt die Erdbedingungen der Betriebsmittel dar:

- T – Direkte Erdung der Verbraucher,

- N – Verbindung des Sternpunkts mit dem Verbraucher.

Für TN-Netze kann noch ein dritter Buchstabe die Verlegung der Schutz- und Neutralleiter zeigen, mit

- S – Schutzleiter und Neutralleiter getrennt verlegt,
- C – kombinierte Verlegung von Schutzleiter und Neutralleiter.

In Deutschland sind Niederspannungsnetze i.d.R. als TN-C-S-Netzsysteme (s. Abbildung 2–6) aufgeführt und Standard für Neuinstallationen (Schwab, 2009). Dabei erfolgt die Zuleitung der Energieversorgung bis zur Hauptverteilerstation als TN-C-System (Vierleitersystem mit drei Außenleitern und einem geerdetem PEN-Leiter) und ist in der Verbraucheranlage als TN-S-System (Drei Außenleiter und PEN-Leiternaufteilung in Schutzleiter (PE) und Neutralleiter (N)) vorhanden. Die Netzformen des TN-C-S-System und IT-System nehmen bei der Betrachtung der Ladestation als angeschlossener Körper an das Niederspannungsnetz und als elektrischer Versorger des Elektrofahrzeugs einen entscheidenden Platz ein.

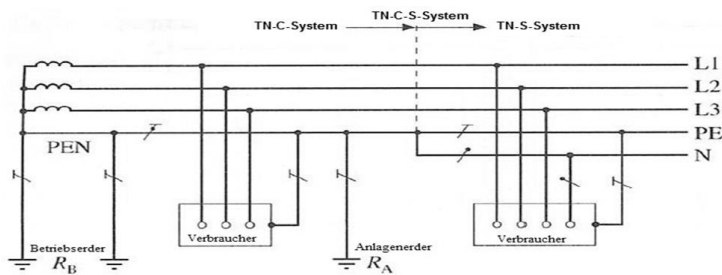


Abbildung 2–6 Aufbau des TN-C-S- Versorgungsnetzes (Leibfried, 2010)

Die Anforderungen für nicht-isolierte DC-Ladestationen und DC-Ladestationen, die ein ungesteuertes Ladeverfahren ermöglichen, sind noch in Bearbeitung (vgl. Abs. 7.5.102, IEC 61851–23, 2012) und können daher nicht in diese Arbeit mit aufgenommen werden. Zudem

wird die Versorgung der Ladestation mit Gleichspannung als Option nicht weiter betrachtet, da Versorgungsnetze in Niederspannungsnetzen Verbraucher im Regelfall mit Wechselspannung beliefern (Schönitzer, 2012). Außerdem werden aufgrund der hohen Leistungen von Schnellladesystemen im Folgenden nur DC-Ladestationen analysiert, die mit einem Trenntransformator aufgebaut sind.

Das DC-Ladesystem ist durch einen Trenntransformator isoliert aufgebaut, weshalb die Sekundärseite der Ladestation als IT-System betrachtet wird (Marrero, 2000). Des Weiteren wird das isolierte Batteriesystem des Elektrofahrzeugs ebenfalls als ein IT-System eingestuft (s. Abbildung 2–7). Somit hat das IT-System durch die Isolierung keine direkte Verbindung zwischen aktiven Leitern und geerdeten Teilen, weshalb durch die Potentialfreiheit bei einem versehentlichen Kontakt mit einem der Außenleiter kein Stromschlag erzeugt wird (1. Fehlerfall).

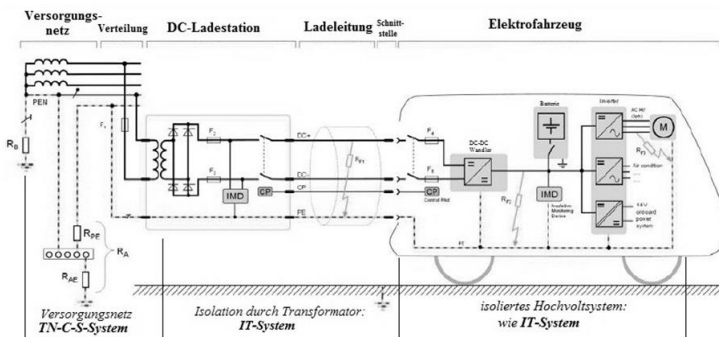


Abbildung 2–7 Netzformen der Ladestation und des EV (Hofheinz und Sellner, 2011)

Ladestationen gelten als elektrische Anlagen und müssen zur Gewährleistung der Sicherheit geerdet werden. Die Erdung ist eine Maßnahme, um ein Bezugspotential oder einen Potentialausgleich herzustellen, durch den im Fehlerfall gefährliche Ströme abgeleitet werden.

Daher ist eine ordnungsgemäße Erdung und Potentialausgleich wichtig, damit im Fehlerfall mit Hilfe von Schutzeinrichtungen der Stromkreis abgeschaltet werden kann. Dabei wird zwischen zwei Erdungsarten, Schutzerdung und Funktionserdung, unterschieden. Mit der Schutzerdung wird eine sichere Verbindung zum Erdreich erstellt, um bei elektrischen Anlagen und Geräten bei Auftreten eines Fehlers Personen und Tiere vor gefährlich hohen Berührungsspannungen zu schützen. Dabei stellt die Verbindung aller leitfähigen Teile elektrischer Betriebsmittel mit einem geerdeten Schutzleiter die Grundlage für den Schutz gegen elektrischen Schlag dar. Die Funktionserdung wird für aus technischen Gründen eingesetzt, wobei eine Funktionserdung nicht dem Zweck der elektrischen Sicherheit dient. Beispiele sind die Ableitung von Störströmen oder die Funktionserdung und Schirmung zur Dämpfung elektromagnetischer Störeinkopplungen.

2.2.4.2 Elektrische Grenzwerte und notwendige Überwachungseinrichtungen

Über die Schutzklasse werden in der Elektrotechnik die Maßnahmen zum Schutz vor elektrischem Schlag klassifiziert. Das Notationssystem wird hauptsächlich für Geräte des Hausgebrauchs angewandt, zunehmend verbreitet sich das System auf alle elektrischen Betriebsmittel. Eine Übersicht der unterschiedlichen Schutzklassen ist in Tabelle 5 gegeben.

Tabelle 5 In DIN EN 61140 (VDE 0140–1) definierte Schutzklassen:

Schutzklasse	Schutz gegen elektrischen Schlag durch
Schutzklasse 0	Basisisolierung
Schutzklasse 0I	Basisisolierung und Möglichkeit, einen externen Schutzleiter anzuschließen
Schutzklasse I	Basisisolierung und Schutzleiter über Geräteanschlusskabel
Schutzklasse II	Basisisolierung und zweite Isolierung (doppelte Isolierung)
Schutzklasse III	Nennspannung des Betriebsmittel überschreitet nicht den Pegel von Kleinspannungen

In der IEC-Norm für DC-Ladestationen sind Anforderungen in Abhängigkeit der Schutzklasse definiert. Für DC-Ladestationen der Schutzklasse I darf der maximal zulässige Berühr- und Ableitstrom 3,5 mA nicht überschreiten, bei Ausführung nach Schutzklasse II liegt der Grenzwert bei 0,25 (vgl. Abs. 11.7.1, IEC 61851–23, 2012).

Die erforderliche Spannungsfestigkeit hängt ebenfalls von der Schutzklasse der DC-Ladestation ab (vgl. Abs. 11.4.101, IEC 61851–23, 2012). Für DC-Ladestationen der Schutzklasse I muss außerdem eine automatische Abschaltfunktion der Stromversorgung bei Unterbrechung des Schutzerdungsdurchgangs und ein sichtbares Warnzeichen für den Nutzer an der Ladeeinrichtung vorhanden sein (vgl. Abs. 11.7.5, IEC 61851–23, 2012). Des Weiteren müssen zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit technische Vorrichtungen in der DC-Ladestation vorhanden sein, die in Abbildung 2–8 dargestellt sind.

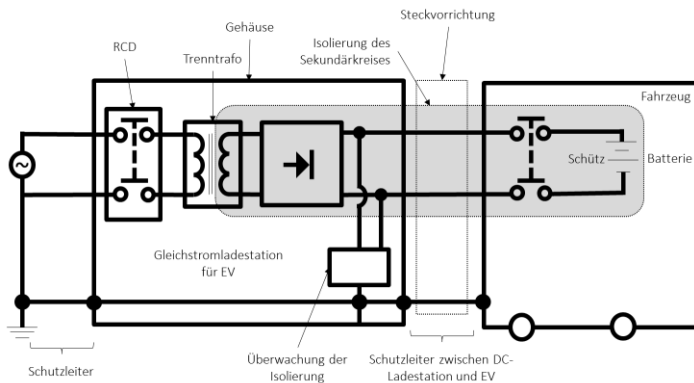


Abbildung 2–8 Funktionen der DC-Ladestation (isoliert) (vgl. Bild 102 in IEC 61851–23, 2012)

Dazu gehört ein Trenntransformator in der DC-Ladestation, der den Primärkreis und den Sekundärkreis durch eine verstärkte Isolierung

galvanisch trennt. Somit wird die Erdung des versorgenden Netzes durch diese Schutztrennung aufgehoben, sodass das sekundärseitige Ladesystem inklusive EV wie ein IT-Netz eingestuft wird. Da zudem für DC-Ladestationen der Schutz vor Überspannung und Überstrom (nach IEC 60364-4-43, 2008; IEC 60364-4-44, 2007) vorgeschrieben ist, muss im Primärkreis eine empfindliche Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD; $I_{\Delta N} < 30 \text{ mA}$) und ein dauerhaft mit der Erde verbundener Schutzleiter vorhanden sein; außerdem muss der Sekundärkreis eine Basis- oder eine verstärkte Isolierung und eine permanente Überwachungsfunktion der Isolierung mit automatischer Trennung enthalten (vgl. Abs. 6.4.3.2, IEC 61851-23, 2012; Abs. 6.4.3.105, IEC 61851-23, 2012). Die Überwachung des Isolationswiderstandes hat für die Verhütung von Sach- und Personenschäden und die Betriebssicherheit eine besondere Bedeutung. Daher muss der Isolationswiderstand zwischen dem Ausgang der Ladestation und der Erde $R \geq 100 \cdot U_{DC}$ betragen (vgl. Abs. 6.4.3.107, IEC 61851-23, 2012).

Diese Überwachungseinrichtung muss zudem die Ableitströme beim Ladevorgang kontrollieren, das Unterschreiten eines vorgegebenen Wertes melden und den Durchgang der Erdleiter stets überwachen bzw. gegebenenfalls den Erdschluss im Stromkreis der DC-Ladestation und EV erkennen (vgl. Abs. 7.5.101.a)–h), IEC 61851-23, 2012; Abs. 6.4.3.2, IEC 61851-23, 2012). Im Fall einer Erdschlusserkennung muss die Überwachungseinrichtung den Ladevorgang abbrechen und den Stromkreis trennen (vgl. Abs. 6.4.3.2, IEC 61851-23, 2012). Des Weiteren muss die Überwachungseinrichtung auch bei ordnungsgemäßigem Übergang der Pilotfunktion zwischen Ladestation und EV bzw. deren Unterbrechung das Ladesystem ein bzw. den Ladevorgang ausschalten können (vgl. Abs. 6.4.3.3/4, IEC 61851-23, 2012). Bei Erdschluss, Kurzschluss oder Überspannung muss zwar der Ladestromkreis vom AC-Kreis getrennt werden, die Stromversorgung der Steuerungsfunktionen aber aus Sicherheitsgründen nicht (vgl. Abs. 6.4.3.110, IEC 61851-23, 2012). Unter der Bedingung, dass die DC-

Ladestation über eine verstärkte Isolierung und eine Isolierüberwachung verfügt, kann dabei als Erdleiter zwischen der DC-Ladestation und dem EV statt dem durchgeführten Schutzleiter die Funktionserde benutzt werden. Der Schutzpotentialausgleich muss dabei durch den Anschluss sämtlicher berührbarer leitfähiger Teile an die Erdungsklemme des EV erfolgen (vgl. Abs. 7.2.1, IEC 61851–1, 2010; Abs. 7.5.101, IEC 61851–23, 2012; Abs. 7.6, IEC 61851–23, 2012).

Die Sicherheitsanforderungen gegen elektrischen Schlag für Ladesysteme für EV entsprechen denen von Niederspannungsanlagen nach der internationalen Norm (IEC 60364–4–41, 2005) und können durch nationale Vorschriften mit weiteren Sicherheitsebenen erweitert werden (vgl. Abs. 7.1, IEC 61851–1, 2010).

2.2.4.3 Schutzart

Die Richtlinien zur Sicherheit gegen elektrischen Schlag erfordern grundsätzlich die Unzugänglichkeit zu aktiven Teilen, die gefährlich für Lebewesen werden können und die Bedingung, dass berührbare leitfähige Teile weder im fehlerfreien (Basisschutz) noch im Einzelfehlerzustand (Fehlerschutz) zu gefährlich aktiven Teilen werden dürfen (vgl. Abs. 7.1, IEC 61851–1, 2010). Um diesen Mindestschutz zu gewährleisten, muss mindestens eine Maßnahme für den Basisschutz und ebenso mindestens eine Schutzmaßnahme für den Fehlerschutz bestehen (vgl. IEC 60364–4–41, 2005). Zudem muss der IP-Schutzgrad (IP engl. ingress protection) für isolierte DC-Ladestationen im Innenraumbetrieb mindestens IP21, im Außenbetrieb IP44 und außerdem das Gehäuse der Ladestation die Schutzart IPXXD erfüllen (vgl. Abs. 101.1.2/3, IEC 61851–23, 2012).

Die jeweiligen Schutzwerte können aus dem sogenannten IP-Code entnommen werden (DIN EN 60529 VDE 0470–1:2000–09, 2000). Die darin definierte Schutzart gibt an, welchen Anforderungen der Berührschutz, der Fremdkörperschutz und der Wasserschutz genügen.

Sie wird durch die in Abbildung 2–9 dargestellten Code–Buchstaben klassifiziert.

IP=International Protection

IP		X	X	X
Schutz vor Eindringen von Festkörpern	Schutz vor Berühren von	Schutz gegen Eindringen von Wasser	Zusätzlicher Buchstabe – Schutz gegen	
0 kein Schutz	kein Schutz	0 kein Schutz	A Zugang mit Handrücken	
1 große Fremdkörper $\varnothing > 50$ mm	größtflächige Körperteile	1 tropfendes Wasser, das senkrecht fällt (Tropfwasser)	B Zugang mit Finger	
2 mittelgroße Fremdkörper $\varnothing > 12,5$ mm	Fingerschutz	2 schräg fallendes Wasser (Tropfwasser), 15° gegenüber normaler Betriebslage	C Zugang mit Werkzeug	
3 kleine Fremdkörper $\varnothing > 2,5$ mm	Werkzeuge und Drähte	3 Sprühwasser, bis 60° gegenüber normaler Betriebslage	D Zugang mit Draht	
4 korngroße Fremdkörper $\varnothing > 1$ mm	Drähte $\varnothing > 1$ mm	4 Spritzwasser aus allen Richtungen		Der 3. Buchstabe kann optional angegeben werden.
5 Staubablagern	vollständiger Berührungsschutz	5 Strahlwasser aus allen Richtungen		
6 kein Staubeintritt	vollständiger Berührungsschutz	6 starken Wasserstrahl (Überflutungsschutz)		
X keine Anwendung	keine Anwendung	7 zeitweises Eintauchen in Wasser		
		8 dauerndes Untertauchen - Wasserdicht		
		X keine Anwendung		

Abbildung 2–9 IP–Schutzcodes (Schweizer, 2013)

Die erste IP–Ziffer betrifft den Schutz gegen feste Stoffe. Dabei werden Fremdkörper mit verschiedenen Korngrößen unterschieden. Beispielsweise zählt die Schutzcode 1 als Schutz gegen das Berühren mit dem Handrücken, während die Schutzcode 2 einen Berührungsschutz auch für Finger darstellt. Die Spezifikationen der zweiten Ziffer bieten Schutz gegen das Eindringen von Wasser. Hierbei werden sowohl die Intensität, beginnend von tropfendem Wasser bis zum Untertauchen, wie auch die Einwirkungsrichtung unterschieden. Prinzipiell ist der Schutzgrad besser, je höher der Wert der entsprechenden Codeziffer ist.

Um gegen die zu erwartenden Beanspruchungen der Steckvorrichtungen bei betriebsgemäßer Benutzung und bei Manipulationsversuchen ausreichend zu widerstehen und den dauerhaften Erhalt des vorgeschriebenen Schutzgrads zu sichern, müssen Steckvorrichtungen über eine angemessenen standhafte mechanische Festigkeit verfügen (vgl. Abs. 26.1,2, IEC 62196–1, 2011). Mechanische Festigkeit muss zum Beispiel auch für den Fall des Überfahrens der Steckvorrichtung durch ein Fahrzeug gegeben sein (vgl. Abs. 33.1,2, IEC 62196–1, 2011). Dies bedeutet folglich, dass die Ladekabelhalterung der Steckvorrichtung

ebenso eine ausreichende Standhaftigkeit gegen mechanische Beanspruchungen aufweisen muss.

Neben den IP-Schutzmaßnahmen gibt es noch Schutzarten für mechanische Beanspruchungen des Gehäuses. Die Einteilung der sogenannten IK-Stoßfestigkeitsgrade erfolgt dabei grundsätzlich nach dem Energiewert (W) der zu erwartenden Beanspruchung (vgl. DIN 50102, 1997):

Tabelle 6 IK-Schutzcodes gegen mechanische Beanspruchungen:

IK-Code	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
W in Joule	0	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

Des Weiteren müssen zur elektrischen Sicherheit die Dimensionierung der Luft- und Kriechstrecken betrachtet werden. Hierbei werden die dauerhaft anliegenden Betriebsspannungen, transiente Überspannungen, zeitweilige und periodische Überspannungen sowie die Umgebungsbedingungen berücksichtigt.

Die Anforderungen der Umgebungsbedingungen durch Feuchtigkeit und Verunreinigungen werden in sogenannten Verschmutzungsgraden definiert (s. Tabelle 7). Dafür werden verschiedene Grade der Verschmutzung definiert, welche die erforderliche Kriechstrecke der Isolierung negativ beeinflussen kann.

Tabelle 7 Definition der Verschmutzungsgrade nach VDE 0110–1 (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, 2013)

Verschmutungsgrad	Beispiele für die den Verschmutzungsgraden zugeordneten Räume
1 Es tritt keine oder nur trockene, nichtleitfähige Verschmutzung auf. Die Verschmutzung hat keinen Einfluss.	Offene ungeschützte Isolierungen in klimatisierten oder sauberen trockenen Räumen.
2 Es tritt nur nichtleitfähige Verschmutzung auf. Gelegentlich muss mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden.	Offene ungeschützte Isolierungen in Wohn-, Verkaufs- und sonstigen geschäftlichen Räumen, feinmechanischen Werkstätten, Laboratorien, Prüffeldern, medizinisch genutzten Räumen.
3 Es tritt leitfähige Verschmutzung auf oder trockene, nichtleitfähige Verschmutzung, die leitfähig wird, da Betauung zu erwarten ist.	Offene ungeschützte Isolierungen in Räumen von industriellen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben, ungeheizten Lagerräumen, Werkstätten, Kesselhäusern.
4 Es tritt eine dauernde Leitfähigkeit auf, hervorgerufen leitfähigen Staub, Regen oder Nässe.	Offene ungeschützte Isolierungen in Freiluft oder Außenräumen.

Die in einer Ladestation befindlichen Einrichtungen sind bei einem Aufstellort der Ladestation im Gebäudeinneren für den Verschmutzungsgrad 2 auszulegen. Für im Freien aufgestellte Ladestationen sind die Anforderungen nach Verschmutzungsgrad 3 zu erfüllen (vgl. Abs. 11.6, IEC 68151–23, 2012; Abs. 7.1.3, IEC 61439–7, 2013). Auch die Steckvorrichtungen müssen einen ausreichenden Schutz aufweisen. Steckvorrichtungen mit Gehäuse nach Schutzgrad IP 54 müssen den Anforderungen nach Verschmutzungsgrad 3 entsprechen. Hermetisch abgedichtete Steckvorrichtungen oder vollständig eingekapselte Gehäuse müssen den Anforderungen des Verschmutzungsgrad 1 genügen (vgl. Abs. 28.3, IEC 62196–3, 2012; IEC 60664–1, 2007).

In engen Zusammenhang mit dem Verschmutzungsgrad werden für die Luftstrecken zwischen spannungsführenden Teilen vier Überspannungskategorien definiert (s. Tabelle 8), um ausreichende Schutzmaßnahmen gegen transient auftretende Überspannungen zu sicherzustellen (Hosemann, 2000). Jegliche Steckvorrichtung muss die Anforderungen der Überspannungskategorie 2 erfüllen (vgl. Abs. 28.4.1, IEC 62196–3, 2012).

Tabelle 8 Überspannungskategorien nach (DIN EN 60664–1, 2008)

Überspannungskategorie	Beschreibung
Überspannungskategorie I	Geräte mit Überspannungsschutzeinrichtung. Der maximale Pegel muss extern auf den betreffenden Wert begrenzt werden.
Überspannungskategorie II	Geräte für kurzzeitige Spannungen bis 2,5 kV
Überspannungskategorie III	Geräte für kurzzeitige Spannungen bis 4 kV
Überspannungskategorie IV	Geräte für kurzzeitige Spannungen bis 6 kV

Dabei ist die Luftstrecke der kürzeste Abstand durch die Luft zwischen zwei elektrisch leitenden Teilen und die Kriechstrecke die kürzeste Entfernung entlang einer isolierenden Oberfläche zwischen zwei elektrisch leitenden Teilen. Ladestationen für Freiluftnutzung dürfen auch im Innenraum d. h. in geschlossenen Räumen benutzt werden, wenn die Grundlagen für eine ausreichende Belüftung vorhanden sind. Die Lüftungsanforderung im Ladebereich kann durch zusätzliche, optionale Funktionen der Ladestation bestimmt werden (vgl. Abs. 6.4.2, IEC 61851–23, 2012). Umgekehrt jedoch dürfen die für die Nutzung in geschlossenen Räumen ausgelegten Ladestationen nicht im Freien benutzt werden (vgl. Abs. 11.2, IEC 61851–1, 2010). Demnach müssen Ladestationen für die Innenraumnutzung bei Umgebungstemperaturen zwischen $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und solche für Freiluftnutzung zwischen $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (bei rel. Luftfeuchtigkeit:

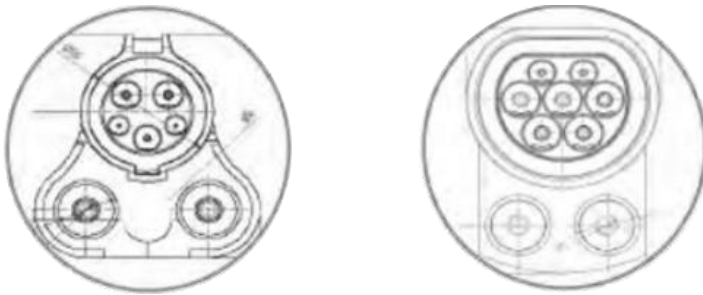
5 % – 95 %; Umgebungsdruck: 860 hPa – 1060 hPa) stets betriebsgemäß funktionieren. Durch nationale oder industrielle Vorschriften können andere Betriebstemperaturbereiche für Ladestationen festgelegt werden. (vgl. Abs. 11.8.2/3/4, IEC 61851–1, 2010). Zudem muss die Ladestation so konstruiert sein, dass die berührbaren Oberflächen auch bei hohen Umgebungstemperaturen nicht zu sehr erhitzt werden. Die maximal erlaubte Oberflächentemperatur für Teile der Ladestation, die zur Benutzung der DC–Schnellladestation gegriffen oder gehalten werden können, beträgt +50 C° für metallische und +60 C° für nichtmetallische Teile. Andere berührbare Teile, die aber nicht gegriffen werden können, dürfen eine Oberflächentemperatur von +60 C° für metallische und +85 C° für nichtmetallische Teile nicht überschreiten (vgl. Abs. 11.9, IEC 61851–1, 2010).

Wenn technische Systeme vermarktet werden, liefert die Sicherheit den primären, gesetzlichen Anker für die rechtliche Bewertung. Anhand der gesetzlichen Festlegungen lässt sich sodann erkennen wie diese Systeme ausgestaltet sein müssen. Kapitel 4 beschäftigt sich daher mit den rechtlichen Rahmenbedingungen von Schnellladestationen (mit Fokus auf die Lage in Deutschland und Frankreich) aus dem Blickwinkel der Sicherheit. Diese müssen in jedem Fall so ausgestaltet sein, dass sie keine Gefahr für ihre Nutzer bergen.

2.2.5 Ansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

Momentan werden unterschiedliche Systemansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen entwickelt (vgl. Abbildung 2–12). Es lassen sich vier Ansätze differenzieren, die von verschiedenen Zulieferern und Herstellern bevorzugt, gefördert und unterstützt werden. Die Ursprünge der Ansätze finden sich dabei in den Regionen China, Europa, USA und Japan.

Der europäische und der amerikanische Ansatz werden dabei gemeinsam betrachtet, da beiden demselben Prinzip, dem sogenannte Combined Charging System (CCS) zu Grunde liegt. Bei diesem Ansatz handelt es sich um die Kombination des Typ 1– (USA) bzw. des Typ 2– (Europa) Steckers (aus IEC 62196–2) mit zusätzlichen Pins für die DC–Schnellladung (s. Abbildung 2–10).



**Abbildung 2–10 Die CCS–Stecker, Links: Typ 1 CCS 85 mm x 90 mm (USA)
Rechts: Typ 2 CCS 75 mm x 100 mm (Europa) (aus Harper, 2012)**

In Japan existiert bereits seit dem Jahr 2010 ein Standard für schnelles Laden (s. Abbildung 2–11). Dieser unter dem Namen Chademo bekannte Standard, wurde von einem japanischen Industriekonsortium, bestehend aus den Unternehmen TEPCO, Nissan, Mitsubishi, Fuji Heavy Industries und Toyota, entwickelt und eingeführt.

Neben Europa, USA und Japan, wird in China zurzeit ein vierter Ansatz zum Schnellladen entwickelt. Welcher eine Kombination von Chademo und CCS darstellt. Während sich das Ladeprotokoll am japanischen Standard orientiert, dienen dem Design der Ladeschnittstelle die bereits bestehenden Standards für Mode 3 als Grundlage.

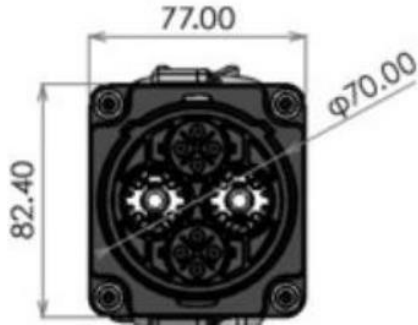


Abbildung 2–11 Chademo–Stecker (Yazaki, 2012)

2.2.6 Stand der Standardisierung

Langfristig gesehen ist es unabdingbar, dass sich auch in der Elektromobilität eine Standardisierung durchsetzt. Sowohl auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene ist die Dringlichkeit und Wichtigkeit einer einheitlichen Normierung angesichts der Marktsituation erkannt worden. Auf europäischer Ebene (Zuständigkeitsbereich des europäischen Komitees für Standardisierung (CEN) bzw. des europäischen Komitees für elektrotechnische Standardisierung (CENELEC)) hat sich eine entsprechende Fokusgruppe gebildet. Mit Vergabe des Normungsmandats M/468⁷ durch die EU–Kommission wurde die Bedeutung der Notwendigkeit zusätzlich unterstrichen. Letztlich aber wird eine alleinige europäische Normung oder gar deutsche für die Elektromobilität von der NPE der Bundesregierung als nicht ausreichend angesehen (Kalthoff, 2011).

Derzeit gibt es noch keinen gültigen internationalen IEC–Standard im Bereich des DC–Ladens. Neben der Norm IEC 62196–3 wird auch die Norm IEC 61851–23 für die elektrische Sicherheit, Harmonisierung,

⁷ Report on the Measuring Instruments Directive 2004/22/EC

Netzanbindung und Kommunikationsarchitekturen sowie IEC 61851–24 für die Kommunikation zwischen Ladesystem und Elektrofahrzeug erarbeitet. Für das Laden in Mode 1–3 gibt die EU-Kommission am 24.01.2013 an, dass der Typ 2 Stecker als einheitlichen Standard „zur gemeinsamen Norm für ganz Europa“ erklärt werden soll⁸.

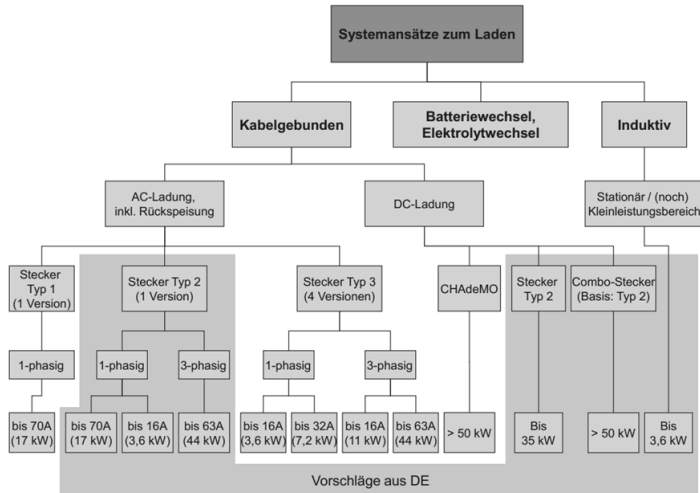


Abbildung 2–12 Übersicht der verschiedenen Systemansätze zum Laden von Elektrofahrzeugen (aus Hölk, 2012)

⁸ Agenturmeldung unter http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-40_de.htm (Abruf: 25.10.2013)

3 Techno-ökonomische Analyse der Systemansätze für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

Der Vergleich verschiedener technischer Systeme erfordert eine umfassende Analyse ökonomischer, ökologischer, technischer und sozialer Aspekte. In den meisten praktischen Entscheidungssituationen existiert keine dominierende Alternative, die im Vergleich zu den übrigen Alternativen gegebene Zielkriterien am besten erfüllt und daher von allen Entscheidern gewählt würde (Spengler, 1997). Es ist vielmehr zu beobachten, dass die Alternativen jeweils unterschiedliche Stärken und Schwächen aufzeigen, die es gegeneinander abzuwägen gilt. Dabei sind jedoch eine Vielzahl an Aspekten und Informationen zu beachten, wodurch eine Hilfestellung erforderlich ist, um eine effiziente und transparente Entscheidungsfindung zu gewährleisten (Geldermann, 2006). Die vorliegende Studie soll eine solche Hilfestellung bieten.

3.1 Vorgehen der techno-ökonomische Analyse

Momentan werden weltweit unterschiedliche Systemansätze für das Schnellladen entwickelt. Die Analyse dieser Arbeit beschränkt sich auf die bereits eingeführten vier Vertreter (s. Kapitel 2.2.3). Im Folgenden wird auf Grundlage der Definition des Schnellladens aus Kapitel 2.2 ein Zielsystem definiert (Kapitel 3.2). Im Anschluss werden die vier Schnellladesysteme im Hinblick auf ausgewählte Kriterien, die in

Kapitel 3.3 charakterisiert werden, in Kapitel 3.4 soweit je nach Möglichkeit bewertet bzw. gemessen und verglichen.

Die Bewertungskriterien stellen hierbei die Eigenschaften dar, anhand derer die verschiedenen Alternativen (vgl. Kapitel 2.2.3) untersucht werden. Sie definieren somit die Funktionen und Komponenten welche die Alternativen für den betrachteten Ladezyklus abdecken und besitzen müssen. Zur Identifizierung der Bewertungskriterien wurden das in Kapitel 3.2 abgegrenzte Zielsystems herangezogen, welches Zusammenhänge und Umwelt des Systems des Schnellladens von Elektrofahrzeugen ausführlich darstellt und somit eine Auswahl eines umfassenden Kriterienkatalogs zulässt. Darüber hinaus lassen sich weitere Kriterien aus der Arbeit (Shapiro und Varian, 1999) hinsichtlich des Wettbewerbs zwischen inkompatiblen Technologien, sogenannte Standardkriege, entnehmen⁹. Auf Bedeutung der einzelnen Kriterien und deren Relevanz für den Vergleich wird in den entsprechenden Unterkapiteln ihrer Charakterisierung (Kapitel 3.3) zusätzlich eingegangen. Die Kriterien werden zur besseren Vergleichbarkeit und Übersicht in die Kriterienbündel „Markteigenschaften“, „Investitionen“, „Benutzerfreundlichkeit“, „Sicherheit“ sowie „Ladebetriebsart und -verfahren“ gruppiert und in den folgenden Kapiteln erläutert wobei festgelegt wird welche Ausprägungen der Systeme möglich sind.

3.2 Zielsystem

Nach (Ropohl, 2009) ist ein System eine Ganzheit, die Beziehungen zwischen bestimmten Attributen aufweist, die aus miteinander verknüpften Teilen bzw. Subsystemen besteht und die auf einem bestimmten Rang von ihrer Umgebung abgegrenzt bzw. aus einem Supersystem ausgegrenzt wird. Demnach besteht ein System aus:

⁹ Siehe weiterführend auch (Christ und Slowak, 2010)

- Gegenständen (Subjekten oder Objekten)
- Relationen zwischen Gegenständen
- Aktionen die von Subjekten ausgehen oder auf Objekte ausgeübt werden können

Dieses sogenannte hierarchische Systemkonzept betont den Umstand, dass die Teile eines Systems wiederum als Systeme angesehen werden können und die Abgrenzung zwischen Super- und Subsystem wird deutlich. Betrachtungen in der Hierarchie abwärts, zeigen eine detailliertere Erklärung des Systems, während Betrachtungen in der Hierarchie aufwärts ein tieferes Verständnis der Bedeutung des Systems zur Folge hat (Mesarovic, 1969).

Um einen konduktiven Ladevorgang durchführen zu können bedarf es vieler Akteure, physischer Komponenten, verschiedensten Dienstleistungen und Protokollen (s. Abbildung 2–1). Als wesentlicher Kern eines Ladevorgangs lässt sich jedoch das Zusammenspiel von Elektrofahrzeug inklusive Batterie, dem Ladepunkt als Energiequelle und dem Ladekabel, welches Fahrzeug und Ladepunkt miteinander verbindet, abgrenzen. Ein Ladezyklus beinhaltet dementsprechend die Verbindung des Fahrzeugs mit dem Ladepunkt, das darauffolgende Aufladen der Batterie und das abschließende Trennen von Fahrzeug und Ladepunkt. Die folgende Analyse beschränkt sich bei der Darstellung des Zielsystems und der Bewertung der Alternativen auf einen solchen Ladezyklus als wesentlichen Kern des Ladevorgangs. Die betrachteten Gegenstände sind daher das Fahrzeug, der Ladepunkt und das Ladekabel. Das betrachtete Zielsystem stellt somit ein Subsystem des Netzwerks Elektromobilität aus Kapitel 2.1 dar (s. Abbildung 2–1). Es definiert ein allgemeines Schnellladesystem, an dessen Ladekomponenten und Merkmalen sich die zu untersuchenden Systeme messen lassen und ist in Abbildung 3–1 schematisch dargestellt.

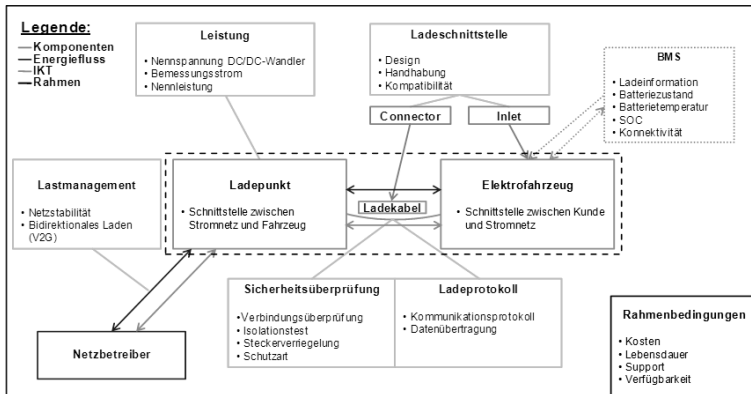


Abbildung 3–1 Zielsystem Schnellladen

Für die betrachteten Systeme ist jedoch nicht das gesamte Fahrzeug von Belang. Betrachtet werden lediglich bestimmte Ladekomponenten. Bei den Ladekomponenten beschränkt sich die Untersuchung zum einen auf die Kommunikationsschnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladekabel. Zum anderen wird die Hardwarekomponente der Steckerverbindung am Fahrzeug betrachtet, das sogenannte Inlet (s. Abbildung 2–3). Weitere Ladekomponenten sind nicht Teil des vorliegenden Subsystems. Ebenfalls ausgeschlossen sind die Kommunikationsschnittstellen zwischen dem Fahrzeug und seinem direkten Umfeld in Form von Kunde und Elektromobilitätsdienstleister.

Die Infrastrukturseite umfasst den Ladepunkt und das Ladekabel. Bei Laden mit hohen Ladeströmen ist das Ladekabel aus Sicherheitsgründen und als Schutz vor Vandalismus fest mit dem Ladepunkt verbunden (E DIN EN 61851–23, 2012). Daher ist für die weitere Betrachtung des Ladekabels vor allem die Steckerverbindung zur Fahrzeugseite interessant, der sogenannte Connector (s. Abbildung 2–3).

Die Betrachtung des Ladepunktes beschränkt sich auf die Ladestation als Energiequelle. Weitere Komponenten wie Fundament, Parkplatz,

Anschluss, etc. werden ausgegrenzt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird daher nur noch der Begriff Ladestation verwendet um die Abgrenzung zu verdeutlichen. Bei der Ladestation liegt das Hauptaugenmerk auf dem Leistungsprofil des Off-Board Ladegeräts, sowie der Kommunikationsschnittstellen und der Leistungsübertragung von Ladesäule zu Fahrzeug und von Ladesäule zu Netzbetreiber. Da die Abrechnungsmethoden verschiedener Betreiber unterschiedlich definiert werden können, werden diese Methoden nicht weiter untersucht. Design, Herstellung, Installation und Handhabung der Ladestation sind ähnlich wie beim Fahrzeug für den Ladevorgang von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich und liegen ebenfalls nicht im Rahmen der im Folgenden betrachteten Systeme.

Zur Beziehung zwischen den Elementen wird die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation, sowie die Kommunikation zwischen Ladestation und Stromlieferant betrachtet. Bei der Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Station liegt ein besonderes Augenmerk auf dem zu Grunde liegenden Ladeprotokoll und den durchgeführten Sicherheitsüberprüfungen. In die Untersuchung fließen neben den oben genannten Komponenten zusätzlich Rahmenbedingungen ein. Dazu gehören die Kosten der verschiedenen Systeme, sowie deren momentane und zeitnahe Verfügbarkeit. Des Weiteren wird untersucht welches System von führenden Herstellern sowohl auf Fahrzeug- als auch Infrastrukturseite unterstützt und gefördert wird.

3.3 Charakterisierung der Kriterien

3.3.1 Markteigenschaften

Um eines der Schnellladesysteme flächendeckend zu etablieren, ist die Unterstützung von Stakeholdern entscheidend. Daher wird der Markt für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen dahingehend

verglichen, welches System durch welche Stakeholder favorisiert und gefördert wird und welche Vorteile die Unterstützer jeweils für den jeweiligen Ansatz bringen. Je umfassender sich diese Unterstützung ausgestaltet, desto größer sind die Chancen, dass sich auch die Standardisierungsinstitute und Kommissionen auf dieses geförderte Systeme als Standard festlegen.

3.3.1.1 Allianzen

(Hornung et al., 2006) und (Slowak, 2012) erweiterten die von (Shapiro und Varian, 1999) entwickelten Erfolgskriterien für Standardkriege um den Aspekt der Allianzen und ihrer Organisationsform. Allianzen können dabei helfen die Verbreitung eines Standards zu steigern, denn zum einen sind Mitglieder der Allianzen potenzielle Nutzer des Standards und zum anderen können Arbeiten an einem Standard innerhalb der Allianzen nach Kompetenzen verteilt werden. Allianzen können in Netzwerkmärkten helfen den Nutzer davon zu überzeugen, dass sich der eigene Standard durchsetzen wird, sobald viele namhafte Unternehmen zu der Allianz gehören¹⁰.

3.3.1.2 Kontrolle über bestehende Kundenbasis

Laut (Shapiro und Varian, 1999) ist eine große bestehende Kundenbasis einer der entscheidenden Faktoren in Standardkriegen. Eine Kundenbasis kann entweder durch Kundentreue oder durch den Lock-In-Effekt an einen Hersteller gebunden sein. Viele Kunden haben aufgrund positiver Erfahrungen eine Bindung zu ihrer bisherigen Fahrzeugmarke. Häufig besteht zusätzlich eine persönliche Bindung zum bisherigen Fahrzeughändler und der Fachwerkstatt.

¹⁰ Ein Beispiel für einen Standard-Konflikt, in dem Allianzen entscheidenden Einfluss besaßen, ist der Konflikt um das für das Internet genutzte Kommunikationsprotokoll zwischen Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) und Open Systems Interconnection (OSI). Obwohl TCP/IP einen eindeutigen Initiatorvorteil besaß und deutlich leichter in Endprodukte zu implementieren war, konnte OSI aufgrund starker Allianzen lange konkurrieren, wenn auch sich TCP/IP letztlich bekanntermaßen durchsetzte (Hornung et al., 2006).

3.3.1.3 Bekanntheitsgrad und Markenstärke

Beim Angebot einer einheitlichen Schnellladung für Elektrofahrzeuge handelt es sich um Netzwerkmärkte, bei denen der Nutzen durch zusätzliche Nutzer zunimmt, da in diesem Fall mehr Ladestationen eines entsprechenden Ansatzes aufgestellt werden und die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sich für den Ansatz ein Standard in Zukunft durchsetzen wird. Speziell bei Netzwerkmärkten ist der Bekanntheitsgrad einer Marke entscheidend, denn die Nutzer müssen neben der der Güte des Produktes auch vom zukünftigen Vorhandensein der Marke bzw. des Ansatzes überzeugt werden (Shapiro und Varian, 1999).

3.3.1.4 Fähigkeit zur Innovation

Die Fähigkeit zur Innovation versetzt Unternehmen in die Lage, schnellstmöglich auf Aktionen eines Konkurrenten zu reagieren (Shapiro und Varian, 1999)¹¹. Gemessen werden kann die Fähigkeit anhand Indikatoren wie Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie Patentanmeldungen.

¹¹ Als Beispiel sei der Konflikt um den Farbfernseher-Standard in den USA in den 1950er Jahren genannt. CBS, eine der schon damals führenden Sendeanstalten, präsentierte der amerikanischen Regulierungsbehörde für Funkdienste (Federal Communications Commission, FCC) 1950 einen Entwurf für ein Farbfernseher-System, das mit den bisherigen Schwarz-Weiß-Geräten inkompatibel war. Zeitgleich arbeitete RCA, damals einer der größten Hersteller von Schwarz-Weiß-Fernsehern, an einem System, dass die Abwärtskompatibilität erhalten sollte, aber jedoch noch nicht fertig entwickelt war. Infolgedessen ließ die FCC das CBS-System als Standard zu und CBS sendete 1951 erstmals in Farbe. Aufgrund der Inkompatibilität und der hohen Preise verbreitete sich das CBS-System jedoch nur schleppend. RCA nutzte seine Innovationsfähigkeit und Forschungsstärke, um das eigene System innerhalb von zwei Jahren zur Marktreife zu bringen. In dieser Zeit sammelten sie Unterstützer im National Television Systems Committee (NTSC) und konnten sich so bei einer erneuten Vorführung vor der FCC durchsetzen. So revidierte diese ihre Entscheidung und legte das RCA-System unter dem Namen NTSC als Farbfernseher-Standard fest.

3.3.1.5 Initiatorvorteil

Laut (Shapiro und Varian, 1999) besitzt ein Teilnehmer des Standardkriegs einen entscheidenden Vorteil, sobald er einen Erfahrungsvorsprung bei der Produktentwicklung besitzt und auf der Lernkurve bzw. Erfahrungskurve weiter vorangeschritten ist. Die üblichen Degressionsätze pro Verdoppelung der Produktionsmenge liegen hierbei für Erfahrungskurven bei ca. 20–30 % und gelten sowohl für eine einzelne Firma, als auch für den Industriezweig als Ganzes. Zu einer Etablierung eines Systems gehört zudem, dass das zu etablierende System vorher ausgiebig getestet wurde. Daher ist es wichtig vor einem flächendeckenden Einsatz eine ausreichende Zeitspanne für Feldversuche einzurichten. Von dieser Testphase hängt es ab, ab wann ein System für den Markt zugänglich ist. Verglichen wird daher die zeitliche Verfügbarkeit der Systeme. Je früher die Testphase abgeschlossen ist und das System zur Marktreife gebracht wurde, desto schneller lässt sich eine einheitliche Infrastruktur für Schnellladen aufbauen. Daher ist es wichtig, die Schnellladesysteme so früh wie möglich verfügbar und einsatzbereit zu machen.

3.3.1.6 Staatliche Förderung und Leitmärkte

Aufgrund von Lobbyismus und dem Wunsch nationale Unternehmen zu stärken um Arbeitsplätze zu erhalten oder zu schaffen, könnten staatliche Akteure geneigt sein, Systemansätze aus der eigenen Region zu bevorzugen. Vor allem in frühen Phasen des Standardkriegs können staatliche Akteure durch Subventionen oder protektionistische Maßnahmen Einfluss nehmen (Slowak, 2012). Daher gehört staatliche Förderung laut (Hornung et al., 2006) zu den Kriterien, die Standardkriege entscheiden können.

3.3.2 Investitionen

Neben technischen und anwendungsspezifischen Merkmalen von Schnellladestationen, spielen bei öffentlicher Ladeinfrastruktur deren Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. Der Aufbau einer Infrastruktur für Schnellladesysteme stellt eine relativ große Investition dar, weshalb diese für die Installation, den Betrieb und die Station selbst nicht zu vernachlässigen sind. Die anfallende Investition bei der Installation (Erdarbeiten für Kabel, verstärkter Netzanschluss, Anbindung an ein Backend, etc.) für eine Ladestation liegt auf Grund der aufwändigen Hardwarekomponenten i.d.R. über 10.000 EUR. Ein Vergleich der verschiedenen Investitionen ist jedoch nur unter Einschränkung sinnvoll, da diese je nach Installationsort stark variieren können. Je nachdem an welchem Ort eine solche Station aufgestellt werden soll, müssen unter Umständen z. B. zusätzliche Stromleitungen verlegt oder erhebliche Erdarbeiten durchgeführt werden. Außerdem sind die eingesetzten Hardwarekomponenten bei den unterschiedlichen Schnellladesystemen größtenteils identisch, weshalb die reinen Investitionen für die Komponenten der Stationen in ähnlichen Bereichen liegen. Bei der Betrachtung der Investitionen für die Schnellladesysteme gilt es dabei sowohl die Investitionen für die Ladestationen, als auch fahrzeugseitig anfallende Investitionen zu beachten.

3.3.3 Benutzerfreundlichkeit

Die Ladeschnittstelle bezeichnet das fahrzeugseitige Inlet und den passenden Connector des Ladekabels. Von Interesse ist in diesem Zusammenhang vor allem die Handhabung für den Kunden, also was der Nutzer tun muss um die Ladeschnittstelle zu schließen. Dafür ist hauptsächlich das Design von Connector und Inlet verantwortlich.

3.3.3.1 Design & Handhabung

Nach heutigem Stand der Technik handelt es sich bei konduktiven Ladeschnittstellen um einfache Steckverbindungen, bei denen der Connector ohne zusätzlichen Aufwand in das Inlet gesteckt wird. Beim Design des Connectors ist vor allem darauf zu achten, dass dieser nicht zu schwer und einfach zu handhaben ist. Weiterhin sollte beim Design möglichst auf zusätzliche bewegliche Teile am Connector verzichtet werden, da diese als Verschleißteile unter Umständen außerplanmäßige Kosten verursachen können und die Bedienung der Steckverbindung nur unnötig verkomplizieren.

3.3.3.2 Kompatibilität

Außerdem interessant, vor allem im Hinblick auf Kundenkomfort, ist die Kompatibilität der Ladeschnittstelle. Also die Möglichkeit einer nicht typengebundenen Schnittstelle, die in jedem Fahrzeug verbaut und von jedem Benutzer verwendet werden kann. Kompatibilität bedeutet in diesem Zusammenhang auch die Anzahl der benötigten Inlets für die verschiedenen Ladearten. Aus Sicht des Kunden wäre es hier wünschenswert, wenn mit einem Connector und einem Inlet alle Ladearten von Mode 1–4 abgedeckt werden könnten.

3.3.4 Sicherheit

Die elektrische Spannung der Hochvolt-Traktionsbatterien liegt heutzutage im Bereich von $U_{-} = 300\text{--}600\text{ V}$. Diese Spannung liegt während des Ladevorgangs zwischen der DC-Ladesäule und dem Fahrzeug an. Da die Spannung deutlich über der zulässigen unbedenklichen Berührungsspannung, der sogenannten Kleinspannung (IEC 60449, 1973) von bis zu $U_{-} = 60\text{ V}$ liegt, ist die elektrische Betriebssicherheit von hoher Wichtigkeit. Unter dem Kriterienbündel Sicherheit werden deshalb die Vorkehrungen in den elektrischen Betriebsmitteln der DC-Ladestation und –Verbindung gegen eine

elektrische Gefährdung betrachtet. Unter einer elektrischen Gefährdung ist die Möglichkeit eines gesundheitlichen Schadens durch einen menschlichen Kontakt mit einer unter elektrischer Energie stehenden Komponente zu verstehen.

Das gesamte Gebiet der elektrischen Sicherheit besteht aus einem komplexen Feld unterschiedlicher Fachdisziplinen. Zur Sicherstellung der elektrischen Sicherheit sollten komplexe Interaktionen zwischen den einzelnen Fachgebieten betrachtet werden. Beispielsweise muss die chemischen–physikalischen Langzeitstabilität der verwendeten Isolationsmaterialien und die elektrischen Leiter betrachtet werden, der Einfluss widriger Umgebungsbedingungen, die Exposition von Anlagenteilen gegenüber aggressiven Stoffen, mechanische Materialermüdungen, der Schutz vor missbräuchlichem Umgang mit der technischen Einrichtung und Vandalismus. Dies stellt nur einen Bruchteil der Parameter im Betrachtungsraum der elektrischen Sicherheit dar. Sämtliche möglichen Fälle sind im Vorhinein in voller Fülle schwer einzeln zu betrachten. Deshalb gibt es erfahrungsbasierte Anwendungsregeln, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Diese Anwendungsregeln sind in einer Vielzahl internationaler und nationaler Normen zusammengefasst. Für die Durchführung der Analyse besteht die Herausforderung, entsprechende Kriterien in diesem komplexen Umfeld zu definieren. Normative Mindestanforderungen sollten von jeder Technik, die in den Marktumlauf gebracht werden, erfüllt werden. Entsprechend müssen alternative Schutzmaßnahmen ergriffen werden, die mindestens einen äquivalenten Schutz darstellen. Die Analysen der Betriebssicherheit basieren auf den IEC–Normen 61851 (IEC 61851–1, 2010) und 62196 (IEC 62196–1, 2011), die in vielfältiger Weise Anforderungen weiterer Normen beinhalten.

Viele Einzelkriterien, etwa der Schutz vor Fremdkörpern, Berühren und Wasser, lassen sich nur anhand eines Produktes, d. h. der konkreten Interpretation einer Norm beurteilen. Dabei gilt die Beurteilung nur für das jeweilige Produkt. Da in dieser Studie jedoch prinzipiell

verschiedene Schnellladeansätze untersucht werden ohne die direkte Analyse einzelner Produkte, ist es nur möglich, anhand der Analyse vieler Kriterien prinzipielle Unterschiede herauszuarbeiten. Bewusst wurden beim Verfassen dieser Studie jedoch die tiefer gehenden technischen¹² Kriterien „Schutzleiterbehandlung“, „elektrische Grenzwerte und Notwendige Überwachungseinrichtungen“ sowie „Schutzart“ definiert, die auch für den direkten Vergleich von Produkten geeignet sind, um dem interessierten Leser für diesen Anwendungsfall einen Leitfaden zu geben.

3.3.5 Ladebetriebsarten und –verfahren

3.3.5.1 Ladeprotokoll (COM–Protokoll, Datenübertragung)

Um den Ladevorgang des Ladens steuern und kontrollieren zu können ist für das erfolgreiche Laden eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation zwingend erforderlich. Ein Kommunikationsprotokoll welches festlegt wie, wann und in welcher Reihenfolge Fahrzeug und Ladestation miteinander kommunizieren ist daher erforderlich. Bei der Reihenfolge der Kommunikation wird festgelegt an welcher Stelle, welche Sicherheitsüberprüfungen durchgeführt und Informationen und Parameter übermittelt werden. Das Ladeprotokoll beinhaltet ebenfalls die Definition der Daten– und Parameterübermittlung, also die technische Umsetzung der Datenübertragung.

3.3.5.2 Lastmanagement (Netzstabilität, Bidirektionales Laden)

Das Lastmanagement nimmt besonders hinsichtlich der öffentlichen Schnellladung eine wichtige Position ein, da im Gegensatz zum priva-

¹² Neben den technischen Aspekten der Sicherheit stellt diese zusätzlich den primären, gesetzlichen Anker für die rechtliche Bewertung dar, wenn technische Systeme vermarktet werden. Anhand der gesetzlichen Festlegungen lässt sich sodann erkennen wie diese Systeme ausgestaltet sein müssen. Kapitel 4 beschäftigt sich daher mit den rechtlichen Rahmenbedingungen von Schnellladestationen aus dem Blickwinkel der Sicherheit mit einem Fokus auf die Situation in Deutschland und Frankreich.

ten und halb-öffentlichen Laden mit Mode 2 oder 3 beim Schnellladen innerhalb kürzester Zeit große Strommengen abgerufen werden. Die Batteriekapazität eines BEV von etwa 25–30 kWh muss bei einem Schnellladevorgang binnen kurzer Zeit aus dem Netz entnommen werden. Schnellladevorgänge haben daher durch die resultierenden Lastspitzen mit zunehmender Fahrzeuganzahl einen großen Einfluss auf das Energienetz (vgl. Kabisch, 2010).

Mit Zunahme der Anzahl der Ladestationen wird es zudem schwieriger diese zu überwachen und zu steuern, um damit Netzstabilität zu gewährleisten. Grundvoraussetzung ist dabei insbesondere bei Schnellladestationen ein intelligentes Lastmanagement und eine intelligente Vernetzung und Kommunikation zwischen den Stationen und den jeweiligen Netzbetreibern. Das somit entstehende intelligente Stromnetz (smart grid) ist in der Lage Netzüberlastungen zu erkennen und diesen entgegenzuwirken. Die Leistungs- und Energiedaten der Ladesäule werden hierfür kontinuierlich aufgezeichnet und von übergeordneten Informationssystemen ausgelesen¹³.

Eine weitere Möglichkeit Stromspitzen abzuschwächen bietet das sogenannte intelligente oder bidirektionale Laden. Das bidirektionale Laden ist eine Zukunftsoption, bei der nicht nur Energie in die Fahrzeugbatterie eingespeist wird, sondern auch die Möglichkeit besteht, die Energie wieder aus der Fahrzeugbatterie zu entnehmen (bidirektionale Verbindung). Sofern die technischen Voraussetzungen sowohl fahrzeugseitig als auch auf Seiten der Infrastruktur geschaffen sind, können die Fahrzeugbatterien genutzt werden, um z. B. Schwankungen in Stromangebot und –nachfrage am Energiemarkt auszugleichen. Voraussetzung für einen solchen Ausgleich ist jedoch eine ausreichend

¹³ Ist z.B. vorhersehbar, dass der aktuelle Stromverbrauch einer Region einen definierten Grenzwert erreicht, greift ein regelbasiertes Energie-Management korrigierend ein. Es kann im gegebenen Fall Fahrzeuge mit niedriger Priorität für den Zeitraum hoher Netzauslastung vom Netz nehmen, oder der maximale Ladestrom gleichmäßig für alle Ladestationen im Netz absenken (vgl. Temme, 2010).

große Zahl von Fahrzeugen, damit das nutzbare Speichervolumen der Fahrzeugbatterien aus energiewirtschaftlicher Sicht eine relevante Dimension erreicht. Dieses bidirektionale Laden spielt bei der betrachteten schnellen Zwischenladung allerdings nur eine untergeordnete Rolle, da der Nutzer bei Schnellladungsvorgängen geringe Standzeiten hat und den Ladevorgang nach heutigem Stand nicht für eine Rückspeisung seiner Batteriekapazität verwenden wird (vgl. GGEMO, 2010). Sollte dies in Zukunft jedoch eine Option werden, lässt sich bidirektionales (oder zumindest lastvariables) Laden mit Hilfe der Powerline Communication (PLC) ohne zusätzliche Erweiterungen realisieren. Die Verwendung des CAN-Protokolls hingegen macht zusätzliche Kommunikationserweiterungen notwendig (vgl. Kissel, 2010).

Dieses zur Gewährleistung der Netzstabilität eingesetzte Energie-Management, ist in gewissem Grad von der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation abhängig. Je mehr Informationen zwischen diesen beiden Komponenten fließen, desto mehr Informationen stehen dem Energie-Management zur Verfügung. Dadurch haben auch in Bezug auf das Lastmanagement und die Netzstabilität die Systeme die über PLC kommunizieren Vorteile. Generell beschränken sich die Schnellladesysteme jedoch auf die Definition der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule. Wie intelligent die Ladesäule im Endeffekt mit dem smart grid vernetzt wird, liegt in erster Linie in der Hand des Netzbetreibers. Auch wenn PLC in dieser Hinsicht fortschrittlicher ist, lässt auch eine Datenübertragung über das CAN-Protokoll eine intelligente Vernetzung der Ladestationen und somit die Einbindung in das smart grid zu.

3.4 Messung der Zielerträge

Im folgenden Kapitel werden die Ausprägungen der Alternativen hinsichtlich der Bewertungskriterien gemessen.

3.4.1 Markteigenschaften

3.4.1.1 Allianzen

Im August 2009 gründeten Mitsubishi, Nissan, Fuji Heavy Industries (Subaru) und Tepco eine Arbeitsgruppe, die zum Ziel hatte, den japanischen Schnellladestandard weiterzuentwickeln. Diese Arbeitsgruppe wurde direkt durch das japanische Ministerium für Wirtschaft und Industrie (METI) gefördert. Nachdem sich Toyota dieser Arbeitsgruppe angeschlossen hatte, ging aus ihr im März 2010 das Chademo-Konsortium hervor (Slowak, 2012). Die Organisationsstruktur des Konsortiums sieht drei verschiedene Arten von Mitgliedern vor: Vorstandsmitglieder, reguläre Mitglieder und Unterstützer. Bei den Vorstandsmitgliedern handelt es sich um die fünf Gründungsmitglieder. Die Zentrale befindet sich laut Satzung dauerhaft am Firmensatz Tepcos in Tokyo. Der Status als Unterstützer oder reguläres Mitglied steht jedem gegen eine jährliche Mitgliedsgebühr von 100.000 Y (≈ 1.000 EUR) bzw. 500.000 Y (≈ 5.000 EUR) offen (Chademo Association, 2012a). Aktuell existieren 168 reguläre Mitglieder und 198 Unterstützer, eine genaue Auflistung findet sich in (Chademo Association, 2012d). Die genauen Chademo-Spezifikationen und Kommunikationsprotokolle sind lediglich Mitgliedern des Konsortiums zugänglich. Mitglieder erhalten zudem die Möglichkeit, ihre Produkte als Chademo-konform lizenzieren zu lassen, und dürfen infolge dessen das Chademo-Logo nutzen (Abbildung 3–2). Chademo hat sich durch das Konsortium als starke Marke für Ladestandards etablieren können (Slowak, 2012).

Das CCS wurde im Jahre 2012 erstmals von den deutschen und amerikanischen Automobilherstellern Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors, Porsche und Volkswagen vorgestellt. CCS wird vor allem vom amerikanischen Automobilverband (SAE) und seinem europäischen Pendant, der ACEA, vorangetrieben. Im Gegensatz zu Chademo wurde dazu jedoch keine eigene Organisation gegründet. Laut SAE arbeiten mehr als 100 internationale Firmen an dem Standard, diese sind jedoch anders als bei Chademo nicht alle ausgewiesen (Pokrzywa und Wilson, 2011). Der Standard firmiert je nach Ausgestaltung unter verschiedenen Bezeichnungen (wie SAE CCS, J1772 CCS, CCS 1/CCS 2 sowie Typ 1/Typ 2–CCS). Es existiert ein Logo welches jedoch nicht durchgehend verwendet wird (Abbildung 3–2).

Im Gegensatz zu den anderen beiden Systemen, wird das chinesische System ausschließlich für den chinesischen Markt entwickelt. Es wird daher nicht in anderen Ländern installiert und dadurch auch nur von chinesischen Fahrzeugherstellern gefördert.



Abbildung 3–2 Chademo– und CCS–Logo (Chademo Association, 2012d; GM, 2012)

Laut (Slowak, 2012) ist eine mehrschichtige Organisationsstruktur mit heterogenen Mitgliedertypen, wie Chademo sie besitzt, optimal für die Durchsetzung eines großen Systems wie der Schnellladung. Bereits bestehende Verbandsstrukturen sind „...nicht auf die Standardsetzungsthematik zugeschnitten“ (Slowak, 2012). Da Chademo im Gegensatz zu CCS zudem als Marke etabliert ist, besitzt es unter dem Aspekt Allianzen (und der einhergehenden Organisationsstruktur) einen deutlichen Vorteil gegenüber CCS und dem chinesischen Ansatz.

3.4.1.2 Kontrolle über bestehende Kundenbasis

Für den Report der Deutschen Automobil Treuhand GmbH (DAT-Report) 2012 (Michel et al., 2012) wurde 1.427 repräsentativ ausgewählten Neuwagenkäufern ein halbes Jahr nach dem Fahrzeugkauf folgende Frage gestellt: „Einmal angenommen, Ihr jetziger Wagen würde Ihnen heute gestohlen und Sie bekämen den vollen Kaufpreis ersetzt. Welches Modell würden Sie sich in diesem Falle kaufen?“. 92 % der Befragten gaben an, erneut das gleiche Modell zu kaufen, 6 % würden ein anderes Modell der gleichen Marke wählen, und lediglich 2 % würden auf ein Fahrzeug einer anderen Marke wechseln. Die prospektive Markentreue erreichte folglich 98 %. Eine repräsentative Umfrage von 1.632 Fahrzeughaltern, die ihre Fahrzeuge im Durchschnitt vor 4,9 Jahren gekauft hatten, liefert andere Ergebnisse: Die Fahrzeughalter gaben zu 59 % an, erneut das gleiche Fahrzeug, und zu 24 % ein weiteres Fahrzeug gleicher Marke zu kaufen. 14 % gaben an die Marke wechseln zu wollen, und 3 % machten keine Angaben. In dieser Kundengruppe lag die prospektive Markentreue folglich bei 83 %. Die anhand von Fahrzeugkäufen ermittelte Markentreue war erneut signifikant geringer. Lediglich 53 % der Neuwagenkäufer kauften tatsächlich erneut ein Fahrzeug der bisherigen Marke. Die wesentlichen Gründe für diese Diskrepanz sind laut (Michel et al., 2012) neu auf den Markt kommende Modelle sowie Marketing- und Rabattaktionen der Hersteller. Selbst wenn von der niedrigsten, also der real festgestellten Markentreue von 53 % ausgegangen wird, können dennoch Abschätzungen zu den Potentialen der verschiedenen Schnellladesysteme auf Grund dieser Eigenschaft gemacht werden. Es wird davon ausgegangen, dass alle Hersteller auch Elektrofahrzeuge mit den entsprechenden Schnellladesystemen anbieten. In Tabelle 9 wird die Anzahl der produzierten Fahrzeuge für verschiedene Fahrzeughersteller im Jahr 2010 dargestellt. Produktionszahlen sind in der Automobilbranche als Indikator für die Marktanteile gebräuchlich (vgl. Doerr, 2011).

Das Chademo-Konsortium wurde 2010 von den Automobilherstellern Nissan, Mitsubishi, Fuji Heavy Industries (Subaru) und Toyota gegründet (Slowak, 2012). Die Produktionszahlen dieser Hersteller lagen 2010 kumulativ bei rund 12,1 Mio. produzierten Pkw und insgesamt 14,3 Mio. produzierten Fahrzeuge (inkl. Kleintransporter, Lkw und Bussen). Bei einer angenommenen Kundentreue von 53 % ergeben sich also etwa 6,4 Mio. künftige Käufer als Untergrenze für Pkw (7,6 Mio. für alle Fahrzeuge). Hinter CCS steht keine dedizierte Organisation. Es wurde jedoch 2012 erstmalig von den Automobilherstellern Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors, Porsche und Volkswagen vorgestellt. Gemeinsam haben diese 2010 ca. 19,6 Mio. Pkw bzw. knapp 26 Mio. Fahrzeuge produziert. Daraus ergibt sich eine untere Schranke von etwa 10,4 Mio. bzw. ca. 13,7 Mio. potentieller Käufer. Bei der Betrachtung der Gruppe der Gründungsmitglieder ergeben sich folglich für CCS signifikant höhere Kundenbasen. Bei den Pkw liegt die Kundenbasis um ca. 63 % und bei Fahrzeugen im Allgemeinen sogar um 80 % höher.

Tabelle 9 Produktionszahlen der Unterstützer von Chademo und CCS weltweit im Jahr 2010. (eigene Darstellung, Daten aus OICA, 2010; Pigott und Schippers, 2011; Volvo, 2011; Gregor et al., 2012;) *CCS & Chademo, ** Chinesischer Automobilhersteller & Chademo

Marke	CCS		Marke	Chademo	
	Gesamt	Pkw		Gesamt	Pkw
Toyota *	8.557.351	7.267.535	Toyota*	8.557.351	7.267.535
GM	8.476.192	6.266.959	Nissan	3.982.162	3.142.126
Volkswagen	7.341.065	7.120.532	Honda	3.643.057	3.592.113
Hyundai	5.764.918	5.247.339	PSA*	3.605.524	3.214.810
PSA*	3.605.524	3.214.810	Suzuki	2.892.945	2.503.436
Ford	4.988.031	2.958.507	Mazda	1.307.540	1.233.862
Renault	2.716.286	2.395.876	Mitsubishi	1.174.383	1.056.666
Fiat	2.410.021	1.781.385	Fuji (Subaru)	649.954	595.465
Daimler AG	1.940.465	1.351.372	Volvo*	565.085	373.525
Chrysler	1.578.488	340.205	BYD**	521.232	521.232
BMW	1.481.253	1.481.253	Isuzu	488.484	–
Volvo*	565.085	373.525			
Jaguar Land Rover	240.905	240.905			
MAN	127.729	–			
Porsche	95.529	95.529			
DAF	318	318			
Summe	49.889.160	40.136.050	Summe	27.387.717	23.500.770

Die Betrachtung der Produktionszahlen aller Unterstützer gestaltet sich etwas schwieriger, da Toyota, PSA (Citroën–Peugeot) sowie Volvo beide Systeme unterstützen bzw. beide Systeme erforschen und testen. Gemeinsam produzierten diese etwa 10,9 Mio. Pkw bzw. 12,7 Mio. Fahrzeuge. Die Produktionszahlen dieser Hersteller werden im Folgenden in die Berechnungen beider Systemansätze einfließen. Die Unterstützer von Chademo kommen insgesamt auf ca. 27,4 Mio. produzierte Fahrzeuge, bzw. 23,5 Mio. produzierte Pkw. Sie repräsentieren fast als 39 % der PKW– bzw. mehr als 35 % der gesamten Fahrzeugproduktion der 50 größten Fahrzeughersteller weltweit. Als Kundenbasen ergeben sich ca. 14,5 Mio. bzw. 12,5 Mio. Kunden. Die Unterstützer des CCS Systems kommen zusammen auf fast 50 Mio.

produzierte Fahrzeuge, davon etwa 40,2 Mio. Pkw. Es ergeben sich knapp 26,5 Mio. bzw. 21,3 Mio. gebundene Kunden. Mehr als 64 % der weltweiten Fahrzeugproduktion und mehr als 66 % der globalen Pkw-Produktion entfallen auf die Unterstützer von CCS. Die Kundenbasen sind für Fahrzeuge insgesamt etwa 82 % und für Pkw ca. 91 % größer.

Tabelle 10 Produktionszahlen der chinesischen Automobilhersteller weltweit im Jahr 2010. (eigene Darstellung, Daten aus OICA, 2010; Pigott und Schippers, 2011; Volvo, 2011; Gregor et al., 2012)

chinesische Automobilhersteller		
Marke	Gesamt	Pkw
Chana Automobile	1.102.683	929.195
First Automotive Works	896.060	780.507
GEELY	802.319	802.319
Chery Automobile	692.438	685.103
Dongfeng Motor	649.559	350.041
Beijing Automobile Works	615.725	13.138
BYD**	521.232	521.232
Anhui Jianghuai Automobile	439.327	200.730
Brilliance China Auto	434.182	226.840
Great Wall	398.692	294.321
SAIC	346.525	240.439
Hafei Motor	215.558	154.377
Jinagxi Changhe	190.906	154.668
Jinagxi Jiangling Automotive	173.577	460
Hunan Jiangnan Automobile	135.648	135.648
Lifan	126.402	71.090
Fujian Motor	126.362	115.560
Shandong Kaima Automobile	108.422	–
Summe	7.975.617	5.675.668

Eine Untersuchung der Kundenbasis für den chinesischen Ansatz kann nur ansatzweise durchgeführt werden, da nicht klar ist welche der in Tabelle 10 dargestellten chinesischen Automobilhersteller tatsächlich den chinesischen Ansatz unterstützen. Wird vom Fall ausgegangen,

dass alle chinesischen Automobilhersteller den chinesischen Ansatz unterstützen, kommen diese auf ca. 8 Mio. verkaufte Fahrzeuge (bzw. 5,7 Mio verkaufte Pkw) was etwa einem Sechstel bzw. einem Drittel der Fahrzeugproduktion der CCS- bzw. Chademo-Unterstützer entspricht (Abbildung 3-4).

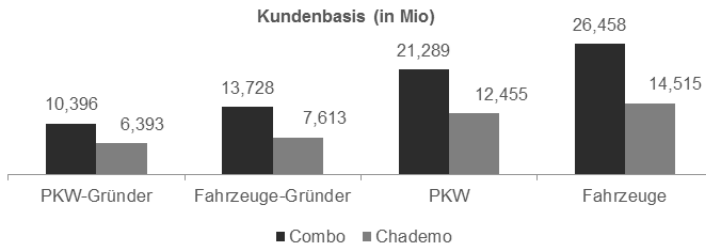


Abbildung 3–3 Abschätzung einer unteren Schranke von Kundenbasen von CCS und Chademo auf Basis von Kundentreue (eigene Darstellung, Daten aus OICA, 2010)

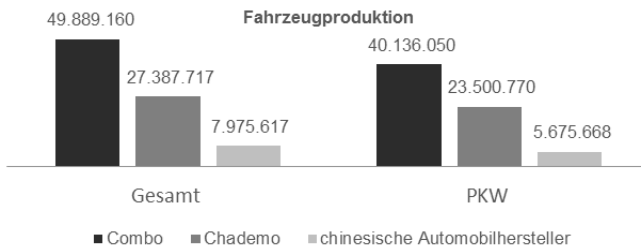


Abbildung 3–4 Fahrzeugproduktion der unterstützenden Hersteller (Daten aus OICA, 2010)

Zusammenfassend zeigt sich bei der voranstehenden Betrachtung, dass das CCS auf die größere kontrollierte Kundenbasis (siehe Abbildung 3–3 & Abbildung 3–4) zurückgreifen kann¹⁴.

¹⁴ Es gibt jedoch verschiedene Beispiele von Standardkriegen, wie z. B. den Kampf um den Standard für Farbfernsehen in den USA in den 50ern (RCA vs. CBS) oder den Kampf um den nächsten Standard für Videospiele in den 1980ern (Atari vs. Nintendo), die zeigen, dass Dominanz in einer Generation nicht automatisch dazu führt, dass sich der eigene Standard auch in der nächsten Generation durchsetzt. (Shapiro und Varian, 1999) schließen daraus, dass die Dominanz in einem Kriterium allein nicht ausreicht.

3.4.1.3 Bekanntheitsgrad und Markenstärke

Mit BMW, Mercedes, Volkswagen, Ford, Audi und Hyundai sind sechs der zehn wertvollsten Marken (nach einer Erhebung des amerikanischen Marktforschungsinstituts MillwardBrown für das Jahr 2012 (Optimor, 2012) Unterstützer des CCS. Zwei der Marken, Honda und Nissan, sind Mitglieder des Chademo-Konsortiums, zwei Weitere, Toyota und Lexus, unterstützen beide Standards. Addiert man die Markenwerte, wobei Toyota und Lexus jeweils eingerechnet werden, so ergeben sich 89,75 Mrd. USD Markenwert für die Unterstützer von CCS und 47,67 Mrd. USD Markenwert für die Unterstützer von Chademo. Die gemeinsamen Markenwerte liegen für die Unterstützer des CCS folglich um 88 % höher¹⁵. Für die Unterstützer des chinesischen Ansatzes liegen keine Markenwerte vor.

3.4.1.4 Fähigkeit zur Innovation

Einen ersten Indikator für die Innovationsstärke bilden die Investitionen der Unternehmen in Forschung und Entwicklung. Diese werden von Booz & Company jährlich im „Global Innovation 1000“-Ranking veröffentlicht. Tabelle 11 zeigt die zehn Unternehmen der Automobilindustrie, die 2011 die höchsten Investitionen in Forschung und Entwicklung aufbrachten. Drei Unternehmen unterstützen ausschließlich Chademo, (Honda, Nissan und Denso) fünf (GM, VW, Ford, Daimler und BMW) unterstützen lediglich CCS. Zwei der aufgeführten Unternehmen, die Automobilhersteller PSA und Toyota unterstützen beide Standards. Diese beiden werden in den folgenden kumulierten Aufwendungen in beiden Gruppen geführt. Die gemeinsamen Forschungsausgaben belaufen sich für die Unterstützer von Chademo auf 25,069 Mrd. USD. Die Unterstützer des CCS kommen zusammen auf 38,05 Mrd. USD Aufwendungen für Forschung und Entwicklung. Somit

¹⁵ Nach Daten des Marktforschungsinstituts Interbrand ergeben sich weitere kumulierte Markenwerte 111,86 Mrd. USD (bzw. 346,99 Mio. USD, (Best Global Green Brands 2011) für das CCS System und 51,014 Mrd. USD (bzw. 123,04 Mio. USD, (Best Global Green Brands, 2011) für Chademo.

investieren die CCS–Unterstützer ca. 51 % mehr in Forschung und Entwicklung als die Unterstützer Chademos.

Tabelle 11 Die 10 Höchsten Forschungsausgaben der Automobilindustrie (Jaruzelski et al., 2011)

Hersteller	F&E–Budget 2011 in Mrd. USD
Toyota	8.546
General Motors	6.962
Volkswagen	6.089
Honda	5.704
Ford	5.000
Nissan	4.672
Daimler	4.611
BMW	4.089
Denso	3.394
Peugeot	2.753

Ein weiterer Indikator für die Innovationsfähigkeit sind angemeldete Patente eines Unternehmens. Das Europäische Patentamt (European Patent Office, EPO) führt Statistiken zu den 25 Unternehmen mit den meisten Patentanmeldungen, untergliedert nach technischen Gebieten (EPO, 2012). Für die Elektromobilität sind die Bereiche elektrische Maschinen (engl. electrical machinery), Messtechnik (engl. measurement) und Transport von Bedeutung. Von den unter diesem Kriterium betrachteten Firmen unterstützen sieben Firmen den Chademo und zugleich den CCS–Ansatz, neun Firmen Chademo und vier Firmen CCS. Die großen europäischen Firmen wie Siemens, ABB und Bosch unterstützen beide Standards, wohingegen einige der japanischen Firmen wie Panasonic, Sumitomo oder Aisin ausschließlich Chademo unterstützen. In der Messtechnik stehen 433 erfolgreiche Patentanmeldungen von Unterstützern Chademos 336 von den Befürwortern des CCS gegenüber, im Bereich Transport sind es 934 gegenüber 714 und bei

elektrischen Maschinen 1.784 zu 1.024 an (EPO, 2012). Insgesamt ergeben sich 3.151 erfolgreiche Patentanmeldungen für die Unterstützer Chademos und 2.074 für die Unterstützer des CCS. Daraus ergibt sich nach diesem Kriterium ein Vorsprung von 51 % für Chademo. Es muss allerdings angemerkt werden, dass sich dieser Unterschied relativiert, wenn berücksichtigt wird, dass es sich bei Unternehmen wie z. B. Panasonic, Sumitomo oder Hitachi um Konzerne oder Konglomerate mit einem weiten Produktportfolio abseits des Automobilsektors handelt, und die betrachteten technischen Gebiete nicht ausschließlich dem Automobilsektor zugeordnet werden können. Diese drei Unternehmen kommen zusammen bereits auf 613 Patente. Auf Seiten des CCS kann nur die Firma Qualcomm, mit lediglich 50 Patentanmeldungen, nicht direkt dem Automobilsektor zugeordnet werden. Abgesehen von den absoluten Zahlen gibt es natürlich Unterschiede in der Bedeutung der angemeldeten Patente. Ein Ranking welches diese berücksichtigt ist die „Patent Power Scorecard“ des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Zusätzlich zur Anzahl der erfolgreich angemeldeten Patente (hier allerdings auf Basis der Anmeldungen beim US-Patentamt) betrachtet dieses Ranking weitere Aspekte wie die Wachstumsrate und Frequenz der Patentanmeldungen, (Goldstein, 2006). Von den 20 Unternehmen der Automobilbranche die das Ranking anführen unterstützen drei der Firmen, Bosch und zwei Unternehmen der Toyota Gruppe, beide Standards. Ihre Werte werden erneut zu beiden Systemen addiert. Vier der Unternehmen, GM, Ford, Hyundai und Renault befürworten lediglich CCS. Fünf Unternehmen, Honda, Denso, Nissan, Aisin und Delphi, sprechen sich für Chademo aus. Erneut befinden sich unter den CCS-Unterstützern lediglich Automobilhersteller, wohingegen Chademo auch von Zulieferern, in diesem Fall sogar von dem amerikanischen Unternehmen Delphi, unterstützt wird. Betrachtet man abermals die Anzahl der absoluten erfolgreichen Patentanmeldungen, so führen nun die CCS-Befürworter mit 9,4 % bzw. 2514 Anmeldungen gegenüber 2.298 Anmeldungen für die Befürworter Chademos.

Bei den gewichteten Patentanmeldungen (engl. adjusted pipeline power) hingegen liegen die Unterstützer Chademo mit 1,2 % bzw. 3.705 zu 3.660 vorne. Für das CCS sprechen die deutlich höheren Forschungsausgaben sowie die größere Anzahl Patentanmeldungen beim US-Patentamt. Chademo hingegen kommt in den drei betrachteten Kategorien beim europäischen Patentamt auf eine signifikant höhere Zahl von Patentanmeldungen, sowie auf einen minimal höheren Wert beim Patent Scoreboard des IEEE. Für die Unterstützer des chinesischen Ansatzes liegen keine Daten zu Patentanmeldungen vor.

3.4.1.5 Initiatorvorteil

Im Folgenden werden zur Bestimmung des Initiatorvorteils die bis Ende 2012 verkauften Fahrzeuge und Ladesäulen betrachtet. Bis dahin waren sechs produzierte Serienfahrzeuge mit Chademo-Inlet auf dem Markt (Peugeot iOn, Citroën C-Zero, Mitsubishi i-MiEV, Nissan Leaf, Mitsubishi MINICAB-MiEV und Subaru Plug-in Stella) wobei Citroën C-Zero und Peugeot iOn Ableger des Mitsubishi i-MiEV sind und von Mitsubishi produziert werden. Hinzu kommen noch einige Fahrzeuge des türkischen Umrüsters BD-Otomotiv, der den Renault Kangoo und Trafic sowie den Fiat Fiorina, Scudo und Ducato auf Elektroantrieb umrüstet, dabei jedoch nur geringe Stückzahlen erreicht (Chademo Association, 2012c). Bis 2011 wurden von den Modellen Peugeot iOn, Citroën C-Zero und Mitsubishi i-MiEV 28.000, Nissan Leaf 32.000, Mitsubishi MINICAB-MiEV 1.300 und Subaru Plug-in Stella 400 Fahrzeuge verkauft (IOL-Motoring, 2012; myimiev, 2011; Voelcker, 2011a; Nissan, 2012b). Der Nissan Leaf ist das erste Großserien-Elektrofahrzeug, das von Beginn an als reines Elektrofahrzeug ausgelegt wurde. Der Leaf ist das einzige der aufgeführten Fahrzeuge, für das Chademo zunächst eine Zusatzausstattung war. Da diese jedoch von den meisten Käufern gebucht wurde, gehört der Chademo-Anschluss seit dem 2012er Modell zur Grundausstattung (Voelcker, 2011a). Die Produktion des i-MiEV brach in 2012 auf Grund von Überkapazitäten ein, sodass es sogar zu einem Produktionsstopp kam.

Aufgrund von Fortschritten bei den Batteriepreisen wurde jedoch der Verkaufspreis um mehr als 5.000 EUR auf 29.300 EUR gesenkt, sodass erwartet wird, dass die Verkäufe wieder zulegen (Ritter, 2012). Das MINICAB–MiEV erscheint im Laufe des Jahres 2012 zusätzlich unter der Marke Suzuki. Mitsubishi plante für das Geschäftsjahr 2012 (beginnend im März) insgesamt 50.000 Fahrzeuge der MiEV–Familie zu verkaufen bzw. an andere Hersteller zu liefern (myimiev, 2011). Der Subaru Plug–in Stella, ein japanischer Kleinwagen mit Elektroantrieb, erschien 2009 fast zeitgleich mit Mitsubishis i–MiEV. Er wird lediglich auf dem japanischen Markt angeboten, konnte sich jedoch nie wirklich durchsetzen, und kam seit seinem Erscheinen auf lediglich 400 verkaufte Einheiten. Subaru stellte den Verkauf des Fahrzeugs im Jahr 2012 ein und konzentrierte sich vorerst auf Hybridfahrzeuge (Voelcker, 2011b). Insgesamt ergeben sich bis Ende 2012 für Chademo 61.700 verkaufte Fahrzeuge.

Für das CCS gibt es bisher keine frei erhältlichen Fahrzeuge außer Fahrzeuge die im Rahmen von Flottentests zur Verfügung gestellt wurden, wobei z. B. der BMW Active E, ein Versuchsfahrzeug auf Basis des BMW 1er Coupe, Stückzahlen von über 1.000 Fahrzeugen erreichte (Grundhoff, 2011). Die ersten Serienfahrzeuge sind für 2013 angekündigt, darunter der BMW i3 (Crowe, 2012), Chevrolet Spark electric (Cole, 2012), sowie VW e–Up (Grünweg, 2012). Der e–Up und der Spark electric haben aufgrund des voraussichtlich niedrigen Verkaufspreises das Potential große Stückzahlen zu erreichen, und so Verbreitung des CCS voranzutreiben.

Im August 2012 waren 33 verschiedene Hersteller aus 11 Ländern am Markt, die zusammen 69 verschiedene Modelle von Chademo–Ladestationen anbieten (Chademo Association, 2012b). Die Ladestationen decken Ladeleistungen von 10 kW bis 60 kW ab und sind mit ein bis zwei Ladesteckern pro Säule ausgestattet. Beschränkt man die Betrachtung auf Ladestationen mit mindestens 44 kW Leistung (der maximalen Ladeleistung des Typ 2 AC–Steckers) so verbleiben 49

verschiedene Ladestationen, darunter vier Modelle mit 60 kW, vier Modelle, zwischen 44 und 50 kW und 41 Ladestationen mit je 50 kW Ladeleistung. Weltweit waren im September 2012 1.617 Chademo-Ladestationen installiert (Chademo Association, 2012e). 1.318 davon sind in Japan installiert. 215 befinden sich in Europa und die restlichen 84 Stationen sind weltweit verteilt. Außerhalb Japans ist Chademo bisher kaum verbreitet, es sind jedoch weitere Chademo-Ladestationen geplant¹⁶ (Slowak, 2012). Angesichts des Anstiegs von Chademo-Ladestationen von mehr als 60 % von Januar bis August 2012 und vierer anlaufender Großprojekte dürften bis zur flächendeckenden Verfügbarkeit der Fahrzeuge mit dem CCS noch einige weitere Chademo-Ladestationen installiert werden (auch in Europa). Bei einem Großprojekt welches von Nissan durchgeführt wird soll die Anzahl öffentlicher zugänglicher Schnellladestationen in Europa erhöht werden, in dem man 400 Ladestationen kostenlos zur Verfügung stellt (Böttcher, 2012). Ein weiteres Großprojekt wird von der estländischen Regierung umgesetzt. Diese möchte ein landesweites Netz an Ladestationen errichten. Um jeden Ort mit über 5.000 Einwohnern mit Schnellladestationen auszustatten hat Estland 200 Chademo-Ladestationen bei der Schweizer Firma ABB bestellt. Hierbei handelt es sich um das bisher größte Elektromobilitätsinfrastrukturprojekt Europas (Endriß, 2012). In einem weiteren Großforschungsprojekt des Energieministeriums der USA („the EV-Project“) soll das Mobilitätsverhalten der Nutzer von Elektrofahrzeugen erforscht werden. Hierfür werden 14.000 Typ 1-Ladestationen, sowie 400 Chademo-kompatible Ladestationen installiert (Lambert, 2012)

Für das CCS und für den chinesischen Ansatz existieren bisher keine kommerziell verfügbaren Ladestationen, die wenigen bisher installierten Schnellladestationen sind Teil von Feldtests.

¹⁶ Diese sollen vor allem in Europa und den USA errichtet werden. In den USA soll das Netz an Ladestationen in den Großstädten der USA (Washington, Los Angeles, Houston, Seattle, New York oder Chicago) und in Kalifornien ausgebaut werden.

3.4.1.6 Staatliche Förderung und Leitmärkte

Betrachten werden die von verschiedenen Ländern aufgebrachten Subventionen für die Elektromobilität. Diese können in mehrere Kategorien unterteilt werden. Zum ersten gibt es die bereits im vorherigen Kapitel betrachtete direkte Förderung der Schnellladestandards durch die Regierungen im Rahmen von Infrastrukturprogrammen. Bisher handelte es sich mangels Alternativen auch in den USA um Chademo-Ladestationen. Vertreter der OEM in den USA bestätigen jedoch die Bestrebungen den Ausbau zu verzögern, bis CCS-Ladestationen verfügbar sind (Herron, 2012b).

Eine zweite Möglichkeit zur Subvention der Schnellladestandards ist die Unterstützung des Erwerbs von Elektrofahrzeugen. Als Netzwerkgut führt eine höhere Nutzerbasis von EV dazu, dass zusätzliche Schnellladestationen installiert werden. Abbildung 3–5 zeigt die Höhe direkter staatlicher Kaufanreize nach Berechnungen der Beratungsunternehmen McKinsey und Oliver Wyman. Indirekte Erleichterungen, wie beispielsweise die zehnjährige KFZ-Steuerbefreiung in Deutschland sind darin nicht berücksichtigt (Stockburger, 2012). Die höchste Förderung in Höhe von 17.500 EUR pro erworbenem Elektrofahrzeug erhalten Käufer in Dänemark. Da Dänemark jedoch über keine großen eigenen Automobilhersteller oder Zulieferer verfügt, dürfte die dänische Regierung dem Konflikt des Schnellladestandards neutral gegenüberstehen. Die zweithöchsten Subventionen entfallen mit 10.000 EUR pro erworbenem Fahrzeug auf Japan. China fördert jeden Kauf mit 6.500 EUR. Großbritannien unterstützt die Käufer von Elektrofahrzeugen mit 5.600 EUR, sofern dieses Fahrzeug auf einer Förderliste steht. Diese Förderliste würde ggf. auch protektionistische Maßnahmen gegen Fahrzeuge mit Chademo erlauben, denn England ist mit den Werken für den Mini (gehört zu BMW und damit einem Unterstützer von CCS) und den Automobilherstellern Jaguar und Landrover, die ebenfalls CCS befürworten. Die USA fördern jeden Käufer von Elektrofahrzeugen mit 5.300 EUR und sind mit den Auto-

mobilerherstellern GM, Chrysler und Ford, die alle Mitentwickler des CCS sind, ebenfalls zu den Unterstützern dieses Standards zu zählen. In Frankreich, das jeden Kauf eines Elektrofahrzeugs mit 5.000 EUR bezuschusst, sind die Automobilhersteller PSA (Peugeot Citroën) und Renault sowie die Elektronikzulieferer IES Synergy und Schneider Electric ansässig. PSA und Schneider Electric sind Unterstützer beider Standards, wohingegen Renault und IES Synergy sich lediglich für CCS aussprechen (Chademo Association, 2012d; Kissel, 2012).

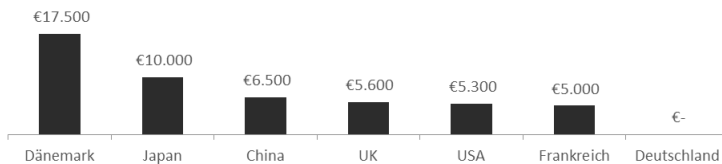


Abbildung 3–5 Staatliche Maximalförderung beim Kauf eines Elektrofahrzeugs in Euro (Glöckner, 2010)

Die dritte Möglichkeit zur Förderung der Schnellladestandsards besteht darin, die Forschung und Entwicklung der Elektromobilität im eigenen Land zu fördern. Bei dieser Betrachtung führt China mit einer Förderung von über 7 Mrd. EUR. An zweiter Stelle folgt Deutschland mit knapp 2,5 Mrd. EUR Fördergeldern, das aufgrund der Automobilhersteller BMW, VW, Audi und Mercedes, die zu den Mitentwicklern des CCS zählen zu den CCS–Unterstützern gezählt werden kann. Es folgen mit den USA mit Fördergeldern in Höhe von ca. 2 Mrd. EUR und Frankreich mit 1,3 Mrd. EUR Förderung zwei weitere CCS–Unterstützer. Auf dem 5. Platz folgt mit ca. 700 Mio. EUR Fördergeldern Korea, dass mit SIGNET Systems und JoongAng Control, zwei Hersteller von Ladestationen, und KEPCO, einem der weltgrößten Energieversorgern, drei Unterstützer Chademos, sowie mit Hyundai, einen Automobilhersteller, der das CCS unterstützt, beheimatet (Chademo Association, 2012d; Kissel, 2012) Die japanische Regierung wendet 486 Mio. EUR für die Förderung der Forschung und Entwick-

lung im Bereich Elektromobilität auf und ist wie bereits erwähnt, eindeutiger Unterstützer Chademos. Die Förderung Italiens beträgt 180 Mio. EUR. Die italienischen Unternehmen Enel, einer der weltgrößten Energieversorger, Micro-Vett, ein Umrüster von Elektrofahrzeugen, sowie das Beratungsunternehmen Andromeda S.r.l. sind Unterstützer Chademos (Chademo Association, 2012d). Der Automobilhersteller Fiat hingegen ist CCS-Unterstützer, sodass Italien ebenfalls nicht eindeutig einem Lager zuzuordnen ist (Alle Daten aus Bernhart et al., 2012). Betrachtet man die kumulierte Förderung durch eindeutige Unterstützer eines der Lager, so kommt das CCS auf 5,931 Mrd. EUR Förderung, Chademo auf 486 Mio. EUR und der chinesische Ansatz auf 7 Mrd. EUR.

Ein weiterer Ansatzpunkt zum Vergleich der aus dem unterschiedlichen Herkunftsraum der Schnellladesysteme entstehenden Vorteile sind die Absatzzahlen für Elektrofahrzeuge in den unterschiedlichen Regionen. Diese sind für 2011 in Abbildung 3–6 aufgeführt, wobei in diesem Fall PHEV ebenfalls berücksichtigt wurden. Die Absatzzahlen wurden anhand der in (Bernhart et al., 2012) angegebenen relativen Anteile und der Gesamtzahl an Fahrzeugneuzulassungen im jeweiligen Land berechnet. In absoluten Zahlen wurden in den USA, mit 36.920 verkauften Einheiten am meisten Elektrofahrzeuge abgesetzt, dies entspricht einem Anteil von 0,29 % der gesamten Neufahrzeuge. An zweiter Stelle folgt mit 13.680 verkauften Elektrofahrzeugen Japan, das sich für Chademo ausspricht. Mit 0,36 % ist der Anteil an Elektrofahrzeugen in Japan am größten. Mit 4.600 verkauften Einheiten bzw. 0,2 % folgt an dritter Stelle mit Frankreich ein weiterer CCS-Befürworter. Deutschland, ebenfalls CCS-Unterstützer, steht mit 2.540 bzw. 0,08 % verkauften Elektrofahrzeugen sowohl relativ als auch absolut an fünfter Stelle. China unterstützt einen eigenen Standard, Italien und Korea können wie bereits gezeigt nicht eindeutig einem Lager zugeordnet werden. Insgesamt kommen die CCS zugeordneten Länder (USA, Frankreich, Deutschland) auf 44.060 verkaufte

Einheiten. Chademo mit Japan als Befürworter mit 13.680 verkauften Elektrofahrzeugen und China mit 3260 Fahrzeugen.

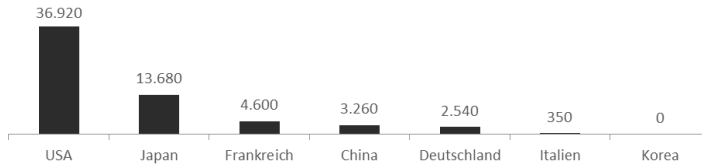


Abbildung 3–6 Verkaufte Elektrofahrzeuge 2011 (eigene Berechnung anhand von (CAMA, 2012b, 2012a; Gomes, 2012) und (MKE, 2012))

Japan gehört zu den Leitmärkten für die Elektromobilität. Die Förderung pro gekauftem Fahrzeug ist mit 10.000 EUR die höchste innerhalb der Förderländer und nicht zuletzt deshalb ist auch der relative Anteil der Elektrofahrzeuge an den Neuzulassungen mit 0,36 % weltweit am höchsten. Japan steht jedoch als einziger eindeutiger Unterstützer Chademos den Vereinigten Staaten, Deutschland, Frankreich und Großbritannien als Befürwortern des CCS gegenüber. Betrachtet man dann die absoluten Zulassungszahlen für 2011, in denen sich auch die Förderung der Fahrzeugkäufe gewissermaßen widerspiegelt, so sind diese für die CCS–Unterstützer zusammengenommen höher. Es wird prognostiziert, dass sich dieser Vorsprung bis 2020 noch weiter steigert (Pratt, 2011). Auch die Förderung für Forschung und Entwicklung ist in den anderen Ländern zusammengenommen um ein vielfaches höher als in Japan.

3.4.2 Investitionen

3.4.2.1 Ladestationsseitige Investitionen

Die Investitionen für DC–Schnellladestationen betragen unabhängig des gewählten Systemansatzes ein Vielfaches der Investitionen für Mode 3 AC–Ladestationen. Aufgrund der höheren Ladeleistungen bedarf es hochwertiger Kabel, großer Leiterquerschnitte, hohen

Sicherheitsanforderungen an die Installation und häufig zusätzlicher Zuleitungen („Netzanschluss“) (Slowak, 2012). Im Gegensatz zu AC-Ladestationen, bei denen der Gleichrichter im Ladegerät des Fahrzeugs untergebracht ist (engl. onboard charger), beinhaltet jede DC-Schnellladestation einen eigenen, besonders leistungsstarken Gleichrichter (engl. offboard charger). (Butkovich, 2011) nennt hierfür Preise von 10.000 USD ($\approx$ 8.000 EUR) bis 65.000 USD ($\approx$ 51.750 EUR) für die DC-Schnellladestationen, wobei die Installation hierbei noch nicht berücksichtigt ist. Bei dem günstigsten Modell handelt es sich um eine Ladestation von Nissan, die jedoch in dieser Ausführung nur für den Innenbereich geeignet ist und noch über keinerlei Bezahlmöglichkeit verfügt (Nissan, 2012a). Laut (Butkovich, 2011) liegen die Preise für die Stationen durchschnittlich zwischen 30.000 USD und 40.000 USD ($\approx$ 23.800 EUR – 31.800 EUR).

Das japanische System wird seit 2010 bereits von einigen Herstellern produziert. Das Chademo-Konsortium nennt Preise von mindestens einer Millionen Y ($\approx$ 10.150 EUR) für die Ladestationen, gibt allerdings an, dass diese sich vervielfachen können (Chademo Association, 2011). Die Preise für eine Chademo-Schnellladestation (nur Komponenten) lagen im Jahr 2011 zwischen 35.000 und 44.000 US-Dollar. Für die Installation kamen in Japan im Schnitt 20.000 US-Dollar (Anegawa, 2011) hinzu. Vattenfall Europe gibt hierfür hingegen 50.000 EUR bis 70.000 EUR an, falls keine zusätzlichen Stromzuleitungen installiert werden müssen (Spante, 2011). Diese Zahlen decken sich weitestgehend mit den Angaben in (Yilmaz und Krein, 2012), dort werden Preis und Installation der Ladesäule zwischen 30.000 USD ($\approx$ 23.800 EUR) und 160.000 USD ($\approx$ 127.000 EUR) veranschlagt. Gefördert wird das System ausschließlich von japanischen Fahrzeugherstellern und dem japanischen Energieversorger TEPCO. Diese Förderer vertreiben ihr System seitdem in mehreren Ländern, unter anderem in Europa und den USA.

Die aufzubringenden Investitionen für die Installation einer Ladestation des CCS können zum jetzigen Zeitpunkt lediglich geschätzt werden. Da die Produktion solcher Stationen aus Gründen der Verfügbarkeit in Europa und den USA noch nicht für den Serienmarkt eingesetzt hat, sind die finalen Preise der Ladestationen noch nicht bekannt. Sicher ist jedoch, dass die Investitionen für eine Station ebenfalls relativ hoch sein werden. Sie erscheinen aus heutiger Sicht zu hoch zu sein, um öffentliche Infrastruktur rein privatwirtschaftlich aufzubauen und zu betreiben. Daher bedarf es nach aktuellem Stand der Erkenntnis einer Anschubfinanzierung und planungsrechtlicher Unterstützung (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), 2012a). Da das CCS Teile aus AC-Ladestationen (bspw. gleiche Kommunikationseinrichtungen) nutzt, werden höhere Stückzahlen und niedrigere Stückkosten möglich. Des Weiteren stellt CCS den Ladestationsherstellern frei, ob sie ihre Stationen als galvanisch getrennte Systeme auslegen (Kissel, 2010), und bietet so Raum für weitere Einsparungen. Im Gegensatz zu Chademo sind zudem keine Lizenzgebühren zu zahlen.

Zu den Investitionen für das chinesische System gibt es noch keine Angaben. Sie sind jedoch auf Grund des Systemaufbaus mit denen japanischer Systeme zu vergleichen. Insgesamt sind bei allen drei Systemen also ähnliche Investitionen zu erwarten. Im Gegensatz zu den anderen beiden Systemen, wird das chinesische System ausschließlich für den dortigen Markt entwickelt. Eine Installation in anderen Ländern ist nicht vorgesehen. Dadurch wird es ausschließlich von chinesischen Fahrzeugherstellern gefördert. Da sich dieses System in vielen Punkten noch in der Entwicklungsphase befindet, sind auch zur zeitlichen Verfügbarkeit noch keine Angaben vorhanden.

3.4.2.2 Fahrzeugseitige Investitionen

Hinsichtlich der fahrzeugseitigen Investitionen für das Schnellladen muss zunächst das Inlet betrachtet werden. Wie bereits in Kapitel

3.3.1.5 erwähnt, gehörte das Chademo-Inlet im Nissan Leaf bis 2012 zur Sonderausstattung und wurde für 700 USD ($\approx$ 550 EUR) (Ulrich, 2012) angeboten. Der Preis als Ersatzteil liegt laut des Nissan Teilekatalogs bei ca. 900 USD ($\approx$ 715 EUR) (MyNissanParts, 2012).

Für das CCS sind hier aufgrund mangelnder Verfügbarkeit keine Zahlen erhältlich. Wie für die Ladestationen kann jedoch eine Tendenz des Preisniveaus abgegeben werden. Es gilt weiterhin, dass die gemeinsame Nutzung von Teilen für DC- und AC-Ladung beim CCS in der Produktion zu höheren Stückzahlen und geringeren Stückkosten führt, wohingegen bei Chademo bereits Lernkurveneffekte realisiert werden konnten. Der entscheidende Vorteil des CCS liegt fahrzeugseitig jedoch darin, dass nur noch eine Ladedose benötigt wird (Weiterhin nur ein Tankdeckel in der Karosserie). Bei einem Großteil heutiger Elektrofahrzeuge handelt es sich um sogenannte „Conversion Designs“, also Fahrzeuge, die ursprünglich für konventionelle Antriebe ausgelegt wurden. Bei solchen Fahrzeugen führt jede Anpassung zu höheren Preisen, da hierfür Änderungen an der Montage und Produktionslinie durchzuführen sind (Slowak, 2012). GM als einer der Unterstützer des CCS gibt an, dass das CCS folglich dazu führen werde, die Endkundenpreise zu senken (GM, 2012).

3.4.2.3 Irreversible Kosten

Ein weiterer entscheidender zu beachtender Aspekt ist die Gefahr von irreversiblen Kosten (engl. sunk costs)¹⁷. Im Fall von Systemansätzen zur Schnellladung von Elektrofahrzeugen können diese an zwei verschiedenen Stellen anfallen: An Schnellladestationen sowie an Elektrofahrzeugen. Im Falle des Elektrofahrzeugs verhalten sich die Verluste für CCS und Chademo ähnlich. In beiden Fällen geht die Schnellladefä-

¹⁷ Versunkene Kosten sind „für einen bestimmten Zweck verwendete Mittel, die nur für diesen Zweck eingesetzt werden können und in anderen Verwendungskontexten ihren Wert verlieren“ (Krol, 2007). Beispiele sind z. B. Investitionen in Bahnschienen zu einem Bergwerk, das geschlossen wird.

higkeit für den Benutzer des Elektrofahrzeugs verloren, falls sich der unterstützte Standard nicht durchsetzt. Die verbleibenden Lademöglichkeiten sind identisch, da die gleichen Ladedosen (Typ 2 bzw. Typ 1) zur Verfügung stehen.

Hinsichtlich der Ladestationen unterscheiden sich, abgesehen von dem Stecker, dessen zusätzliche Anbringung lediglich ca. 5 % des Preises einer Ladestation ausmacht (Schmitt, 2012), Chademo- und CCS-Ladestationen im Kommunikationsprotokoll und ggf. im Erdungskonzept (Kissel, 2011). Chademo-Ladestationen sind immer als galvanisch getrennte Systeme ausgelegt. CCS-Ladestationen können, aber müssen nicht galvanisch getrennt sein.

Es gibt bereits Ankündigungen von Herstellern von Chademo-Ladestationen (u. a. ABB, Eaton, Ecotality und Schneider), dass ihre Stationen auf das CCS System erweiterbar seien (Herron, 2012a, 2012b und Morris, 2012). Die Erweiterung einer CCS-Ladestation wäre umgekehrt genauso denkbar, sofern sie als galvanisch getrenntes System ausgelegt ist. Andernfalls könnte die Ladestation nicht genutzt werden, und lediglich der bestehende Stromanschluss weiter verwendet werden. Ein Adapter ist aufgrund der unterschiedlichen Kommunikationsprotokolle nicht ohne große Änderungen möglich, und ist laut IEC 61851-23 verboten.

3.4.3 Benutzerfreundlichkeit

3.4.3.1 Design & Handhabung

Die derzeit verwendeten Stecker des CCS sowie von Chademo sind nicht besonders handlich. Zudem sind relativ hohe Bedienkräfte erforderlich. Ein Chademo-kompatibler Stecker der Firma JAE wird mit maximal 90 Newton zum Ein- und Ausstecken angegeben (JAE, 2011), ein bereits erhältlicher Stecker vom Typ 1-CCS der Firma Rema benötigt maximal 75 Newton (REMA, 2012). Hinzu kommt, dass die

Schnellladung hohe Stromstärken erfordert, und folglich große Leiterquerschnitte und damit schwere Kabel benötigt werden (Slowak, 2012). Das Gewicht des Kabels wird zudem dadurch erhöht, dass bei heutigen Elektrofahrzeugen die Inlets nicht an einheitlicher Position liegen und die Kabel daher z. T. länger ausfallen¹⁸.

Das CCS bietet die Möglichkeit, die Position der Ladedose zu vereinheitlichen, da nur noch eine Ladedose für das DC- und AC-Laden benötigt wird. Die meisten Elektrofahrzeuge werden auch als konventionelle Fahrzeuge angeboten¹⁹, daher bietet sich die Position des Tankstutzens hinten rechts am Fahrzeug an (Slowak, 2012). Zusätzlich zur leichteren Handhabbarkeit des Kabels entfällt die Umgewöhnung für Personen, die das Elektrofahrzeug nur gelegentlich nutzen, beispielsweise in Haushalten mit mehreren Fahrzeugen oder in Fahrzeugvermietungen.

Das Design des fahrzeugseitigen Inlets basiert beim CCS auf den bereits bestehenden Standards IEC 62196 für Europa und SAE J 1772 für die USA. Die Handhabung wird für den Kunden so einfach wie möglich gestaltet. Es handelt sich bei der Verbindung von Connector und Inlet um eine gewöhnliche Steckverbindung. Die Verriegelung geschieht wie bereits beschrieben durch das Fahrzeug ohne Aufwand für den Nutzer. Mit dem kombinierten AC/DC-Stecksystem wird das Laden von Elektrofahrzeugen mit DC und AC unterstützt. Durch den universellen Aufbau des Inlets ist nur eine einzige Ladebuchse für das Laden mit AC und DC notwendig. Wird mit AC geladen, so kann der AC Typ 2-Connector in das Inlet gesteckt werden. Für das schnelle Laden wird der DC Typ 2-Connector in das Inlet geführt (Phoenix Contact, 2012).

¹⁸ Beispiele: Das Chademo Inlet des Mitsubishi i-MiEV ist an der linken Fahrzeugseite positioniert, auf der rechten Seite ist eine Typ 1-Ladedose für die AC-Ladung installiert. Nissan hingegen platzierte beide Ladedosen des Leaf unter einer Abdeckung mittig in der Fahrzeugfront.

¹⁹ Bisher ist der Nissan Leaf das einzige reine Großserien-Elektrofahrzeug

Das Design des Inlet des japanischen Ansatzes Chademo wurde speziell für ebendiesen entworfen. Es handelt sich bei dem Verbindungstyp ebenfalls um eine einfache Steckverbindung. Das Design des Connectors der japanischen Lösung orientiert sich am Design herkömmlicher Zapfsäulen. Der Nutzer muss bei der Handhabung die Steckverbindung zusätzlich zur Steckerverriegelung durch die Ladestation nochmals mittels eines Hebels am Fahrzeug verriegeln. Diese zusätzliche Verriegelung hat keine unmittelbare technische Notwendigkeit. Die notwendigen mechanischen Teile führen im Gegenteil sogar zu einem höheren Materialverschleiß. Aus diesem Grund laufen zurzeit Entwicklungen im Bereich des Steckerdesigns, die das Design des Connectors ähnlich dem des CCS so einfach wie möglich gestalten und zusätzliche mechanische Verschleißteile vermeiden wollen.

Das Inlet des chinesischen Schnellladesystems orientiert sich von den Abmessungen am bereits bestehenden Design des chinesischen Inlet für AC-Laden. Die Gestaltung des Connectors basiert auf den Entwicklungen der in Europa standardmäßig verwendeten Typ-2 Stecker. Es handelt sich dabei um eine Steckverbindung ohne zusätzliche mechanische Teile. Die Handhabung ist also wie in Europa und den USA für den Kunden so einfach wie möglich gestaltet.

3.4.3.2 Kompatibilität

Das CCS ist kompatibel mit einphasigem AC-Laden (Mode 1 und 2), dreiphasigem AC-Laden (Mode 3) und schnellem DC-Laden (Mode 4) an Schnellladestationen mit nur einer Schnittstelle im Fahrzeug. Auf diese Weise soll der Kunde an den meisten Ladestationen unabhängig von Stromquelle und angebotener Ladegeschwindigkeit laden können (vgl. BMW Group Technologiekommunikation, 2012).

Das Inlet des japanischen Systems ist ausschließlich für DC-Laden konzipiert. Es ist also nicht mit Vorrichtungen für AC-Laden kompatibel. Dies hat den Nachteil, dass bei diesem System immer zwei An-

schlüsse im Fahrzeug verbaut werden müssen, was zu zusätzlichen Kosten und unter Umständen zu Verwirrung des Kunden führt.

Auch wenn sich das Design des DC-Inlet des chinesischen Ansatzes an dem Inlet für AC-Laden orientiert, sind diese nicht kompatibel. Beim chinesischen System sind daher auch zwei Inlets notwendig. Durch das ähnliche Design besteht hier zusätzlich die Gefahr, dass der Nutzer die beiden Inlets verwechselt. Auch wenn der Stecker nicht in das falsche Inlet gesteckt werden kann, entsteht unnötige Verwirrung für den Kunden.

3.4.4 Sicherheit

Einer der wichtigsten Faktoren einer Gleichstromladestation ist, dass bei den hohen Ladeleistungen durch Fehler und nicht betriebsmäßige Zustände der Ladesysteme keine Gefahr für die Umgebung entsteht. Höchste Priorität beim elektrischen Schutz haben dabei die Benutzer der Ladestation, da diese für den Ladevorgang direkt mit der Ladestation bzw. der Ladeleitung in Kontakt kommen. Zu den wichtigsten Sicherheitskomponenten gehört daher die sichere Erdung des Stromkreises. Nach dem Chademo Standard wird eine Funktionserdung verwendet, weshalb die Erdleiter von ihrem Querschnitt her dünner ausfallen als Erdleiter für Schutzerdung. Daher scheint diese Art der Erdung aus sicherheitstechnischer Sicht schwächer zu sein, da Funktionserder durch ihre kleine Abmessung im Fehlerfall die hohen Kurzschlussströme nicht aushalten könnte. Der Schutz erfolgt durch die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit der Überwachungseinrichtung und des Schutzschalters statt durch die physischen Abmessungen eines Schutzerders (Mägi, 2012). Dabei wird die Leitung stets überwacht und bei Erkennung eines Fehlerfalls das Ladesystem ausgeschaltet. Zudem dürfen Chademo Ladesysteme nur als isolierte Ladestationen mit einem Trenntransformator aufgebaut werden, wohingegen Ladestationen nach dem CCS sowohl als isolierte oder auch als nicht-

isolierte Ladestationen verwendet werden. Als Erder benutzt das CCS einen Schutzerder, der für den Fehlerfall physisch ausreichend dimensioniert ist. Hierdurch versprechen sich die Entwickler eine sichere Schutzmaßnahme. Es ist jedoch auch mit höheren Aufwand verbunden als mit einem Funktionserder, da das Erdungskabel stets in einwandfreiem Zustand gehalten werden muss, um während der gesamten Einsatzdauer in der Lage zu sein mit hohen Fehlerströmen umzugehen. Zu den Sicherheitsaspekten des chinesischen Ansatzes liegt eine unzureichende Datenlage vor, weshalb eine Analyse in diesem Fall nicht möglich ist.

3.4.5 Ladebetriebsarten und –verfahren

3.4.5.1 Ladeprotokoll (COM–Protokoll, Datenübertragung)

EV besitzen zur Steuerung des Ladeablaufs ein VCCU und die Ladestation ein DC CCU zur Befolgung der Befehle aus der VCCU; daher ist die ständige Kommunikation untereinander von großer Bedeutung (vgl. Abs. 102.1, IEC 61851–23, 2012). Die Kommunikation zwischen Ladestation und EV erfolgt einerseits durch Basiskommunikation und andererseits durch komplexere digitale Kommunikation. Um die Steuerung des Ladeablaufs zwischen DC–Schnellladestation und EV abzustimmen, müssen Signale über Basiskommunikation, numerische Parameter über das digitale Kommunikationssystem und Messwerte benutzt werden (vgl. Abs. 6, IEC 61851–24, 2012). Basiskommunikation dient zur Kommunikation über festgelegte Steuerpilotleitungen (vgl. Tab. 101, IEC 62196–3, 2012) zu grundlegenden Ladezuständen wie z. B. „Zustand: Initialisierung“ (vgl. Tab. 105, 61851–23, 2012). Digitale Kommunikation hingegen dient dem Austausch der Überwachungsparameter über die Kommunikationssysteme CAN oder PLC. Im Gegensatz zum Austausch über den Ladezustand, der mittels Basiskommunikation erfolgen kann, muss die Überwachungsfunktion aufgrund ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung über ein digitales

Kommunikationssystem erfolgen (vgl. Abs. 102.2 IEC 68151–23, 2012). Die Ladesteuerung besteht dabei grundlegend aus drei Ebenen (vgl. Abs. 6, IEC 68151–24, 2012):

- Initialisierung (Vor dem Start): Vorbereitung auf den Ladevorgang durch Check der festgelegten Bedingungen (Batterieanschluss, Kompatibilität zwischen EV und Ladestation, Prüfung der Isolierung etc.) und Austausch der Parametergrenzen (Maximaler Ladestrom, Spannungsgrenze der Batterie etc.). Erst wenn die Initialisierung erfolgreich abgeschlossen wird, darf mit der Energieübertragung begonnen werden.
- Energieübertragung (Während dem Laden): Ladevorgang wird gestartet und Batterie des EV wird nach gefordertem Wert des Ladestroms für CCC bzw. Ladespannung für CVC geladen. Dieser Wert wird während dem Ladevorgang in regelmäßigen Zeitabständen vom EV an die DC-Ladestation gesendet, wobei die DC-Ladestation direkt darauf reagiert und entsprechend der Forderung die Ladeparameter regelt.
- Abschaltung (Nach dem Laden): Die letzte Stufe wird entweder durch Erreichen einer bestimmten Kapazität der Fahrzeugbatterie oder durch manuelles Abschalten vom Nutzer erreicht. In diesem Zustand ist Strom und Spannung nahe null, womit die Entriegelung der Fahrzeugkupplung und insgesamt keine Sicherheitsbedenken für den Nutzer gegeben sind (vgl. Abs. 102.5 IEC 68151–23, 2012).

Außerdem sind Schnellladestationen je nach Kommunikationsart und –Aufbau in drei Systeme unterteilt. Typgebundene DC-Ladestationen mit dem Chademo System genauso wie das chinesische System nach GB-Standard (Guobiao-Standart, chin. nationaler Standard) kommunizieren via CAN. DC-Ladestationen mit CCS benutzen zur Kommunikation das Homeplug Green PHY (PLC) (HomePlug Alliance, 2012; Anhang AA, BB, CC aus IEC 61851–23, 2012). Die Steckvorrichtung mit kombinierter Schnittstelle des CCS dürfen nur an einer DC–

Schnellladestation nach der Kommunikationsart für das in IEC 61851–23 definierte US–amerikanische System verwendet werden (vgl. Anhang CC aus IEC 61851–23, 2012; vgl. Abs. 6.301 IEC 62196–3, 2012). Somit besteht keine Kompatibilität zwischen dem Kommunikationskreis der Chademo und des CCS Systems. Die spezifischen Kommunikationsprotokolle der jeweiligen Systeme sind in IEC 61851–24, 2012) festgelegt.

3.4.5.2 Lastmanagement (Netzstabilität, Bidirektionales Laden)

Beim CCS Ansatz legt der Einsatz der Powerline Kommunikation die Grundlage für die Einflussnahme auf die übertragenen Leistungen durch den Infrastrukturbetreiber oder den Netzanbieter. Somit können die Ladestationen je nach Netzauslastung geregelt und die Netzstabilität gewährleistet werden. Zudem ist die PLC rückwärtskompatibel, das heißt sie ermöglicht bidirektionales Laden ohne zusätzliche Installationen oder Kommunikationsschnittstellen.

Das Ladeprotokoll und die CAN–Kommunikation des japanischen Chademo Ansatzes haben zur Folge, dass die Betreiber der Ladestationen keinen direkten Einfluss auf die abgerufenen Ladeleistungen haben. Bei diesem System sind also zusätzliche Kommunikationsschnittstellen erforderlich, um die Netzstabilität bei großer Auslastung zu gewährleisten. Notwendig wird diese zusätzliche Kommunikation auch, um Dienste wie das bidirektionale Laden und die zukünftige Einbindung in smart grids zu verwirklichen.

Wie das japanische System setzt auch das chinesische auf eine CAN–Kommunikation zur Datenübertragung der Parameter. Somit ergeben sich für diese beiden Systeme dieselben Eigenschaften für das Lastmanagement. Das heißt auch, dass das chinesische System zusätzliche Kommunikationsschnittstellen benötigt, um die Netzstabilität und bidirektionales Laden zu gewährleisten.

4 Rechtslage und Harmonisierung

In diesem Kapitel soll bei der rechtlichen Betrachtung und den Überlegungen zur Harmonisierung der Fokus auf die Systeme Chademo und dem CCS gelegt werden. Inhaltlich stehen zunächst die sicherheitsrechtlichen Aspekte im Vordergrund, die in Deutschland und Frankreich zur Anwendung kommen. Anschließend wird eine europarechtliche Bewertung hinsichtlich des europäischen Harmonisierungsbedarfs vorgenommen im Hinblick auf die potenziellen Modalitäten, die zur Verfügung stehen, um eine Vereinheitlichung der Schnellladesysteme herbeizuführen.

4.1 Rechtslage in Deutschland

4.1.1 Gesetzliche Vorgaben im Hinblick auf die Sicherheit

Sobald es um die Vermarktung technischer Systeme geht, bestimmt sich die Rechtslage vordergründig nach den Bestimmungen für die Sicherheit. Da Schnellladestationen infolge ihrer beabsichtigten Verwendung durch Verbraucher grundsätzlich die bestrebte, gesetzlich vorgeschriebene Sicherheit aufweisen müssen, ist zunächst zu klären nach welchen rechtlichen Anforderungen sich dieser Sicherheitsmaßstab bemessen lässt. Sofern es zu einer Bereitstellung eines technischen Systems an Verbraucher kommt, muss daher der Sicherheitsaspekt dieser Produkte in jedem Fall gewährleistet sein. Maßgeblich im Hinblick auf die Sicherheit von Produkten sind hier auf nationaler Ebene daher vor allem das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)

(Bechmann, 1978)²⁰ und die erste Produktsicherheitsverordnung (1. ProdSV). Dabei wird sich in der konkreten Prüfung schlussendlich zeigen, dass sich dieser Sicherheitsmaßstab nur allein nach der Anbringung einer CE-Kennzeichnung richtet. An dieser Stelle soll daher geprüft werden, welche rechtlichen Voraussetzungen es für die Einführung von Schnellladesystemen insbesondere der Installation von Ladesäulen im öffentlichen Raum gibt. Nach einer grundlegenden Betrachtung der Rechtsvorschriften wird sodann im weiteren Verlauf die konkrete, systematische Anwendung dieser Grundsätze auf die Schnellladestation vorgenommen.

Seit Anfang Dezember 2011 gilt in Deutschland ein neues Produktsicherheitsgesetz (Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt – ProdSG) welches das bis dahin geltende Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) ohne Übergangsfrist abgelöst hat. Das ProdSG ist damit das zentrale Gesetz für die Vermarktung von Non-Food Produkten in Deutschland (Bechmann, 1978).

Mit Reformierung des Mitte der 1980er Jahre eingeführten „Neuen Ansatz“ (new approach) bei der Harmonisierung technischer Vorgaben für Produkte wurde auch die Änderung des GPSG a. F. notwendig²¹. Hauptbestandteil der unter dem Schlagwort „new legislative framework“ firmierenden Revision sind die europäische Verordnung (EG) Nr. 765/2008 zur Akkreditierung und Marktüberwachung (vgl. ABIEU, 2012) und der Beschluss Nr. 768/2008/EG über einen gemeinsamen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten (s. ABIEU, 2012). Die Verordnung (EG) Nr. 765/2008 hat dabei zum Ziel, den Vollzug des europäischen Produktsicherheitsrechts effektiver

²⁰ Das Produktsicherheitsgesetz ersetzt das bis zum 30.11.2011 geltende Geräte- und Produktsicherheitsgesetz. Im Wesentlichen wurde mit der Neufassung EU-Recht im 3. und 4. Teil umgesetzt, siehe dazu (Kapoor und Klindt, 2012)

²¹ Verordnung (EG) Nr. 765/2008 (Europäischen Parlament und Rat, 2008b) und Beschluss Nr. 768/2008/EG (Europäischen Parlament und Rat 2008a)

zu gestalten. Ihre Vorgaben gelten bereits seit dem 01.01.2010 unmittelbar in den Mitgliedstaaten der EU.

Das ProdSG überführt insgesamt elf produktbezogene EG–Binnenmarktrichtlinien in nationales Recht und statuiert damit konkrete Anordnungen an die Verkehrsfähigkeit einer unbestimmten Anzahl europäisch harmonisierter Produkte (so genannter harmonisierter Bereich). Während die produktspezifischen sicherheitstechnischen Anforderungen in den einzelnen nationalen Verordnungen zum ProdSG geregelt sind, finden sich die für alle Produkte gleichermaßen anwendbaren Vorschriften im ProdSG selbst. Der Anwendungsbereich des Gesetzes geht allerdings auch über die von den Verordnungen zum ProdSG erfassten Produkte hinaus, denn auch all jene Produkte, für die bisher keine europäisch harmonisierten Vorgaben existieren (so genannter nicht harmonisierter Bereich) fallen darunter. Weiterhin gelten die Regelungen des ProdSG auch für das Bereitstellen gebrauchter Produkte auf dem Markt, die als solche von vornherein nicht dem Anwendungsbereich europäischer Harmonisierungsvorschriften unterliegen. Ferner setzt das ProdSG auch noch die Allgemeine Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG (s. ABIEG, 2001) um, die wiederum auf europäischer Ebene die besonderen Anforderungen an die Sicherheit von Verbraucherprodukten statuiert.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass sich der Gesetzgeber dazu entschlossen hat wesentliche Rechtsbegriffe im ProdSG anders zu definieren als dies noch im GPSG a. F. der Fall war. Zudem wurden einige neue Begrifflichkeiten eingeführt, die der Anwendung des Gesetzes dienlich sein sollen. So verzichtet das neue ProdSG etwa vollständig auf die Verwendung des Begriffs „technisches Arbeitsmittel“, den das GPSG a. F. noch als Unterkategorie des Produktbegriffs aufführte. Dafür knüpft das ProdSG an einen neu definierten Begriff des „Produkts“ an, unter dem gem. § 2 Nr. 22 ProdSG Waren, Stoffe oder Zubereitungen verstanden werden, die durch einen Fertigungsprozess hergestellt worden sind. Der aus dem GPSG a. F. bekannte

Begriff des Verbraucherprodukts bleibt jedoch zum neuen Produktbegriff mit inhaltlich unveränderter Legaldefinition erhalten (§ 2 Nr. 26 ProdSG). Weiterhin erfasst das neue ProdSG nicht nur all jene Produkte, die bisher als technische Arbeitsmittel oder Verbraucherprodukte galten, sondern erstmals insbesondere auch nicht verwendungsfertige Bauteile, Stoffe und Zubereitungen, die ausschließlich dazu bestimmt sind, weiterverarbeitet zu werden. Für die Ladestation und den Netzstecker ist dies jedenfalls aber ohne Bedeutung.

Nach wie vor schwierig bleibt die Abgrenzung der Vorgaben des ProdSG zu anderen spezialgesetzlichen Regelungen für Produkte, die gem. § 1 Abs. 3 ProdSG nicht ausdrücklich dem Anwendungsbereich des ProdSG entzogen sind. Ähnlich der aus dem GPSG a. F. bekannten abstrakten Abgrenzungsregelung statuiert § 1 Abs. 4 ProdSG, dass der Geltungsanspruch des ProdSG nur so weit reicht, wie in anderen Rechtsvorschriften nicht „entsprechende oder weitergehende“ Vorschriften vorgesehen sind. Diese Regelung wurde in Bezug auf „weitergehende“ Vorschriften bereits während der Geltung des GPSG a. F. als europarechtswidrige Umsetzung der Allgemeinen Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG kritisiert (Bechmann, 1978). Dies deshalb, weil es mit Blick auf die Umsetzung europäischer Vorgaben nicht darum gehen kann, ob andere Vorschriften „weitergehende“ Regelungen enthalten, sondern darum, ob bestimmte Produktbereiche von einer anderen Vorschrift als *lex specialis* erfasst werden (Bechmann, 1978). Während das deutsche Gesetz die Abgrenzung über entsprechende oder weitergehende Anforderungen leisten will, geht das EG-Recht von spezifischen Anforderungen aus. Dies meint insoweit nicht dasselbe (Bamberg und Coenenberg, 1994), denn auch mindere Anforderungen, mit geringerem Umfang können spezifischere Anforderungen sein. Konform des EG-Rechts bedarf die Vorschrift damit einer einengend-restriktiven Leseart, die den Vorrang der Spezialgesetze bei der Existenz spezifischer Anforderungen belässt

(Bamberg und Coenenberg, 1994). Selbst wenn produktbezogene Spezialregelungen also liberalere Anforderungen als das ProdSG enthalten (z. B. mit Blick auf die Berücksichtigung des vorhersehbaren Fehlgebrauchs), bleiben sie mit Blick auf das ProdSG sehr wohl *lex specialis* und ließen bei europarechtskonformer Betrachtung für die subsidiäre Anwendung des Produktsicherheitsgesetzes keinen Raum. Die Allgemeine Produktsicherheitsrichtlinie 2001/95/EG erhebt ihren ergänzenden Geltungsanspruch gem. Art. 1 II ausdrücklich nur dann, wenn das betroffene Verbraucherprodukt keinen „spezifischen“ Bestimmungen unterliegt, „die dasselbe Ziel verfolgen“. Ausweislich der Gesetzesbegründung zum ProdSG scheint der Gesetzgeber diesen Vorrang der *lex specialis* immerhin mit Blick auf die für „Stoffe“ und „Zubereitungen“ anzuwendenden Vorschriften des europäischen Chemikalienrechts anzuerkennen (Bechmann, 1978).

4.1.2 Anwendung dieser Grundsätze auf die Schnellladestation

4.1.2.1 ProdSG

Es ist damit zu prüfen, ob und wenn ja unter welche Normen die Ladestationen einzuordnen ist. Dies setzt voraus, dass diese Normen auch auf Schnellladesysteme bzw. die Ladestationen anwendbar sind.

Zu klären ist hier in erster Linie, ob es speziellere Regelungen gibt, die eine Anwendung des ProdSG bzw. der ProdSV ausschließen, da nach § 1 IV ProdSG, die Vorschriften des ProdSG nicht gelten, soweit in anderen Rechtsvorschriften entsprechende oder weitergehende Vorschriften existieren. Solche Vorschriften könnten sich im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) befinden, welches primär den Zweck verfolgt einen wirksamen und unverfälschten Wettbewerb sicherzustellen. Hier könnte möglicherweise auf § 49 EnWG abgestellt werden, der hierbei spezifisch die Sicherheit von Energieanlagen regelt. Damit stellt sich die Frage, ob die Schnellladestation möglicherweise eine

Energieanlage i. S. v. § 3 Nr. 15 EnWG ist, womit durch § 49 EnWG eventuell eine das ProdSG verdrängende Vorschrift existieren könnte. Dies hätte dann zur Folge, dass die Anlage so zu errichten und zu betreiben ist, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist, wobei nach § 49 Abs. 1 S. 2 EnWG vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten sind. § 49 Abs. 2 EnWG konkretisiert dies insoweit, als dass die Einhaltung dann vermutet wird, wenn die Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (Nr. 1), die Regeln der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (Nr. 2) eingehalten worden sind. Die Bundesnetzagentur kann weiterhin nähere Bestimmungen treffen, wobei insoweit die DIN Normen zu berücksichtigen sind. Im Gegensatz dazu regelt das Produktsicherheitsgesetz in § 4 Abs. 1 ProdSG, dass bei der Beurteilung, ob ein Produkt den Anforderungen nach § 3 Abs. 1 oder Abs. 2 entspricht, harmonisierte (also europaweit geltende) Normen zugrunde gelegt werden können. Nach § 5 ProdSG können weiterhin auch (nationale) Normen und andere (nationale) technische Spezifikationen zu Grunde gelegt werden, um zu beurteilen, ob ein Produkt den Anforderungen nach § 3 Abs. 1 oder Abs. 2 ProdSG entspricht. Wenn derartige nationale Normen und bzw. oder Spezifikationen vom Ausschuss für Produktsicherheit²² ermittelt und deren Fundstellen veröffentlicht wurden, wird – auf nationaler Ebene – auch für nicht harmonisierte Produkte vermutet, dass diese den Anforderungen des § 3 Abs. 1 oder Abs. 2 ProdSG entsprechen.

Die Schnellladestation ist eine Energieanlage i.S.v. § 3 Nr. 15 EnWG, wenn sie sich um eine Anlage handelt, die der Erzeugung, Speicherung, Fortleitung oder Abgabe von Elektrizität oder Gas dient. Genau diese Zweckbestimmung muss unmittelbar zum Ausdruck kommen (Benger et al., 2009). Bei der Schnellladestation steht primär die Weitergabe von Elektrizität im Vordergrund, sodass der Strom nicht

²² Früher: Ausschuss für technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte

nur fortgeleitet wird sondern auch abgegeben wird, womit es sich folglich um eine Energieanlage nach dem EnWG handelt²³.

Damit regelt das Produktsicherheitsgesetz, wenn man sich den Schutzzumfang beider Gesetze anschaut, im Ganzen, dass sowohl nationale als auch harmonisierte Normen die Sicherheit des Produkts vermuten lassen. Der Schutzzumfang des ENWG fällt insoweit „geringer“ aus, da nur nationale Normen die Vermutungswirkung begründen. Dem Grunde nach verfolgen das EnWG und das ProdSG zwar die gleiche Schutzwirkung, denn die technischen Normen geben die anerkannten Regeln der Technik wieder. Fraglich ist insoweit, ob hier spezifische Bestimmungen i. S. v. mindere Anforderungen vorliegen, die dasselbe Ziel verfolgen. Dass der Schutzzweck des ENWGs als auch der des ProdSG gleichlaufen liegt auf der Hand. Wenn man sich aber vor Augen führt, dass die meisten nationalen Normen praktisch gesehen umgesetzte, harmonisierte Normen sind, dann kann die Vermutungswirkung zugunsten nationaler Normen nur eine Vermutungswirkung zugunsten europäisch umgesetzter Normen sein. Das EnWG hat damit keinen geringeren Schutzzumfang sondern den gleichen Schutzzumfang. Weiterhin gehen europäische Regelungen zwangsläufig den nationalen Regelungen vor, womit das EnWG mit einer Regelung zugunsten nationaler Vorschriften nicht *lex specialis* zu umfangreichen europäisch vorgehenden Vorschriften sein kann. Dies wäre insoweit systemwidrig. Letztlich genießen aber andere Vorschriften, die umfassendere Regelungen haben den Vorrang (Deutsches Institut für Normung e. V., 2012), sodass hier ausnahmsweise das ProdSG umfassendere Regelungen durch eine breitere Fächerung der anzuwendenden Normen bereitstellt. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass nach § 49 Abs. 3 EnWG Anlagen, die in einem anderen europäischen Mitgliedstaat rechtmäßig hergestellt wurden, die Vermutungswirkung hinsichtlich gleicher sicherheitsrechtlicher Anfor-

²³ Ob es sich tatsächlich um eine Fortleitung oder Abgabe handelt ist allerdings umstritten.

derungen zugutekommt. Wenn also gleichwertige Regelungen ausreichend sind, dann müssen auch Anlagen, die den europäischen Standard erfüllen, erst recht rechtmäßig sein. Alles andere würde nicht bezweckte Diskriminierungsfragen nach sich ziehen. Demnach ist nicht das EnWG mit seiner alleinigen nationalen Regelung *lex specialis* sondern das weitergehendere ProdSG, da nationale Regelungen nicht vorrangiger sein können als europäische.²⁴ Da das ProdSG damit anwendbar bleibt, ist weiterhin zu prüfen unter welche Vorschriften die Schnellladestation fällt.

Die Schnellladesysteme sind zunächst keine überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des § 1 Abs.2 Nr.1–3 ProdSG oder Produkte gemäß des Katalogs aus § 1 Abs. 3 ProdSG für welche das ProdSG nicht gilt, so dass grundsätzlich das ProdSG anwendbar ist. Im Übrigen führt die Qualifikation der Anlage als Energieanlage dazu, dass es sich nicht mehr um eine überwachungsbedürftige Anlage i. S. d. ProdSG handeln kann, § 2 Nr. 30 S. 2, 2.HS. ProdSG.

Begrifflich sind die Schnellladesysteme als Produkte im Sinne des § 2 Nr. 22 ProdSG zu bewerten. Zwar besteht eine Ladestation aus einer Anzahl verschiedener (Bau-)Teile, doch auch diese unterfallen jetzt dem gesetzlichen Produktbegriff („Waren, Stoffe oder Zubereitungen“), so dass es nicht darauf ankommt, ob die verschiedenen Teile auch selbständig bewertet werden können. Anzumerken ist hier insoweit, dass die Schnellladestation unter dem Stichwort „Waren“ fällt, welches die Verbraucherprodukte und die im GPSG früher zusätzlich erfassten technischen Arbeitsmittel umfasst. Spezifisch gesehen handelt es sich bei der Schnellladestation um ein Verbraucherprodukt nach § 2 Nr. 26 ProdSG. Hierunter fallen neue, gebrauchte oder wiederaufgearbeitete Produkte, die für Verbraucher bestimmt sind oder unter Bedingungen, die nach vernünftigem Ermessen

²⁴ Derzeit ist dieser Streit allein von theoretischer Bedeutung, da zum jetzigen Zeit weder europäische noch nationale Normen existieren.

vorhersehbar sind, von Verbrauchern benutzt werden könnten, selbst wenn sie nicht für diese bestimmt sind, aber auch Produkte, die dem Verbraucher im Rahmen einer Dienstleistung zur Verfügung gestellt werden. Die Ladestationen werden mit dem Ziel errichtet, dass die Nutzer eines Elektrofahrzeugs ihr Fahrzeug dort aufladen. Sie erbringen damit eine Dienstleistung im Sinne des Bereitstellens von Strom. Bei diesen Nutzern handelt es sich grundsätzlich auch um Verbraucher. Entscheidend ist dabei, dass ein Produkt dann als Verbraucherprodukt bezeichnet wird, wenn es zumindest auch für die Verwendung durch Privatpersonen hergestellt wurde. (Deutsches Institut für Normung e. V., 2012) Weiterhin ist hier, da der Begriff des Verbrauchers weder im ProdSG noch in der Produktsicherheitsrichtlinie definiert ist, der Verbraucherbegriff des BGB (§ 13) zu Grunde zu legen. Die Ladestationen werden damit in der Regel von Verbrauchern benutzt und sind insoweit auch als Verbraucherprodukte zu qualifizieren. Sofern die Station zumindest auch Verbrauchern bereitgestellt wird, gleichgültig ob auch Unternehmer hiervon Gebrauch machen können, ändert es nichts an der Einteilung in die Gruppe der Verbraucherprodukte.

Auch das Anwendungserfordernis des Bereitstellens (§ 22 Nr.4 ProdSG) und der Verwendung aus § 1 Abs.1 ProdSG sind erfüllt (Bechmann, 1978)²⁵. Die Bereitstellung selbst unterliegt den Voraussetzungen des § 3 Abs.1 ProdSG. D.h. Produkte, die einer Rechtsverordnung nach § 8 Abs. 1 ProdSG unterfallen, dürfen nur dann auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn sie den europäischen Rechtsvorschriften genügen. Diese Produkte müssen die in der Verordnung festgesetzten Anordnungen erfüllen. Nach § 8 Abs. 1 ProdSG sind insoweit Rechtsverordnungen zu erlassen, um beispielsweise die von der EU erlassenen Rechtsvorschriften für bestimmte besonders

²⁵ Dabei ist der Begriff des Bereitstellens mit dem bisher geläufigen Begriff des Inverkehrbringens gleichzusetzen (s. Kapoor und Klindt, 2012).

anfällige und regelungsbedürftige Produktgruppen²⁶ umzusetzen. Hier könnte beispielsweise die 1. ProdSV (Verordnung über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt) einschlägig sein.

4.1.2.2 ProdSV

Zu prüfen ist damit, ob die Schnellladestation der 1. ProdSV unterfällt.

Die Schnellladestation ist nicht vom Ausschlusskatalog des § 1 Nr.1 bis 7 1. ProdSV erfasst, da es nicht unter die dort genannten Gegenstände fällt. Demnach ist die Verordnung anwendbar auf die Ladestation, denn bei ihr handelt es sich weder um eine Haushaltssteckvorrichtung noch um eine Vorrichtung zur Stromversorgung von elektrischen Weidezäunen. Folglich sind auch die weiteren Vorschriften der 1. ProdSV für die Ladestation zu beachten. Die weiteren Bereitstellungsvoraussetzungen finden sich in § 2 ProdSV. Die Schnellladesysteme müssen den Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft im Hinblick auf den Stand der Sicherheitstechnik genügen. Die unter die 1. ProdSV fallenden elektrischen Betriebsmittel müssen darüber hinaus mit der CE-Kennzeichnung versehen sein, § 3 ProdSV i. V. m. § 7 ProdSG. Die Voraussetzungen, wann die CE-Kennzeichnung an einem Produkt angebracht werden darf, sind durch die Vorschriften „Für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten“ in der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 (Art. 30) geregelt. Damit muss die Schnellladestation zwingend mit einem CE-Kennzeichen versehen werden. Dieses besagt dann, dass das Produkt allen hierfür in Betracht kommenden Richtlinien entspricht und frei im Binnenmarkt zirkulieren darf. Es wird damit vermutet, dass das Produkt damit den geforderten Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit genügt, denn die Richtlinien beinhalten in der Regel einen Verweis auf den Stand der Technik, der wiederum durch die technischen Normen wiedergegeben wird. Wenn es also

²⁶ Maschinen, Spielzeug, Niederspannung, Aufzüge etc.

eine Norm der europäischen Normungsorganisationen (CEN oder CENELEC) gibt und diese im Amtsblatt der EG veröffentlicht worden ist, wird bei einem entsprechend dieser Norm hergestellten Produkt vermutet, dass es den geforderten Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit genügt (Konformitätsvermutung). Eine Konformitätsbewertung durch eine dritte Partei findet allerdings nicht statt, der Hersteller ist hierfür eigenverantwortlich zuständig. Dabei hat gemäß dem Anhang IV zur Richtlinie 2006/95/EG eine interne Fertigungskontrolle zu erfolgen und der Hersteller hat die technischen Unterlagen entsprechend den Anforderungen der Richtlinie zu erstellen. Ohne die CE-Kennzeichnung darf das Produkt nicht auf den Markt gebracht werden (§ 7 Abs. 2 Nr.2 ProdSG). Folglich ist eine Ladestation nicht ohne die CE-Kennzeichnung marktfähig.

Damit ist festzustellen, dass Ladestationen/Schnellladesysteme technisch sicher sein müssen und mit dem CE-Kennzeichen zu versehen sind. Andernfalls würde dies ordnungsrechtliche und unter Umständen auch strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

4.1.3 Andere Kennzeichnungsmöglichkeiten

Neben dem CE-Kennzeichen existieren noch eine Reihe weiterer Kennzeichnungsoptionen. Im ProdSG geregelt ist das sog. GS-Zeichen. Beiden Zeichen ist gemein, dass sie zumindest gesetzlich geregelt sind. Der Unterschied zwischen den Zeichen besteht aber in erster Linie darin, dass die GS-Kennzeichnung freiwillig erfolgt. Auch alle anderen (denkbaren, sicherheitsrelevanten) Zeichen wie bspw. ENEC, VDE, ÖVE, TÜV, BG sind private Zeichen von einzelnen Prüf- oder Zertifizierstellen oder Vereinbarungen zwischen Prüfhäusern, die schlussendlich nicht zwingend sind.

Demnach besteht für die Ladestation nur die Pflicht eine CE-Kennzeichnung anzubringen. Das Zeichen selbst trifft damit nur die

Aussage, dass das Produkt allen europäischen dafür zutreffenden Gemeinschaftsrichtlinien entspricht und frei im gesamten europäischen Binnenmarkt in den Verkehr gebracht werden darf. Das Produkt muss zwar sicher sein, da es sonst den Vorschriften zuwiderlaufen würde, es beinhaltet aber gerade keine sachbezogene Güteaussage oder gar eine Qualitätsüberwachung. Hierzu bedarf es der freiwilligen, privaten Zeichen.

Demnach bemisst sich der zwingende Sicherheitsmaßstab einer Schnellladestation einzig und allein nach der notwendigen Anbringung eines CE-Kennzeichens.

4.1.4 Exkurs: Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)

Nur am Rande soll noch auf das dem Abfallrecht zugeordnete Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) aufmerksam gemacht werden. Der Hersteller einer (öffentlichen) Schnellladestationen müsste insoweit folgendes beachten: Die Schnellladestation ist ein sog. B2B-Gerät (business-to-business-Gerät). Darunter fallen solche Elektro- und Elektronikgeräte, für die der Hersteller gem. § 6 Abs. 3 S. 2 ElektroG glaubhaft machen kann, dass sie ausschließlich in anderen als in privaten Haushalten genutzt werden können oder gewöhnlich nicht in privaten Haushalten genutzt werden. Zu den Abfällen aus privaten Haushalten zählen also Elektro- und Elektronikgeräte, die typischerweise in privaten Haushalten Verwendung finden (GGEMO, 2012a). Für eine Qualifikation als B2C-Gerät (Business-to-Consumer-Gerät) soll es allerdings nach dem Willen des Gesetzgebers genügen, auch wenn dies aus dem Gesetzeswortlaut („gewöhnlich“) nicht eindeutig hervorgeht, dass allein die Möglichkeit zur Nutzung des betreffenden Gerätes in einem Privathaushalt ausreicht (GGEMO,

2012a)²⁷. Die Nutzung einer Schnellladestation in Privathaushalten ist jedenfalls auf Grund der Überlastung des Stromnetzes unwahrscheinlich und dürfte auch nicht notwendig sein, weil das langsamere Aufladen in Privathaushalten ausreichend ist, sodass die Einordnung als B2B-Gerät folgerichtig erscheint. Jeder Hersteller ist gem. § 6 Abs. 2 ElektroG verpflichtet, sich bei der Stiftung Elektro–Altgeräte Register EAR registrieren zu lassen. Geräte aus privaten Haushalten müssen zudem mit dem Symbol nach Anhang II ElektroG gekennzeichnet werden (durchgestrichene Mülltonne), welches den Verbraucher darauf hinweisen soll, dass das Elektrogerät nicht mit dem allgemeinen Hausmüll, sondern gesondert zu entsorgen ist. Die Schnellladestation als B2B-Gerät müsste folglich nicht mit einem derartigen Kennzeichen versehen werden. Allerdings ist zu beachten, dass in einigen europäischen Ländern auch bei B2B-Produkten eine derartige Kennzeichnung Pflicht ist²⁸.

4.2 Rechtslage in Frankreich

4.2.1 Anwendbare Vorschriften und Normen im Bereich der Elektromobilität

Nunmehr soll geprüft werden, welchen Rechtsnormen die Schnellladestation in Frankreich unterfallen würde.

Für den Gebrauch von Elektroautos sind in Frankreich derzeit folgende Vorschriften relevant: Hinsichtlich der Installation kommt das Dekret Nr. 2011–873 vom 25. Juli 2011, das die Anforderungen an Ladestellen innerhalb von Häusern und im tertiären Sektor, sowohl in neuen als auch bestehenden Häusern festhält, zur Anwendung. Weiterhin

²⁷ Vgl. Begr. zum Gesetz (Deutscher Bundestag 2004)

²⁸ Hierzu zählt Frankreich nicht, auch dort müssen B2B-Produkte keine derartige Zeichnung tragen.

besteht ein Erlass vom 20. Februar 2012 in Bezug auf die Anwendung der Artikel R111–14–2 – R111–14–5 (elektrische Einrichtung und das Laden) des Code de la construction et de l’habitation. Im Bereich der nationalen französischen Normen gibt es drei Normen: NF C 14–100: Einrichtung der Niederspannungsleitung, NF C 15–100: Einrichtung elektrischer Niederspannung, die NF C 17–200: Einrichtung der Außenbeleuchtung sowie zusätzliche Interpretierungshilfen, (NF C 15–100 – IRVE: F15, F17, F22; NF C 17–200 – IRVE: F 11). Auch ein Anwendungshinweis (Guide UTE C 15–722/C 17–222) (GGEMO, 2010) für Ladestationen wurde veröffentlicht. Hinsichtlich der Produkte und Systeme besteht die nationale französische Norm NF C 61–314 (Stecker für den Haushalt und ähnliche Anwendungen) sowie die CEI 62196 und die Norm CEI 61851, CEI 60364, CEI SC21A, ISOTC22/SC21, JWG CEI/ISO V2G (Übernahme der Angaben) (Hölk, 2012).

Auch die EG-Richtlinien, die in Deutschland zum Produktsicherheitsgesetz und zur 1. ProdSV (und vielen weiteren) führten, als Produkt europäischer Harmonisierungsbestrebungen, wurden in Frankreich umgesetzt.

4.2.2 Code de la Consommation

Es gibt in Frankreich kein eigenes Produktsicherheitsgesetz. Die Vorschriften wurden allerdings im Code de la Consommation vom 09. November 2012 in den Vorschriften Artikel L221–225 eingefügt (E DIN EN 61851–24, 2012).

Der Code de la Consommation besteht aus 5 Büchern, die Sicherheit von Produkten befindet sich im 2. Buch, 2. Titel. Weiterhin ist der Code de la Consommation im Abschnitt Sicherheit in 3 „Kapitel“ eingeteilt. Im ersten „Kapitel“ geht es in den Artikeln L221–1 – L221–11 um die Vorbeugung; in Kapitel II geht es um die Kriterien der

Übereinstimmungsbewertung (Artikel L222–1 bis L222–3) und in Kapitel V um unterschiedliche Bestimmungen (Artikel L 225–1). Hier sollen nur die Artikel vorgestellt werden, die für die Ladestation später relevant sein werden²⁹.

Hiernach heißt es in Artikel L221–1, dass die Produkte und Dienstleistungen die Sicherheit aufweisen müssen, die grundsätzlich erwartet werden kann und die zu keiner Gesundheitsbeeinträchtigung führen darf. Artikel L221–2 schreibt vor, dass Produkte, die den Anforderungen des Artikel L221–1 nicht nachkommen, entweder verboten sind oder unter den Bedingungen der nachfolgenden Bestimmungen zulässig werden können. Es wird weiterhin im Artikel L221–3 vorgeschrieben, dass Dekrete die Bedingungen festlegen unter denen die Herstellung, Ein/Ausfuhr, Verkauf etc. erfolgen soll. Diese schreiben auch die Hygienebedingung für Arbeiter, die am Entstehungsprozess mitwirken, vor. In diesen Dekreten kann dann auch angeordnet werden, dass die Produkte vom Markt genommen werden müssen, sowie auch die vollständige Zerstörung des Produkts in den Fällen in denen keine Sicherheit mehr zu erwarten ist. In Artikel L221–5 geht es darum, dass beauftragte Minister bei ernster oder unmittelbarer Gefahr durch die Produkte, kann der Handel mit diesen für eine Dauer, die kein Jahr überschreiten darf, untersagt werden. Sie haben ebenfalls die Möglichkeit, die Verbreitung von Verwarnungen oder von Beschäftigungsvorsichtsmaßnahmen sowie den Rückruf angesichts eines Austausches oder einer Änderung oder einer vollen oder partiellen Rückzahlung zu anzuordnen. Sie können unter denselben Bedingungen die Erbringung einer Dienstleistung aussetzen. Wenn der Fehler dann behoben ist, können die Produkte wieder in den Markt eingeführt werden. Diese Erlässe werden die Bedingungen festlegen, nach denen die Hersteller, Importeure, Händler oder Dienstleistungserbringer zur Kostentragung herangezogen werden können. Die

²⁹ Im Anhang erfolgt dann eine Erklärung aller Vorschriften.

Erlässe können nach demselben Verfahren für zusätzliche Perioden verlängert werden, von denen jede kein Jahr überschreiten darf.

Artikel L221–8 weist darauf hin, dass die im vorliegenden Titel vorgesehenen Maßnahmen nicht ergriffen werden können, wenn die Produkte oder Dienste gesetzgebenden Sonderregelungen (gesetzliche Regelungen oder EU–Verordnungen) unterliegen, die zum Gegenstand den Schutz der Verbraucher haben, außer bei Gefahr im Verzug nach Artikel L221–5/6.

Nach Artikel L222–1 gilt ein Produkt dann als zufriedenstellend, wenn es mit den spezifischen Regelungen in Einklang steht, die für das Produkt anwendbar sind und die den Schutz der Gesundheit und Sicherheit im Fokus haben.

Abschließend stellt Artikel L225–1 klar, dass zukünftige Dekrete bei Notwendigkeit die Anwendungsvorschriften des vorliegenden Titels (damit ist der Abschnitt Sicherheit, des Code de la Communication gemeint, also praktisch die kompletten vorherigen Vorschriften) konkretisieren können.

4.2.3 Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995

Die Niederspannungsrichtlinie (1.ProdSV in Deutschland) findet sich in Frankreich im Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995 (abgeänderte Version durch Dekret 2003–935 vom 25. September 2003) wieder. (BMW Group Technologiekommunikation, 2012)

Die Richtlinie 73/23/EG trat am 26.09.1974 in Kraft. Mit der Richtlinie 93/68/EG, die die CE–Kennzeichnung ab dem 01. Januar 1997 zwingend vorschreibt, wurde erstere Richtlinie abgeändert. Die neueste Richtlinie 2006/95/EG, die am 16. Januar 2007 in Kraft trat, kodifiziert und verkürzt die ursprüngliche Richtlinie 73/23/EG, d.h. sie übernimmt die alten Regelungen der Richtlinie ohne dass Änderungen

vorliegen. Insoweit hat sich Frankreich entschlossen keine Umsetzung in nationales Recht durchzuführen, da dies nicht notwendig war. Das Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995 (abgeänderte Version durch Dekret 2003–935 vom 25. September 2003) bleibt daher in Kraft (IEEE et al., 2012; Bundesministerium für Umwelt, 2012).

Auch hier sollen nur die relevanten Vorschriften vorgestellt werden³⁰. In Artikel 1 wird der Anwendungsbereich der elektrischen Betriebsmittel zur Verwendung bei einer Nennspannung zwischen 50 und 1.000 V für AC und zwischen 75 und 1.500 V für DC aufgezeichnet. Ausgenommen sind dann:

- elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in explosionsfähiger Atmosphäre,
- elektro–radiologische und elektro–medizinische Betriebsmittel,
- elektrische Teile von Personen– und Lastenaufzügen,
- Elektrizitätszähler,
- Haushaltssteckvorrichtungen,
- Vorrichtungen zur Stromversorgung von elektrischen Weidezäunen,
- spezielle elektrische Betriebsmittel, die zur Verwendung auf Schiffen, in Flugzeugen oder in Eisenbahnen bestimmt sind und den Sicherheitsvorschriften internationaler Einrichtungen entsprechen, denen die Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft angehören.

Das Dekret gilt ferner nicht für die Funkentstörung elektrischer Betriebsmittel.

In Artikel 2 heißt es dann, dass Produkte nur hergestellt, importiert, zurückgehalten, verkauft, vermietet oder gratis verteilt werden dürfen, die in Artikel 1 erfasst sind und die den beiden folgenden Bedingungen entsprechen:

³⁰ Im Anhang erfolgt eine Erklärung aller Vorschriften.

- gem. den Regeln der Kunst hergestellt, die hinsichtlich der Sicherheit bestehen und auch bei richtiger Installation, Nutzung und Instandhaltung die Sicherheit von Menschen, Nutztieren sowie das Eigentum nicht gefährden
- die CE-Kennzeichnung nach Artikel 8 aufweisen.

4.2.4 Anwendung auf die Schnellladestation

Nach Artikel L221–1 des Code de la Consommation müssen die Produkte die Sicherheit aufweisen, die man regelmäßig erwarten darf und die zu keiner Gesundheitsbeeinträchtigung führen darf. Eine Definition des Wortes Produkt wie es das deutsche ProdSG kennt, gibt es im französischen Code de la Consommation nicht. Die einzigen Begriffserklärungen beziehen sich lediglich auf den Hersteller und Händler. Demnach muss der Begriff alle denkbaren Produktgruppen enthalten, da ansonsten eine Ausnahmeregelung hätte erfolgen müssen. Im Übrigen muss sich der Begriff an die europäischen Vorgaben orientieren, sodass auch die Schnellladestation dem Artikel L221–1 unterfällt. Artikel L221–1–1 ist nicht einschlägig, d.h. es handelt sich weder um eine Antiquität noch um gebrauchte Produkte, die vor ihrer Verwendung instand gesetzt oder wiederaufgearbeitet werden müssen, sodass das Gesetz anwendbar ist. Auffällig ist hier auch, dass das Gesetz keine Regelung hinsichtlich spezieller Vorschriften trifft, wie es mit der Vorschrift des § 1 Abs. 4 ProdSG der Fall ist. Das Produkt gilt weiterhin als sicher i.S.v. Artikel L221–1, wenn es mit den „spezifischen Regelungen“ in Einklang steht, die für das Produkt anwendbar sind und die sich auf die Sicherheit beziehen. Möglicherweise fällt unter den Begriff der „spezifischen Regelung“ das Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995. Dieses bezieht sich auf elektrische Betriebsmittel, worunter auch die Ladestation fallen könnte. Das erscheint hier sachgemäß zu sein, da mit „spezifischen Regelungen“ auch Dekrete erfasst sein müssten, andernfalls hätte eine präzisere Formulierung erfolgen müssen, so wie es beispielsweise in Artikel L221–8 mit EG–

Verordnungen und Rechtsvorschriften, womit aber nur die Gesetze, die Entscheidung des Präsidenten, die nicht umgesetzten Richtlinien und spezifisch nochmals die EG-Verordnungen gemeint sein können, der Fall ist (Brown, 2010). Der Ausdruck spezifische Regelungen scheint insoweit ein Überbegriff zu sein unter den die Gesamtheit der denkbaren Vorschriften erfasst wird.

Andernfalls wäre zu überlegen, ob das Dekret von 1995 mit Hilfe der Vorschrift des Artikel L221–3 zur Anwendung kommt. Danach wird festgelegt, dass Dekrete vom Staatsrat, die nach der Empfehlung der Kommission für Sicherheit der Verbraucher entstanden sind, folgende näher ausgeführte Bedingungen enthalten können. Das Dekret von 1995 setzt insoweit die Niederspannungsrichtlinie der EG-Kommission um und dürfte demnach also kein Produkt der Verbraucherkommission sein. Bei genauerer Betrachtung wird aber eingangs des Dekrets niedergeschrieben, wer bei der Umsetzung beteiligt war. (BMW Group Technologiekommunikation, 2012) Dies sind zum einen die Regierung, aber auch der Staatsrat und die Verbraucherkommission. Allerdings heißt es vor dem Artikel 1 nur, dass die Empfehlung zur Kenntnis genommen wurde sowie nach Anhörung des Staatsrates. Des Weiteren erfolgt die Umsetzung von Richtlinien in Frankreich primär durch das Parlament (Bratzel, 2009). Außerdem scheint es sich bei der Vorschrift des Artikels L221–3 um eine Vorschrift zu handeln, die den Regelungsbedarf primär dem französischen Gesetzgebungsapparat auferlegt, sodass die Dekrete das Produkt französischer Überlegungen sein sollten und damit keinen europäischen Ursprung haben sollten (Devol AG, 2012). Strenggenommen dürfte das Dekret von 1995 damit kein Dekret i. S. v. Artikel L221–3 sein.

Auch die Vorschrift des Artikel L225–1 bietet nicht den Einstieg für das Dekret von 1995, da diese Vorschrift für die Zukunft formuliert ist, das Dekret von 1995 aber zu diesem Zeitpunkt bereits bestand. Damit bestimmt sich der Sicherheitsmodus über den Artikel L222–1 i. V. m. dem Dekret von 1995.

Das Dekret ist anwendbar, da die Ladestation nicht dem Artikel 1 unterfällt, weder handelt es sich um eine Haushaltssteckvorrichtung noch um eine Vorrichtung zur Stromversorgung von elektrischen Weidezäunen. Demnach muss die Ladestation gem. Artikel 2 den Regeln der Kunst entsprechen und mit dem CE-Zeichen versehen werden. Damit zeigt sich auch in Frankreich, dass die Sicherheit über das CE-Kennzeichen garantiert werden soll, indem der Hersteller das Zeichen anbringt und damit signalisiert, dass das Produkt folglich sicher ist, weil es keinen EG-Vorschriften zuwiderläuft. Der Hersteller muss dann weiterhin eine Konformitätserklärung abgeben und daneben die technische Dokumentation bereithalten. Gleichzeitig werden die Regeln der Kunst durch die technischen Normen konkretisiert, sodass auch hier genau wie im deutschen Recht die Verknüpfung Stand der Technik – technische Normen gewährleistet ist.

4.2.5 Weitere Kennzeichnungsmöglichkeiten

Die Kennzeichnung NF entspricht dem deutschen GS-Zeichen. Das Zeichnen NF ist insoweit freiwillig und garantiert nicht nur die Qualität sondern auch die Sicherheit des Produkts. Dabei bezieht es sich auf nationale französische, europäische oder internationale Normen sowie übergeordnete Qualitätserfordernisse von Verbrauchern. Das NF-Kennzeichen gibt es für industrielle Produkte und Verbraucherprodukte (Zeichen NF) für ökologische Produkte (NF Umwelt) und für Dienstleistungen (NF Service) (E DIN EN 61851–23, 2012). Vergeben wird das Zeichen von der AFNOR CERTIFICATION. (French, 1986) Hier fällt auch die Ähnlichkeit mit der Normung NF-XXXX auf. NF-Normen und das NF-Zeichen dürfen jedoch nicht verwechselt werden, da es sich um zwei vollkommen unterschiedliche Elemente handelt.

4.3 Europarechtliche Bewertung

4.3.1 Vorüberlegungen

Um dem langfristigen, europäischen Ziel des Umweltschutzes gebührend Rechnung zu tragen, ist ein Umstieg auf Elektroautos zwingend erforderlich. Der Erwerb eines Elektroautos wird aber für den Verbraucher letztlich nur dann effektiv in Betracht gezogen werden, wenn eine grenzüberschreitende Nutzung gewährleistet sein wird. Für eine grenzüberschreitende Nutzung ist es allerdings von ausragender Bedeutung, dass die europäischen Mitgliedstaaten einheitliche Schnellladestationen vertreiben, da bei unterschiedlichen Systemen eine länderbezogene Einschränkung der Verwendung geradezu vorprogrammiert ist.

Hierbei lassen sich für eine Vereinheitlichung der Schnellladestationen insoweit drei Ansätze erkennen. Zum einen wäre eine simple Verständigung der Automobilhersteller auf ein Steckersystem denkbar. Zum anderen wäre auch eine Betrachtung ausgehend vom Sicherheitsaspekt tragfähig, sofern sich herausstellen sollte, dass ein System sicherer ist als das andere, mit der Folge, dass eine Ausgestaltung durch Normung erfolgen müsste. Schließlich ist auch eine klassische europäische Harmonisierungslösung ins Auge zu fassen. Nachfolgend werden alle drei Ansätze systematisch vorgestellt und abschließend zusammenfassend gewürdigt.

4.3.2 Verständigung der Hersteller

Vor nicht allzu langer Zeit befand die EU-Kommission, dass die Vielzahl an bestehenden Mobiltelefon-Ladegeräten sowohl für die Verbraucher als auch für die Umwelt ein ernsthaftes Problem sei, welches mit einem einzigen Ladegerät, dass zugleich mit den verschiedenen Marken kompatibel ist, gelöst werden könne. Daraufhin stellte sie den

Mobiltelefon-Herstellern ein Ultimatum, gemeinsame Normen für Ladegeräte anzunehmen oder verbindlichen EU-Rechtsvorschriften unterstellt zu werden (Capgemini, 2012). Im Juni 2009 einigten sich dann vierzehn Handy-Hersteller (EUROSTAT, 2007) im Rahmen einer Absichtserklärung einheitliche Ladegeräte für die in der EU vertriebenen datenfähigen Mobiltelefone zu vertreiben (Fischer, 1982). Die EU-Kommission erteilte dann den europäischen Normungsorganisationen CEN/CENELEC und ETSI den Auftrag, europäische Normen für ein einheitliches Mobiltelefonladegerät zu entwickeln. Die Normungsorganisationen veröffentlichten dann Ende Dezember 2010 neue technische Normen (EN 301489-34 – EN 62684) für datenfähige Handys. (Geldermann, 2006) Eine deutsche Fassung der Norm EN 62684:2010 wurde im Mai 2011 veröffentlicht (Flasbarth, 2010). Das gemeinsame Ladegerät beruht auf der Technologie der Mikro-USB-Stecker. Bei Geräten, die über keine entsprechende Schnittstelle verfügen, ist nach der Absichtserklärung die Verwendung eines Adapters zulässig (ACEA, 2012). Diese Vorgehensweise ist durchaus auch auf die Schnellladesysteme übertragbar, wenn sich die Automobilhersteller untereinander einigen nur noch ein bestimmtes Steckersystem zu vertreiben. Allerdings hängt dies auch maßgeblich von der bestehenden Infrastruktur ab. Dadurch, dass das Chademo-System bereits eine beträchtliche Ausweitung erfahren hat, wäre eine Verständigung auf dieses System zum jetzigen Zeitpunkt wohl am wahrscheinlichsten. Jedenfalls aber steht eine derartige Verständigung noch mit anderen nicht steuerbaren Faktoren im Zusammenhang, da im Gegensatz zum Mobiltelefon, das von den Herstellern gemäß der getroffenen Vereinbarung mit der entsprechenden Schnittstelle und mit dem entsprechenden Ladegerät, das gleichzeitig beim Kauf mitgeliefert werden kann, selbst ausgestattet wird, die Schnellladestationsherstellung im Belieben des jeweiligen Stationsherstellers liegt. Selbst wenn es also zu einer Verständigung der Automobilhersteller kommt, müsste dies zwangsläufig auch auf die Stationshersteller ausgeweitet werden, da das Auto und die Station miteinander harmonisieren müssen und das

eine daher maßgeblich von dem anderen abhängig ist. Gerade eine derartige simple, einvernehmliche Lösung wird angesichts des hohen Kostenfaktors solcher Systeme wenig wahrscheinlich sein.

4.3.3 Normung

Denkbar wäre weiterhin, dass die Normungsgremien sich tatsächlich auf eine einzige Norm verständigen. Dies vor dem Hintergrund, dass eines der bestehenden Systeme tatsächlich sicherer wäre. Der Unterschied zwischen alleiniger Normung und Harmonisierung besteht letztlich darin, dass die „Verbindlichkeit“ der Normen nur über eine direkte gesetzliche Grundlage möglich ist, indem beispielsweise auf den Stand der Technik verwiesen wird, der ja gerade durch die technischen Normen wiedergegeben wird. Entscheidend bei der Harmonisierung ist die vorherige Verabschiedung einer Richtlinie bzw. Verordnung. Sofern es zur Verabschiedung einer Richtlinie kommt, gestaltet sich die Arbeitsweise³¹ der EU dahingehend, dass diese zusätzlich auch europäische Normen benötigen. Diese sind unverzichtbar, da die EU-Richtlinien keinerlei detaillierte technische Spezifikationen formulieren, sondern nur grundlegende Anforderungen festlegen, die sich vor allem auf den Gesundheitsschutz und die Sicherheit der Nutzer beziehen. Insofern werden innerhalb der Richtlinien die zu erreichenden Ziele sowie die abzuwendenden Gefahren und Risiken definiert, ohne dass zugleich die technischen Lösungen dafür festgelegt werden. Die wiederum finden sich in den sogenannten harmonisierten Normen, die den Herstellern als Hilfestellung zur Risikoanalyse und bei der Umsetzung der grundlegenden Anforderungen dienen. Werden Produkte nach diesen Normen entworfen und hergestellt, wird davon ausgegangen, dass sie den für sie geltenden grundlegenden Anforderungen der jeweiligen EU-Richtlinie entsprechen (Konformitätsvermutung) (Geldermann, 2003). Das bedeutet folglich, dass Richtlinien zur

³¹ Seit 1985 nach der sog. Neuen Konzeption, bisher sind 26 Richtlinien verabschiedet worden.

Konkretisierung technischer Normen bedürfen. Gleichwohl aber können technische Normen auch ohne Richtlinien vorliegen. Wenn aber eine Bindungswirkung der Normen erzielt werden soll, dann kann dies nur durch unmittelbar anwendbare Verordnungen oder durch von den Mitgliedstaaten in nationales Recht umzusetzende Richtlinien erfolgen. Ohne diesen zusätzlichen Schritt fehlt es letztlich an einer verbindlichen Rechtsangleichung, da zwar Normen existent sind, die einzelnen Mitgliedstaaten keine Verpflichtung trifft, mangels bestehenden Verweises auf den Stand der Technik, diese zu befolgen. Dieser Ansatz könnte auch für die Schnellladestationen tragfähig sein, wenn eine verbindliche europaweit geltende Regelung nicht notwendig ist. Da aber die Schnellladestation mit einem CE-Kennzeichen zu versehen ist, der bestätigt, dass das Produkt allen hierfür in Betracht kommenden EU-Richtlinien entspricht, solche aber noch gar nicht existieren, wäre nicht nur einer Verständigung auf einheitliche Normen wünschenswert, sondern auch der zusätzliche Schritt, einer rechtsverbindlichen Ausgestaltung durch eine Richtlinie. Im Rahmen dieser Normung könnte dann auch tatsächlich die Einigung auf ein einheitliches System wie im Bereich der Mobiltelefon-Ladegeräte durchaus förderlich zu sein, dies allerdings nur vor dem Hintergrund, dass das eine System sicherer ist als das andere. Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich steht insoweit fest, dass die Schnellladestation mit einer CE-Kennzeichnung versehen werden muss, wodurch die Sicherheit durch Übereinstimmung mit EG-Richtlinien gewährleistet werden soll. Warum das so ist, liegt auf der Hand. Die EG-Kommission selbst hatte dies durch die Verabschiedung von (Produktsicherheits-) Richtlinien so gewollt. Die zukünftige Verabschiedung von Richtlinien hinsichtlich der Ladestationen und Stecker knüpft insoweit an die vorherigen Richtlinien an bzw. vervollständigt deren maßgeblichen Aussagegehalt. Damit ist eine verbindliche Regelung durchaus notwendig, da ansonsten das Versehen mit dem CE-Kennzeichen mangels derzeit bestehender EG-Richtlinien obsolet wäre. Das CE-

Kennzeichen würde keinerlei Bedeutung zukommen, da keine Richtlinien bestehen, die vorschreiben wie diese Stationen aussehen sollen.

4.3.4 Harmonisierung

Wenn in den einzelnen Mitgliedstaaten unterschiedliche Regelungen gelten, kann es für die EU-Kommission unter gewissen Umständen unabdingbar werden eine Harmonisierung anzustrengen, um eine einheitliche Regelung zu erwirken. Die Harmonisierung auf direkter Ebene bietet insoweit eine Möglichkeit, einheitliche Systeme für Europa durchzusetzen. Dabei kann die EU-Kommission unter anderem Verordnungen mit sofortiger Wirkung und auch Richtlinien, die in einem weiteren Schritt einer mitgliedstaatlichen Umsetzung bedürfen, erlassen. Dabei ergeht eine Harmonisierungsmaßnahme in der Regel dann, wenn Handelshemmnisse bestehen bzw. wahrscheinlich entstehen können oder spürbare Wettbewerbsverzerrungen hervorgerufen werden. In diesem Abschnitt soll insoweit geklärt werden, wann eine Harmonisierung erfolgen kann und welche Grenzen der Rechtsangleichung entgegenstehen. Dabei ist vornehmlich die Frage zu klären, ob eine Beeinträchtigung der Warenverkehrsfreiheit und somit ein tarifäres Handelshemmnis vorliegen könnte, was letztlich dazu führen könnte, dass eine Harmonisierung möglicherweise gar nicht durchgeführt werden kann.

4.3.4.1 Rechtsangleichung

Zu klären ist insoweit, ob die Harmonisierung hinsichtlich der Stecker und Stationen überhaupt zulässig ist.

Ziel der Union ist nach Art. 26 AEUV die Herstellung des Binnenmarktes, d.h. eines Raums ohne Binnengrenzen, in dem der freie Verkehr von Waren, Personen, Dienstleistungen und Kapital gemäß den Bestimmungen der Verträge gewährleistet ist. Dies soll nach Art. 114 AEUV durch Maßnahmen zur Angleichung der Rechts- und Verwal-

tungsvorschriften der Mitgliedstaaten, welche die Errichtung und das Funktionieren des Binnenmarkts zum Gegenstand haben, verwirklicht werden. Daneben gibt es mit Art. 115, 352 AEUV noch weitere Kompetenzen, die aber hier nicht relevant sind, sodass nähere Ausführungen hierzu ausbleiben. Hinter den Angleichungskompetenzen der Union steht insoweit der Gedanke, dass unterschiedliche Rechtsordnungen ein Hindernis auf dem Weg zu einem „Gemeinsamen Markt“ darstellen können und dies umso gravierender ist, je mehr sich die internationalen Wirtschaftsbeziehungen ausweiten. In der Konsequenz ist der Union die Rechtsharmonisierung zur Behebung solcher unionsspezifischer Funktionsstörungen aufgegeben. Die Rechtsangleichung hat damit drei Aufgaben: die Ermöglichung und Erleichterung der Ausübung der Grundfreiheiten des Gemeinsamen Marktes, die Beseitigung und Verhinderung der durch Rechtsunterschiede in der Union hervorgerufenen Wettbewerbsverzerrungen und Produktionsverlagerungen und schließlich die Schaffung solider Rechtsstrukturen als Grundlage für die wirtschaftliche und institutionelle Verfestigung der Union (IEA, 2009). Hierbei verfügt die Union über die in Art. 288 AEUV aufgezählten Instrumente. In erster Linie sind es die Verordnung und die Richtlinie derer sich die Union bedient. Eher in Ausnahmefällen kommt ein Beschluss oder eine (unverbindliche) Empfehlung/Stellungnahme in Betracht. Hauptanwendungsbereich ist in der Regel der freie Warenverkehr.

Die Angleichungsmaßnahmen gem. Art. 114 AEUV richten sich nach Art. 294 AEUV und erfolgen nach Anhörung des Wirtschafts- und Sozialausschusses. Die Angleichungsziele können weiterhin durch verschiedene Techniken verwirklicht werden. So können rechtliche Hindernisse dadurch beseitigt werden, dass die rechtlichen Bedingungen für das Inverkehrbringen eines Erzeugnisses unionsweit durch Richtlinien vereinheitlicht und entgegenstehendes Recht ausgeschlossen wird (totale Angleichung). Die Regelung kann es den Mitgliedstaaten aber auch freistellen, das Inverkehrbringen der auf ihrem Hoheits-

gebiet erzeugten Produkte zu regeln und ihnen nur aufgeben, die Einfuhr solcher Produkte ungehindert zuzulassen, die den unionsrechtlich festgesetzten Bedingungen entsprechen (optionelle Angleichung) (IEA, 2009). Das Ziel der Beseitigung der Unterschiede des materiellen Rechts der Mitgliedstaaten führt aber letztlich zwangsläufig dazu, dass die Zuständigkeit für den Erlass eigener Regelungen beschnitten ist, es entfaltet sich insoweit eine Sperrwirkung. Eine Harmonisierungsmaßnahme darf jedoch nur dann ergehen, wenn ein Binnenmarktbezug der zu harmonisierenden nationalen Regelungen besteht. Ein solcher Bezug ist nur dann gegeben, wenn Handelshemmnisse bestehen bzw. wahrscheinlich entstehen können oder spürbare Wettbewerbsverzerrungen hervorgerufen werden (Manz et al., 2000). Die Regelung des Art. 114 AEUV darf von daher nicht dazu verwendet werden, eine Harmonisierung in Bereichen zu ermöglichen, in denen an sich eine Kompetenz der Union nicht besteht. Das Binnenmarkterfordernis ist deshalb ernst zu nehmen. Vorrangiges Ziel muss die Beseitigung von Handelshemmnissen sein. Art. 114 AEUV kann daher auch als Grundlage herangezogen werden, um der Entstehung neuer Hindernisse für den Handel infolge einer heterogenen Entwicklung der nationalen Rechtsvorschriften vorzubeugen. Allerdings muss das Entstehen solcher Hindernisse wahrscheinlich sein und die fragliche Maßnahme ihre Vermeidung bezwecken (IEA, 2009). Rechtsangleichende Maßnahmen sind gem. Art. 2 Abs. 5 AEUV ferner in den Bereichen ausgeschlossen, in denen die Union nur unterstützend, koordinierend oder ergänzend tätig werden darf. Die Maßnahmen i. S. v. Art. 114 AEUV müssen allerdings tatsächlich den Zweck haben, die Voraussetzungen für die Errichtung und das Funktionieren des Binnenmarkts zu verbessern (vgl. EuGH). Die bloße Feststellung von Unterschieden und die abstrakte Gefahr einer Beeinträchtigung der Grundfreiheiten oder daraus entstehender Wettbewerbsverzerrungen reichen nicht aus (vgl. EuGH; IEA, 2009). Weiterhin müssen die Wettbewerbsverzerrungen auch spürbar sein.

4.3.4.2 Grenzen der Rechtsangleichung

Die grundsätzlich weite Anwendbarkeit der Rechtsangleichungskompetenzen nach den Art. 114 ff. AEUV ist nicht schrankenlos gewährleistet. Neben der Beachtung der spezifischen Tatbestandsmerkmale der Vorschriften sind allgemeine Schrankenregelungen des Unionsrechts zu beachten (IEC 62196–1, 2011). Dies sind die Grundrechte, Grundfreiheiten, der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz und der Subsidiaritätsgrundsatz. Eine unstrittige Begrenzung der Rechtsangleichungskompetenz nach den Art. 114 ff. AEUV ergibt sich aus den Grundrechten des Unionsrechts³², wie sie nunmehr in der Charta der Grundrechte der EU niedergelegt sind (Art. 6 Abs. 1 EUV). In ihrer primär die Organe der EU verpflichtenden Dimension (vgl. Art. 51 Abs. 1 GRC) kommt ihnen eine normhierarchische Stellung im Rang des Primärrechts zu (Art. 6 Abs. 1 EUV), so dass sie als Überprüfungsmaßstab für das Sekundärrecht, wie es nach den Art. 114 ff. AEUV erlassen wird, wirken (IEC 62196–1, 2011). Auch die Grundfreiheiten wirken als Schranke der Rechtsangleichung nach den Art. 114 ff. AEUV. Umstritten ist insoweit, ob auch die Unionsorgane an die Grundfreiheiten gebunden sind, da diese aus historischer Perspektive als subjektive Rechtsverbürgungen der Unionsbürger gegenüber den Mitgliedstaaten wirken³³. Eine Freistellung ist aber angesichts der ausragenden Bedeutung nicht denkbar³⁴. Auch der EuGH nimmt eine Bindung der Unionsorgane an die Grundfreiheiten an³⁵.

Trotz der grundsätzlichen Bindung der Unionsorgane an die Grundfreiheiten bleibt aber fraglich, ob und ggf. inwieweit dies auch beim

³² Vgl. nur EuGH, Rs. C–376/98, Slg. 2000, I–8423 Rn. 151 ff.; Rs. C–491/01, Slg. 2002, I–11 453, Rn. 149; Möstl, EuR 2002, 318, 321.

³³ Barents, GYIL 33, 1990, 9, 12 f.

³⁴ Umfassende Auflistung aller Ansichten bei Scheffer, Die Marktfreiheiten des EG–Vertrages als Ermessensgrenze, 104ff.

³⁵ EuGH, verb. Rs. 80 u. 81/77, Slg. 1978, 927 ff.; Rs. 37/82, Slg. 1984, 1229 Rn. 18; Rs. C–51/93, Slg. 1994, I–3879 Rn. 11; Rs. C–114/96, Slg. 1997, I–3629 Rn. 27; Rs. C–284/95, Slg. 1998, I–4301 Rn. 63.

Erlass von Rechtsangleichungsmaßnahmen nach den Art. 114 ff. AEUV gilt. Diese Thematik wurde insbesondere im Zusammenhang mit dem Streit über die Rechtmäßigkeit der so genannten Tabakrichtlinie aktuell. Das geplante vollständige Verbot von Tabakwerbung wurde insofern als massiver Eingriff in die Warenverkehrs- und Dienstleistungsfreiheit und damit als rechtswidrig gewertet (Kabisch, 2010). Allerdings wurde zum Teil auch argumentiert, dass die Grundfreiheiten hinter die Rechtsangleichung im Interesse der Realisierung des Gemeinsamen Marktes bzw. Binnenmarktes zurücktreten müssen, da „gemeinschaftsweite Regelungen den Gemeinsamen Markt konstituieren, auch wenn sie im Einzelnen eine Grundfreiheit einschränken“ (Dusmez, 2011). Vertreten wurde des Weiteren, dass die Grundfreiheiten nur den spezifischen Marktzugang sachlich schützen und daher durch eine Rechtsangleichungsmaßnahme, die den Marktzugang im eigentlichen Sinne nicht behindere, nicht berührt werden würden. Das bedeutet insoweit, dass der Gewährleistungsgehalt der Grundfreiheiten auf Marktzugangsaspekte reduziert wird. Das ist allerdings nicht mit der freiheitsschützenden Ausrichtung der Grundfreiheiten zu vereinbaren³⁶. Im Ergebnis sind die Organe der EU beim Erlass von Maßnahmen der Rechtsangleichung damit an die Grundfreiheiten gebunden³⁷. Soweit eine Rechtsangleichungsmaßnahme zu einer Beschränkung einer Grundfreiheit führt – was regelmäßig der Fall ist –, müssen zu Gunsten des EU-Rechtsaktes zwingende Allgemeininteressen vorliegen und im Übrigen der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz gewahrt sein (IEC 62196–1, 2011) .

Die Anwendbarkeit des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes (Art. 5 Abs. 4 EUV) als Prüfungsmaßstab für die Rechtmäßigkeit einer Maßnahme der Rechtsangleichung nach den Art. 114 ff. AEUV ist dem

³⁶ EuGH, Rs. C–340/89, Slg. 1991, I–2357 Rz. 22, EuGH, Slg. 1997, I–6959ff.

³⁷ EuGH, Rs. 15/83, Slg. 1984, 2171 Rn. 15; Rs. C–51/93, Slg. 1994, I–3879 Rn. 11; Schwarze–Hernfeld, Art. 94 EGV Rn. 37.

Grunde nach unstrittig (Kissel, 2011)³⁸. Zu beachten ist aber, dass die Erforderlichkeit bereits über Art. 26 Abs. 1 AEUV Tatbestandsvoraussetzung ist. Die Erforderlichkeit muss daher erfüllt sein, damit überhaupt eine Kompetenzbegründung zu Gunsten der EU vorliegt. Weiterhin sind nicht nur die Unionsziele in Abwägung zu den einzelstaatlichen Regelungsinteressen zu bringen, auch dem einzelnen Wert dieser Ziele muss Beachtung geschenkt werden.

Der Unionsgesetzgeber ist verpflichtet, seine Entscheidungen stets auf objektive Kriterien zu stützen, die in einem angemessenen Verhältnis zu dem mit der in Rede stehenden Regelung verfolgten Ziel stehen, und alle sachlichen Umstände sowie alle verfügbaren technischen und wissenschaftlichen Daten zu berücksichtigen. Gleichzeitig hat er bei der Ausübung seiner Beurteilungsbefugnis dafür Sorge zu tragen, dass er bei seiner Beurteilung nicht zu Ergebnissen kommt, die offenkundig weniger angemessen sind als die Ergebnisse anderer für dieselben Ziele ebenfalls geeigneter Maßnahmen (Keller, 2011)³⁹.

Das Subsidiaritätsprinzip enthält einerseits die Vorgabe, dass das Ziel der Angleichungsmaßnahme auf der Ebene der Mitgliedstaaten nicht ausreichend erreicht und ihm andererseits besser auf Unionsebene entsprochen werden kann. Es erfüllt somit eine unabdingbare Legitimationsfunktion für das europäische Handeln. (Keller, 2011) Im Schrifttum wird schon seit längerer Zeit vertreten, dass der Subsidiaritätsgrundsatz auf Rechtsangleichungsmaßnahmen nach Art. 114 ff. AEUV Anwendung findet (Kissel, 2011; Fraunhofer IAO, 2011)⁴⁰. Diese Auffassung wurde allerdings auch kritisiert⁴¹ und entsprach auch nicht der Ansicht von Kommission, Rat und Parlament⁴². Zwischenzeitlich

³⁸ Schwarze–Hernfeld, Art. 94 EGV Rn. 40

³⁹ EuGH, Urteil vom 16. 12. 2008, Rs. C–127/07, NVwZ 2009

⁴⁰ Schwarze–Hernfeld, Art. 94 EGV Rdnr. 18;

⁴¹ EuGH, Rs. C–376/98, Slg. 2000, I–8423 Rn. 131 ff.; EuGH, Rs. C–377/98, Slg. 2001, I–7079, Rn. 77 ff.

⁴² EuGH, Rs. C–376/98, Slg. 2000, I–8423 Rn. 47.

sind Rat und Kommission allerdings anderer Ansicht und halten den Subsidiaritätsgrundsatz für anwendbar⁴³. Auch der EuGH hat sich nunmehr klar zur Anwendung des Subsidiaritätsgrundsatzes im Rahmen von Art. 114 AEUV bekannt⁴⁴. Durch Art. 4 Abs. 2 lit AEUV wird im Übrigen bestätigt, dass es sich bei der Rechtssetzungskompetenz für den Binnenmarkt um eine geteilte Kompetenz im Verhältnis Union und Mitgliedstaaten handelt und damit gem. Art. 5 Abs. 3 EUV das Subsidiaritätsprinzip zur Anwendung kommt.

4.3.5 Umweltpolitik als Ziel der Union

Eine Rechtsangleichung im Bereich der Ladestationen hätte langfristig das Ziel dem Schutz der Umwelt beizutragen. Gerade der Umweltschutz genießt durch die Auflistung in Art. 3 EUV einen hohen Stellenwert. Die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung mit dem Ziel des Umweltschutzes und der Verbesserung der Umweltqualität ist Bestandteil aller Umweltpolitiken (Manz et al., 2000). Diese Vorgabe kann dabei nicht zuletzt mit anderen wirtschaftlichen Zielen der Union kollidieren. Über die Aufnahme in Art. 3 EUV ist jedoch klargestellt, dass es sich beim Umweltschutz nicht um ein Ziel zweiten Ranges handelt. Konflikte sind vielmehr im Wege der praktischen Konkordanz⁴⁵ aufzulösen, wobei sichergestellt werden muss, dass beide Seiten angemessen berücksichtigt werden. Eine europäische Kompetenz im Bereich der Umweltpolitik ist auch deshalb zwingend erforderlich, weil Umweltprobleme offensichtlich nicht an Landesgrenzen halt machen. Bestimmte Dinge lassen sich insoweit in effektiver Weise allein auf europäischer Ebene regeln. Die Ziele der europäischen

⁴³ EuGH, Rs. C-491/01, Slg. 2002, I-11 453, Rn. 176.

⁴⁴ EuGH, Rs. C-491/01, Slg. 2002, I-11 453, Rn. 177 ff.; verb. Rs. C-154/04 und C-155/04, Slg. 2005, I-6451, Rn. 103.

⁴⁵ Prinzip von Hesse: Verfassungsrechtlich geschützte Rechtsgüter müssen in der Problemlösung einander so zugeordnet werden, dass jedes von ihnen Wirklichkeit gewinnt. Beiden Gütern müssen Grenzen gesetzt werden, damit beide zu optimaler Wirksamkeit gelangen können.

Umweltpolitik werden in Art. 191 Abs. 1 AEUV aufgelistet. Über die Regelung des Art. 192 AEUV hinaus können Rechtsakte mit umweltpolitischen Bezug auch auf andere Kompetenzgrundlagen gestützt werden, sofern deren Voraussetzungen erfüllt sind. Eine besondere Rolle nimmt hier erneut die Regelung des Art. 114 AEUV ein, der entsprechende Maßnahmen erlaubt, soweit diese einen Binnenmarktbezug aufweisen und eine Verbesserung des Binnenmarktes als primäres Ziel auch anstreben.

4.3.6 Anwendung dieser Grundsätze auf die Schnellladestation

Zunächst stellt sich die Frage, ob die Vereinheitlichung des Steckers zu einem Eingriff in die Warenverkehrsfreiheit bzw. in die Berufsfreiheit (Art. 15 Charta der Grundrechte) führen würde. Grundsätzlich impliziert jegliche Statuierung freilich zugleich ein Verbot und Verkehrsverbot von nicht diesem Standard entsprechender wirtschaftlicher Betätigung, wodurch notgedrungen auch der grenzüberschreitende Verkehr von nicht diesem Standard entsprechenden Waren und sonstigen wirtschaftlichen Betätigungen unterbunden wird. Damit wäre jedenfalls die Warenverkehrsfreiheit/Berufsfreiheit des Herstellers massiv beschnitten, denn er kann nur noch Ladestationen herstellen, die dem EU-Standard entsprechen. Ohne eine Harmonisierung könnten allerdings beide Produkte im Binnenmarkt zirkulieren was erhebliche Nachteile für den Verbraucher letztlich bergen würde, denn es würden unterschiedliche Systeme in Europa bestehen, die den Endverbraucher vor das Problem stellen, dass er nicht grenzübergreifend auf die Schnellladestation zurückgreifen kann, da diese mit einem anderen als in seinem Land vorherrschenden System versehen ist. Zwangsläufig korreliert daher die Beibehaltung des Wettbewerbs im Rahmen des Ladestationsmarktes mit dem Binnenmarktziel, denn der Umweltschutz würde so in weite Ferne rücken, wenn eine Nutzung im gesamten Binnenmarkt tatsächlich ein Hindernis wäre, da der

Endverbraucher das Fahrzeug unter diesen erschwerenden Umständen nicht erwerben würde.

Ziel des Binnenmarktes ist die Ermöglichung und Erleichterung der Ausübung der Grundfreiheiten des Gemeinsamen Marktes und die Beseitigung und Verhinderung der durch Rechtsunterschiede in der Union hervorgerufenen Wettbewerbsverzerrungen. Dieses Ziel wird letztlich nur erreicht werden können, wenn eine Vereinheitlichung durchgesetzt wird. Die gänzliche Minimierung des Wettbewerbs im Bereich des Ladestationsmarktes fördert den tatsächlichen Wettbewerb in Sachen Elektroautos. Im Gegenteil beseitigt die Rechtsangleichung ja typischerweise gerade diejenigen Handelshemmnisse, die sich bislang aus den unterschiedlichen nationalen Regelungen ergeben konnten, stellt durch die Statuierung einheitlicher Standards die volle Verkehrsfähigkeit des betroffenen Produkts sicher und schafft so erst echte Binnenmarktverhältnisse (Fraunhofer IAO, 2011). Entscheidend ist hier insoweit, dass das betroffene Produkt dabei nicht die Ladestation sondern gerade das Elektroauto, als durchschlagendes Mittel zur Erreichung des Endziels ist.

Ohne eine Harmonisierung der Steckersysteme, würde es zu einem Einbruch des Wettbewerbs hinsichtlich der Elektroautos kommen, da die Frage der grenzüberschreitenden Nutzung nach wie vor ein Problem wäre. Eine Wettbewerbsverringerung hinsichtlich des Steckermarktes bedeutet gleichsam die Aufrechterhaltung des Wettbewerbs hinsichtlich der Elektroautos. Dass eine Erweiterung des einen eine Beschränkung des anderen zur Folge hat, muss letztlich hingenommen werden, denn nur so kann das Binnenmarktziel erreicht werden. Verschiedenartige Ladestationen stellen insofern ein Handelshemmnis für den Verkauf von Elektroautos dar. Auch das durch die Rechtsangleichung zu verfolgende Binnenmarktziel zielt nicht auf eine möglichst beschränkungsfreie Wirtschaft, sondern spezifischer auf eine Beseitigung von Hemmnissen für die Grundfreiheiten und von Wettbewerbsverzerrungen – Ziele, denen es regelmäßig keinerlei Abbruch

tut, wenn der Gemeinschaftsgesetzgeber jedermann gleichermaßen treffende Beschränkungen wirtschaftlicher Freiheit aus Gründen des öffentlichen Wohls vorsieht. Mit der Förderung des Absatzmarktes der Elektroautos könnte dies gewährleistet werden und gleichzeitig auch die Verwirklichung des Binnenmarktes, sowie es der Art. 26 AEUV vorschreibt, angestrebt werden. Wenn die Rechtsangleichung zur Wettbewerbsbeschränkung führt, diese aber unerlässlich ist, weil das öffentliche Wohl sonst beeinträchtigt ist, dann wäre es mit diesen Grundsätzen unvereinbar, ließe man es zu, dass die einzelnen Mitgliedstaaten eigene Regelungen treffen. Der Binnenmarkt ist ein Raum der Grundfreiheiten und der Freiheit von Wettbewerbsverzerrungen, nicht aber ein Raum einer schlechthin möglichst wirtschaftsliberalen Politik, und in dem Maße, in dem Maßnahmen des Gemeinschaftsgesetzgebers einen Gewinn für den Binnenmarkt bedeuten, der regelmäßig nicht dadurch in Frage gestellt wird, dass die Harmonisierungsmaßnahme im Übrigen Einschränkungen wirtschaftlicher Freiheit vorsieht, unterliegt der Harmonisierungsgesetzgeber bei der Verfolgung sachlicher Ziele aufgrund seiner Bindung an die Grundfreiheiten und das Binnenmarktziel keinen engeren – wirtschaftsliberaleren – Grenzen. (Fraunhofer IAO, 2011) Eine einheitliche Lösung ist folglich unentbehrlich, denn ohne diese läge ein Handelshemmnis vor.

5 Schlussfolgerungen

5.1 Schlussfolgerungen basierend auf der techno-ökonomischen Analyse

Die Analyse der technischen und wirtschaftlichen Aspekte der Schnellladeansätze zeigen, dass das CCS bei den betrachteten Bewertungskriterien leicht dem Chademo System überlegen erscheint. Ein festzustellende Nachteil des Systems ist jedoch dessen Verfügbarkeit. Das System hat bislang noch keine Serienreife erlangt, wodurch es erst wenige Erkenntnisse über dessen Alltagstauglichkeit gibt. In diesem Punkt erscheint das japanische System im Vorteil. Es wird seit 2010 offiziell angeboten und konnte seitdem wichtige Erkenntnisse über die Nutzung und Auslastung von Schnellladesystemen liefern. Es ist daher zu empfehlen, dass sich die Befürworter des CCS mit Herstellern des japanischen Systems austauschen und von deren Erfahrungen profitieren.

Der große Vorteil des CCS liegt in der Kompatibilität mit den bestehenden Systemen für AC-Laden. Mit dem CCS wird in Europa und in den USA damit in Zukunft nur noch ein Inlet für DC-Laden und AC-Laden notwendig sein. Dies erleichtert dem Nutzer des Elektrofahrzeugs die Handhabung des Ladevorgangs deutlich und führt somit zu einer höheren Benutzerfreundlichkeit des Fahrzeugs. Diese Kompatibilität des Inlets lässt sich mit dem System aus Europa und den USA auch in Japan und China realisieren. Japan nutzt beim AC-Laden mit dem SAE-J1772-2009-Stecker dieselbe Schnittstelle wie die USA. Damit ist das CCS, mit den Spezifikationen des amerikanischen Systems, kompatibel mit dem in Japan verwendeten AC-Laden.

In China basierte die Ladeschnittstelle für AC-Laden ursprünglich auf dem in Europa als Standard (IEC 62196–2) festgelegten Typ 2-Stecker. Mittlerweile ist jedoch eine Kompatibilität auf Grund von baulichen Unterschieden nicht mehr gegeben. Aus Sicht der westlichen Fahrzeughersteller bietet China als größter Automarkt weltweit und als maßgeblicher Akteur bei der Entwicklung der Elektromobilität enorme Absatzchancen (Li, 2012). Hier bietet sich daher auch die Entwicklung eines gemeinsamen Ladestandards an, von der sowohl die westlichen, als auch die chinesischen Hersteller profitieren könnten.

Um die notwendige Entwicklung des Schnelladens voranzutreiben, wäre daher ein gemeinsamer internationaler Standard sinnvoll. Dazu müssen die verschiedenen Hersteller und Förderer im internationalen Austausch von den jeweiligen Erfahrungen und Ergebnissen im Umgang mit Schnellladesystemen lernen und diese in die weitere Entwicklung gemeinsamer Standards einfließen lassen. Ein solcher Standard würde die effiziente Entwicklung der Komponenten und Dienstleistungen vorantreiben und gleichzeitig teure und zeitaufwendige Doppelarbeit vermeiden. Dies würde neben den besseren Wettbewerbsmöglichkeiten in der Herstellung zu deutlich geringeren Hardware- und Installationskosten führen. Einheitliche Ladeverfahren gewährleisten darüber hinaus eine sichere und verständliche Bedienung des Ladevorgangs und erhöhen somit zusätzlich den Kaufanreiz für Kunden. Ein internationaler Standard würde die ideale Bedingung darstellen welcher aus politischen Gründen aber unwahrscheinlicher erscheint als jeweils (evtl. verschiedene) Standards für die einzelnen Regionen (Europa, USA, Japan und China) zu schaffen.

Bei der anzustrebenden Standardisierung ist es notwendig, dass Raum für weitere Entwicklungen offen gelassen wird. Speziell im Hinblick auf regionale Unterschiede in Bereichen des Stromnetzes oder der Verkehrsinfrastruktur, muss die Möglichkeit geschaffen werden, den Standard zu erweitern und den länderspezifischen Gegebenheiten anzupassen. Die Standardisierung sollte daher als Rahmenbedingung

für die regionale Weiterentwicklung dienen. Um eine gemeinsame Entwicklungsbasis zu schaffen, bietet sich die Standardisierung der Ladeschnittstelle sowie des Ladeprotokolls an, da damit die grundlegenden Schritte für einen einheitlichen Ladevorgang festgelegt sind. Die spezifischen Eigenschaften der Ladesäulen hingegen, wie z. B. die Kommunikation mit dem Betreiber der Station oder das Leistungsprofil hinsichtlich Nennspannung und Bemessungsstrom, können länderspezifisch festgelegt werden und bedürfen höchstens einer Standardisierung auf regionaler Ebene.

5.2 Schlussfolgerungen hinsichtlich Rechtslage und Harmonisierung

Hinsichtlich der Rechtslage und Harmonisierung konzentrieren sich die Untersuchungen dieser Studie auf den europäischen Raum. Die unterschiedlichen Systeme können als Anhaltspunkte für die internationalen Bemühungen und Schritte zur Förderung des Absatzmarktes für Elektroautos angesehen werden. Der vorzugswürdigste Lösungsweg führt über die Harmonisierungsschiene, durch das Aufzeichnen eines Handelshemmnisses für den Binnenmarkt. Die Verständigung im Rahmen der Normung und der zusätzlichen, rechtsverbindlichen Ausgestaltung durch eine Richtlinie ist nur dann tragfähig, wenn eines der Systeme tatsächlich sicherer wäre. Im Ergebnis müssen Schnellladestationen zwingend mit einer CE-Kennzeichnung versehen werden. Diese besagt dann, dass die Schnellladestation allen hierfür in Betracht kommenden Richtlinien entspricht und frei im Europäischen Binnenmarkt zirkulieren darf. Neben der Tatsache, dass diese Richtlinien noch nicht existieren, müssen auch noch zusätzlich technische Normen erstellt werden, um diese Richtlinien zu konkretisieren, da sich regelmäßig ein Verweis auf den Stand der Technik finden lässt, dem das System entsprechen muss, um als sicher zu gelten. Der Stand der Technik wird dann wiederum von den technischen Normen

wiedergegeben. Im Rahmen der Erstellung dieser technischen Normen könnte eine Verständigung auf ein System allerdings nur dann erfolgen, wenn das eine System tatsächlich sicherer ist als das andere. Dies würde auch zwangsläufig das Problem beinhalten, dass das andere System nicht mehr im Einklang mit der (noch zu erstellenden) EU-Richtlinie, der es auf Grund der CE-Kennzeichnung unterfallen würde, stehen würde. Zu klären wäre dann insoweit auch, ob der Hersteller im gegebenen Falle dann seine Stationen (auf seine Kosten) abbauen und umrüsten müsste. Zwar ist zu erwarten, dass Übergangslösungen für bestehende Produkte getroffen werden, um die Folgen abzufedern, wie diese allerdings aussehen könnten, erscheint jedoch fraglich. Konsequenter ist daher insoweit die Vorgehensweise über eine direkte Harmonisierung durch die EU-Kommission mit der nachvollziehbaren Abstimmung auf die binnenmarktrechtliche Zielsetzung. Damit ist eine Rechtsangleichung hier erstrebenswert, um ein potentielles Handelshemmnis zu beseitigen und einer heterogenen Entwicklung nationaler Rechtsvorschriften vorzubeugen.

5.3 Kritische Würdigung der Ergebnisse

Im vorliegenden Fall müssen besonders im Hinblick auf die Vollständigkeit der Bewertungskriterien Abstriche gemacht werden. Die gewählten Bewertungskriterien beschreiben zwar das grundlegende Zielsystem, jedoch beziehen sich die Kriterien nicht auf die unterste Zielhierarchie. Eine Abbildung der untersten Hierarchieebene würde im Fall eines Schnellladesystems eine Betrachtung aller technischen und kommunikativen Bestandteile, sowie aller in Verbindung stehenden Dienstleistungen erfordern. Zudem kann und soll der Kriterienkatalog dieser Studie nicht den Anspruch auf absolute Vollständigkeit erfüllen.

Die gewählten Bewertungskriterien ermöglichen daher nur eine Einschätzung der wichtigsten Hauptkomponenten und Funktionen. Auch wenn durch die Einordnung in das Gesamtnetzwerk aus Kapitel 2.1, der Kontextbezug der Kriterienfestlegung berücksichtigt wird, führt die vorliegende Bewertung dazu, dass Informationen verloren gehen können. Trotz der genannten Schwächen bietet die betrachteten Bewertungskriterien eine gute Basis für weitere Untersuchungen.

6 Zusammenfassung

6.1 Fazit

Die vorliegende Arbeit untersucht verschiedene Systeme für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen. Diese Systeme sollen es den Nutzern von Elektrofahrzeugen ermöglichen, ihre Fahrzeuge durch höhere Ladeleistungen und somit kürzeren Ladezeiten, auf längeren Strecken zwischenzuladen. Sie dienen somit der Reichweitenverlängerung der Fahrzeuge und helfen, die gesellschaftliche Akzeptanz der Elektromobilität zu vergrößern und die Hindernisse einer flächendeckenden Verbreitung einzudämmen. Ziel der Arbeit war es, die unterschiedlichen Schnellladesysteme aus China, Europa, USA und Japan im Hinblick auf ihre Umsetzungsmöglichkeiten zu vergleichen und zu bewerten. Darüber hinaus sollte die bestehende Rechtslage dargelegt und der Harmonisierungsbedarf aufgezeigt werden. Anhand ausgewählter Bewertungskriterien wurden verschiedene technökonomische Aspekte der Schnellladesysteme untersucht. Die dabei betrachteten Kriterien können als erste grobe Abgrenzung der Eigenschaften eines Schnellladesystems dienen. Eine intensivere Betrachtung der detaillierten technischen Systemeigenschaften, sowie der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Auswirkungen, konnte auf Grund der benötigten Tiefe und des daraus resultierenden Umfangs nicht vorgenommen werden. Sie bedürfen daher zusätzlicher Untersuchungen. Nach der Analyse der auf den gewählten Kriterien basierenden Systemeigenschaften, wurden die unterschiedlichen Ausprägungen der Systeme ausgewertet und teilweise Einschätzungen darüber abgegeben, welches der Systeme die Bewertungskriterien am besten erfüllt. Die Arbeit ermöglicht eine erste grobe Abgrenzung der betrachteten Alternativen und zeigt wichtige Unterschiede in deren

Entwicklung und Funktionsweise auf. Da sich die Systeme jedoch zurzeit noch in den Anfängen ihrer Entwicklung und Erprobung befinden, sind gerade die wirtschaftlichen Potentiale und Auswirkungen nur schwer festzustellen. Hier müssen weitere Untersuchungen folgen, die sich explizit mit wirtschaftlichen Aspekten, wie z.B., zukünftigen Investitionen, öffentlicher Förderung oder den Auswirkungen auf bereits bestehende öffentliche und private Ladeinfrastruktur, beschäftigen.

6.2 Ausblick

Die simultane Entwicklung unterschiedlicher Systeme zeigt, dass dem Thema Schnellladen weltweit großes Potential zugestanden wird. Es birgt Chancen, die Elektromobilität für eine breitere Bevölkerungsschicht alltagstauglicher zu machen und bestehende Barrieren gegenüber den Elektrofahrzeugen abzubauen. Um die weitere Entwicklung von Schnellladesystemen voranzutreiben, muss ein internationaler Rahmen geschaffen werden, der auf Grundlage eines internationalen Standards die unterschiedlichen Erfahrungen und Kompetenzen aus den bisherigen regionalen Entwicklungen bündelt. Ein solcher Standard kann den Weg ebnen, hin zu einer flächendeckenden Umsetzung der Schnellladetechnologie und der gemeinsamen Nutzung des darin ruhenden Potentials. Insofern ist zu hoffen, dass sich die Befürworter der unterschiedlichen Systeme in Zukunft zusammenschließen, um von ihren jeweiligen Erfahrungen zu profitieren und sich auf einen gemeinsamen Entschluss und eine gemeinsame Entwicklungsgrundlage zu einigen.

Neben der Tatsache, dass sowohl die Harmonisierungslösung als auch die Normerarbeitung einige Zeit beanspruchen werden, zeichnen sich schon jetzt bedeutende Hemmnisse ab, die die Nachfrage an Elektroautos vorerst abbremsen werden, zumindest solange die zukünftige

Ausgestaltung der Infrastruktur ungeklärt ist. Wenn aber die Gesetzgebung weiterhin hinter den tatsächlichen Entwicklungen zurücksteht werden auch Aspekte der Sicherheit mangels akkreditierten Standards vor allem vor dem Hintergrund, dass derzeit keine Richtlinien existieren, die festlegen was sicher ist zur Schwierigkeit. Parallel dazu existieren auch keine technischen Normen, die den Stand der Technik wiedergeben. Nach dem jetzigen Stand ist die Sicherheit von Schnellladestationen daher ein unbekannter Parameter in einem sich im Bau befindenden Harmonisierungsgebilde. Wann diese Sicherheit tatsächlich förmlich benannt werden kann, ist derzeit nicht vor Dezember 2013 zu erwarten. Dieser unsichere Zustand zieht mehr Fragen nach sich als es zum jetzigen Zeitpunkt tatsächlich zufriedenstellende Antworten geben kann. Sollte sich herausstellen, dass ein System tatsächlich sicherer ist, wäre zwingend zu klären, ob die CE-Kennzeichnung an der anderen Station entfernt werden muss. Weiterhin ist auch zu überlegen, ob es ausreichend ist, den Sicherheitsmaßstab tatsächlich nur anhand der simplen Anbringung des CE-Kennzeichens durch den Hersteller und damit ohne Prüfung durch eine unabhängige Stelle zu bemessen. Schon jetzt zeigt sich, angesichts der hohen Energiemenge und Leistungen, die durch das System fließen, dass dieses Zeichen wohl auf Grund der komplexen technischen Ausgestaltung der Schnellladestation und der potentiellen Fehlfunktion der Software, die zu erheblichen Gefahren für den Nutzer führen können, nicht ausreichend sein kann. Hier wäre bei einem derart gefahrenträchtigen System in jedem Fall eine angemessenere Zertifizierung wünschenswert. Diese bringt zumindest durch die Überprüfung einer unabhängigen Stelle die Sicherheit, es sei tatsächlich die Funktionsfähigkeit faktisch vorab festgestellt worden. Auf Grund der nicht ausschließbaren Gefährdung der Nutzer wird es daher in der Zukunft unabdingbar werden, die Sicherheit nicht mehr anhand der Anbringung des CE-Kennzeichens allein durch den Hersteller, mit dem Hinweis, das Produkt stimme mit allen hierfür in Betracht kommenden Richtlinien überein, zu garantieren, sondern

durch eine adäquatere dem Gefährdungspotenzial ausreichend Rechnung tragende Zertifizierung.

7 Anhang

7.1 Code de la Consommation

In Artikel L221–1 heißt es, dass die Produkte und Dienstleistungen die Sicherheit aufweisen müssen, die grundsätzlich erwartet werden kann und die zu keiner Gesundheitsbeeinträchtigung führen darf.

Genau wie im deutschen Produktsicherheitsgesetz erfolgt im Artikel L221–1–1 ein Ausschluss der Anwendung von Antiquitäten und gebrauchten Produkten, die vor ihrer Verwendung instand gesetzt oder wiederaufgearbeitet werden müssen, sofern der Wirtschaftssakteur denjenigen, an den sie abgegeben werden, darüber ausreichend unterrichtet.

Gleich anschließend heißt es in Artikel L221–1–2, dass der Hersteller dem Verbraucher alle Informationen zur Verfügung stellen muss, die während des Gebrauchs des Produkts notwendig sind, damit dieser die einzelnen Risiken, die mit der Benutzung einhergehen, abschätzen kann. Der Hersteller ist dabei angehalten sich auf dem Laufenden zu halten und im Falle eines tatsächlichen Fehlers, die notwendigen Schritte einzuleiten. Der Hersteller kann insoweit die Bedienungsanleitung mitliefern und seine Anschrift benennen (interessant ist hier insbesondere die Freiwilligkeit dieser Maßnahmen). Diese Anforderungen können allerdings auch durch unterzeichneten Erlass des Ministers zwingend gemacht werden.

Artikel L221–1–3 legt fest, dass wenn ein Hersteller von der Fehlerhaftigkeit seines Produkts in Kenntnis gesetzt wird, er die entsprechenden Behörden darüber informieren und gleichzeitig angeben muss, wie er vorgehen möchte. Auch diese Optionen, die dem Hersteller

letztlich zustehen, werden durch ministeriellen Erlass definiert. Gleichzeitig ist es dem Hersteller verwehrt sich darauf zu berufen, er habe von den Risiken keine Kenntnis gehabt.

Artikel L221–1–4 richtet sich an die Händler, die ebenfalls angehalten sind Waren nicht zu vertreiben, von denen sie wissen, dass sie nicht dem Sicherheitsstandard entsprechen. Insoweit müssen sie sich entsprechend informieren.

Artikel L221–2 schreibt vor, dass Produkte, die den Anforderungen des Artikel L221–1 nicht nachkommen, entweder verboten sind oder unter den Bedingungen der nachfolgenden Bestimmungen zulässig werden können.

Es wird weiterhin im Artikel L221–3 vorgeschrieben, dass Dekrete die Bedingungen festlegen unter denen die Herstellung, Ein/Ausfuhr, Verkauf etc. erfolgen soll. Diese schreiben auch die Hygienebedingung für Arbeiter, die am Entstehungsprozess mitwirken, vor. In diesen Dekreten kann dann auch angeordnet werden, dass die Produkte vom Markt genommen werden müssen, sowie auch die vollständige Zerstörung des Produkts in den Fällen in denen keine Sicherheit mehr zu erwarten ist. Artikel L221–4 hat den gleichen Regelungskomplex wie Artikel L221–2 bezieht sich allerdings auf Dienstleistungen.

In Artikel L221–5 geht es darum, dass beauftragte Minister bei ernster oder unmittelbarer Gefahr durch die Produkte, kann der Handel mit diesen für eine Dauer, die kein Jahr überschreiten darf, untersagt werden. Sie haben ebenfalls die Möglichkeit, die Verbreitung von Verwarnungen oder von Beschäftigungsvorsichtsmaßnahmen sowie den Rückruf angesichts eines Austausches oder einer Änderung oder einer vollen oder partiellen Rückzahlung zu befehlen. Sie können unter denselben Bedingungen die Erbringung einer Dienstleistung aussetzen. Wenn der Fehler dann behoben ist, können die Produkte wieder in den Markt eingeführt werden. Diese Erlässe werden die

Bedingungen festlegen, nach denen die Hersteller, Importeure, Händler oder Dienstleistungserbringer zur Kostentragung herangezogen werden können. Die Erlässe können nach demselben Verfahren für zusätzliche Perioden verlängert werden, von denen jede kein Jahr überschreiten darf.

In Artikel L221–6 wird festgelegt, dass auch der Präfekt die erforderlichen Maßnahmen treffen kann.

Artikel L221–7 besagt, dass die interessierten Minister oder der Verbrauchsminister die Hersteller, Händler usw. anweisen können ihre Produkte den Sicherheitsvorschriften anzupassen und ihnen anschließend bestimmte Kontrollen auf deren Kosten auferlegen können.

Artikel L221–8 weist darauf hin, dass die im vorliegenden Titel vorgesehenen Maßnahmen nicht ergriffen werden können, wenn die Produkte oder Dienste gesetzgebenden Sonderregelungen (gesetzliche Regelungen oder EU–Verordnungen) unterliegen, die zum Gegenstand den Schutz der Verbraucher haben, außer bei Gefahr im Verzug nach Artikel L221–5/6.

Artikel L221–9 stellt fest, dass die Maßnahmen, die gem. den Artikeln L221–2/8 beschlossen wurden, der Gefahr entsprechend angepasst werden müssen, die durch die Produkte besteht. Sie haben nur zum Ziel, dass die Gefahr verhindert oder niedergeschlagen wird.

Artikel L221–10 bezieht sich auf Medikamente oder Gesundheitsprodukte.

Nach Artikel L221–11 werden die Entscheidungen der EG–Kommission hinsichtlich ihrer Wirkungen an den Durchführungsmaßnahmen des Artikels L221–5 angeglichen.

Die Artikel L222 befassen sich mit der Konformität.

Nach Artikel L222–1 gilt ein Produkt dann als zufriedenstellend, wenn er mit den spezifischen Regelungen in Einklang steht, die für das Produkt anwendbar ist und die den Schutz der Gesundheit und Sicherheit im Fokus haben.

Ein Produkt gilt nach Artikel L222–2 dann als sicher, wenn es den anwendbaren nicht zwingenden nationalen Normen, die europäische Normen umsetzen entspricht, deren Referenz im Amtsblatt der Europäischen Union gemäß Artikel 4 der Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Dezember 2001 für die allgemeine Sicherheit der Produkte veröffentlicht wird.

Artikel L222–3 bezieht sich auf Produkte, die weder unter L222–1 noch unter L222–2 fallen. Zum einen sind das nicht zwingende nationale Normen, die europäische Normen umsetzen außer jenen, deren Referenz im Amtsblatt der Europäischen Union gemäß Artikel 4 der Richtlinie 2001/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Dezember 2001 für die allgemeine Sicherheit der Produkte veröffentlicht werden. Weiterhin werden auch andere französische Normen, die Empfehlungen der Europäischen Kommission, die Leitlinien aufstellen, die die Bewertung der Sicherheit der Produkte betreffen, die Leitfäden für wirtschaftlichen Betrieb hinsichtlich der Sicherheit der gültigen Produkte auf dem betreffenden Sektor, der derzeitige Stand der Technik⁴⁶ und die Sicherheit, die Verbraucher regelmäßig erwarten können, genannt.

Abschließend stellt Artikel L225–1 klar, dass zukünftige Dekrete bei Notwendigkeit die Anwendungsvorschriften des vorliegenden Titels (damit ist der Abschnitt Sicherheit, des Code de la Communication gemeint, also praktisch die kompletten vorherigen Vorschriften) konkretisieren können.

⁴⁶ Wörtliche Übersetzung: der Stand der jetzigen Kenntnis und der Technik.

7.2 Dekret Nr. 95–1081 vom 3. Oktober 1995

In Artikel 1 wird der Anwendungsbereich der elektrischen Betriebsmittel zur Verwendung bei einer Nennspannung zwischen 50 und 1.000 V für AC und zwischen 75 und 1.500 V für DC aufgezeichnet. Ausgenommen sind dann

- elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in explosionsfähiger Atmosphäre,
- elektro–radiologische und elektro–medizinische Betriebsmittel,
- elektrische Teile von Personen– und Lastenaufzügen,
- Elektrizitätszähler,
- Haushaltssteckvorrichtungen,
- Vorrichtungen zur Stromversorgung von elektrischen Weidezäunen,
- spezielle elektrische Betriebsmittel, die zur Verwendung auf Schiffen, in Flugzeugen oder in Eisenbahnen bestimmt sind und den Sicherheitsvorschriften internationaler Einrichtungen entsprechen, denen die Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft angehören.

Das Dekret gilt ferner nicht für die Funkentstörung elektrischer Betriebsmittel.

In Artikel 2 heißt es dann, dass Produkte nur hergestellt, importiert, zurückgehalten, verkauft, vermietet oder gratis verteilt werden dürfen, die in Artikel 1 erfasst sind und die den beiden folgenden Bedingungen entsprechen:

- gem. den Regeln der Kunst hergestellt, die hinsichtlich der Sicherheit bestehen und auch bei richtiger Installation, Nutzung und Instandhaltung die Sicherheit von Menschen, Nutzern sowie dem Eigentum nicht gefährden
- die CE–Kennzeichnung nach Artikel 8 aufweisen.

Artikel 3 konkretisiert den Artikel 2 und entspricht dem § 2 Abs.2 1.ProdSV.

Nach Artikel 4 genügen die elektrischen Betriebsmittel den Anforderungen nach Artikel 2 und 3, die den Normen, die im Amtsblatt der französischen Republik veröffentlicht werden entsprechen, die harmonisierte Normen umsetzen oder, falls diese nicht bestehen den veröffentlichten Bestimmungen im Bereich der Sicherheit durch den internationalen Ausschuss der Regelungen (C.E.E.) oder durch den internationalen elektrotechnischen Ausschuss (C.E.I.) hinsichtlich bestätigter französischer Normen.

In Artikel 5 heißt es, dass die elektrischen Betriebsmittel, die in den Anwendungsbereich fallen, nur mit einer CE-Kennzeichnung versehen werden dürfen, wenn sie eine Herstellungskontrolle, die im nachfolgenden Artikel normiert ist, unterlaufen haben.

Die eigene Kontrolle des Herstellers ist die Art und Weise wie der Hersteller erklärt, dass das elektrische Betriebsmittel den Anforderungen nach Artikel 2 entspricht, Artikel 6. Er verfasst insoweit eine Konformitätserklärung und muss technische Dokumentation bereithalten. Auch erfolgen Regelungen wenn sich der Hersteller nicht im europäischen Land befindet. Die Konformitätserklärung muss enthalten:

- Namen/Adresse des Herstellers
- Beschreibung
- Verweisung zur Norm
- falls diese nicht vorliegt, der Verweis Spezifizierung hinsichtlich derer die Konformität vorliegt
- die Identifikation des Unterzeichners
- die letzten zwei Ziffern des Appositionsjahres der CE-Kennzeichnung

Die technische Dokumentation muss die Auswertung der Konformität entsprechend des Dekrets ermöglichen. Sie muss die Konzeption, Herstellung und das Funktionieren beinhalten. Sie enthält insoweit

- eine Beschreibung
- Zeichnungen
- Beschreibungen und Erklärungen zum Verständnis der Zeichnungen
- eine Liste mit angewendeten Normen
- Ergebnis der Konzeptionsrechnung und der erfolgten Kontrollen
- Versuchsberichte

Der Hersteller behält weiterhin eine Kopie und ergreift alle notwendigen Maßnahmen, damit das Herstellungsverfahren die Konformität mit den Anforderungen des Dekrets gewährleistet.

In Fällen von Beanstandungen kann der Hersteller nach Artikel 7 den Kontrollbeauftragten einen Bericht, der von einer Institution etabliert wurde, die im Journal officiel der französischen Republik aufgeführt ist, vorlegen.

Artikel 8 legt fest, dass die CE– Konformitätskennzeichnung aus einem festgelegten Symbol besteht. Dieses wird auf dem elektrischem Betriebsmittel angebracht, oder auf seiner Verpackung, Bedienungsanleitung. Wenn ein Betriebsmittel anderen Vorschriften hinsichtlich der CE–Anbringung unterliegt, dann bestätigt dies ebenfalls die Konformität. Wenn insoweit einige Vorschriften eine bestimmte Frist bestimmen bis zu der die Konformität bestehen muss, gibt die CE– Kennzeichnung die Konformität hinsichtlich der angewendeten Vorschriften an. In diesem Fall sind die umgesetzten Richtlinien auf den beigegeführten Dokumenten des Betriebsmittels anzugeben.

Nach Artikel 9 ist es verboten eine CE–Kennzeichnung anzubringen, die Dritte hinsichtlich der Bedeutung täuschen könnte. Alle anderen Kennzeichnungen können angebracht werden sofern die CE–Kennzeichnung nicht verdeckt wird.

Artikel 10, der mit dem Dekret von 2003 verändert wurde, regelt die Straf– und Bußvorschriften.

Artikel 11 regelt das Inkrafttreten und Artikel 12 bestimmt wer für die Ausführung zuständig ist.

Literaturverzeichnis

- ABIEG, (2001). *Rechtsvorschriften*. In: *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* (L11).
- ABIEU, (2012). *Rechtsvorschriften*. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* 55 (L218).
- Anegawa, Takafumi, (2011). *Desirable characteristics of public quick charger: Tokyo Electric Power Company (tepcu)*. Online verfügbar unter http://emc-mec.ca/phev/Presentations_en/S12/PHEV09-S12-3_TakafumiAnegawa.pdf.
- Schweizer, Anton (2013). *Kennzeichnung – IP–Schutzart – EX–Kennzeichnung*. Online verfügbar unter http://www.schweizer-fn.de/sonstiges/ip_ex_kennzeichnung/ip_ex_kennzeichnung.php, zuletzt geprüft am 15.03.2013.
- Bamberg, Günter; Coenenberg, Adolf Gerhard (1994). *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. München
- Bechmann, Arnim, (1978). *Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung*. Hannover.
- Benger, Ralf, Wenzl, Heinz; Beck, Hans–Peter; Jiang, Meina; Ohms, Detlef, Schaedlich, Gunter (2009). *Electrochemical and thermal modeling of lithium–ion cells for use in HEV or EV application*. In: *World Electric Vehicle Journal*. Stavanger.
- Bernhart, Wolfgang; Schlick, Thomas; Olschewski, Ingo; Thoennes, Markus (2012). *Quartalsindex Elektromobilität*. Online verfügbar unter http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_E_Mobility_Index_D_20120614.pdf.

- BMW Group Technologiekommunikation (2012). *Deutsche Automobilhersteller gewinnen eCarTec Award 2012 für das Combined Charging System*. Online verfügbar unter www.press.bmwgroup.com.
- Botsford, C.; Szczepanek, A. (2009) *Fast charging vs. slow charging. Pros and cons for the new age of electric vehicles*. Stavanger.
- Böttcher, Knut (2012). NISSAN Elektroauto Leaf. Getankt wird nur an der Steckdose. HAMBURGER ABENDBLATT.
- Bratzel, Stefan, Ralf Tellermann, Lars Lehmann, Roland Brüggemann, (2009). *Automotive Innovations 2009/2012 – Die Innovationen der globalen Automobilkonzerne*.
- Brown, Stephen David Pyke, Paul Steenhof (2010). *Electric vehicles: The role and importance of standards in an emerging market*. Energy Policy.
- Bundesministerium für Umwelt (2012). Internetwebsite. Online verfügbar unter www.bmu.de.
- Butkovich, Larry (2011): *DC Fast Charging. The Need To Remain Flexible*. Online verfügbar unter <http://www.americas.fujielectric.com/sites/default/files/Fuji%20Electric%20-%20EV%20Overview%20120811.pdf>, zuletzt geprüft am 08.09.2010.
- CAMA, (2012a): *Automobilmarkt und Automobilunternehmen in Japan im Sommer 2012*. Duisburg–Essen. Online verfügbar unter <http://www.cama-automotive.de/templates/spotlights/CAMA-Spotlight-Japan-Update-2012-07-23.pdf>.
- CAMA, (2012b): *Frankreichs Automobilmarkt und französische Automobilunternehmen Anfang 2012*. Duisburg–Essen. Online verfügbar unter http://www.cama-automotive.de/templates/spotlights/CAMA-Spotlight_Frankreich_Update_2012-03-26.pdf.
- Capgemini (2012): *Managing the change to e-Mobility*

- Chademo Association (2011). *Electric Vehicle Quick Charger Installation and Operation Manual*. Online verfügbar unter <http://www.Chademo.com/pdf/QCInstallationManual.pdf>
- Chademo Association (2012a). *BYLAWS OF VOLUNTARY Chademo ASSOCIATION*. Online verfügbar unter http://Chademo.com/pdf/Chademo_Bylaw20120522.pdf
- Chademo Association (2012b). *Chademo Chargers*. Online verfügbar unter <http://Chademo.com/pdf/Chademochargers.pdf>
- Chademo Association (2012c). *EV compatible with Chademo*. Online verfügbar unter http://Chademo.com/03_EV_compatible_with_Chademo.html
- Chademo Association (2012d): *Members*. Online verfügbar unter <http://Chademo.com/pdf/memberlist.pdf>,
- Chademo Association (2012e). *The number of Chademo DC Quick charger installed*. Online verfügbar unter http://Chademo.com/00_main.html
- Christ, J., Slowak, A., (2010): *Why Blu-ray vs. HD-DVD is not VHS vs. Betamax. The Co-evolution of Standard-setting Consortia*. Online verfügbar unter https://www.uni-hohenheim.de/wi-theorie/globalisierung/dokumente/29_2009.pdf.
- Cole, Jay (2012). *Spark EV First New EV to Adopt New Fast Charging Standard*. Online verfügbar unter <http://insideEV.com/spark-ev-first-new-ev-to-adopt-new-fast-charging-standard-2/>
- Crowe, Philippe (2012): *Eight Automakers Agree On Fast Charging System*. Online verfügbar unter <http://www.hybridcars.com/news/eight-automakers-agree-fast-charging-system-45416.html>
- Deutscher Bundestag (2004) *Entwurf eines Gesetzes über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten. (Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG)*. Online verfügbar unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/15/039/1503930.pdf>.

- DIN EN 60529 (2000) *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*.
- DIN EN 60664–1 (2008) *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen*
- Deutsches Institut für Normung e.V, (2012). Internetwebsite. Online verfügbar unter www.din.de.
- E DIN EN 61851–23 (2012). *Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 23: Gleichstromladestationen für Elektrofahrzeuge*.
- E DIN EN 61851–24 (2012). *Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 24: Digitale Kommunikation zur Steuerung des Gleichstromladevorgangs zwischen einer Gleichstromladestation für Elektrofahrzeuge und dem Elektrofahrzeug* (IEC 69/208/CD:2011).
- DIN 50102 (1997). *Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äußere mechanische Beanspruchungen (IK-Code)*.
- Devo AG (2012). *Powerline für die E-Mobilität. Innovative Ladekommunikation mit dLAN Green PHY*. Produktblatt. Online verfügbar unter www.dlansolutions.de.
- Doerr, Heiko (2011) *Current status of the Combined Charging System (Meeting with Ishavsveien)*. Online verfügbar unter http://www.ishavsveien.no/wp-content/uploads/2011/11/Current_status_of_the_Combined_Charging_System_v1.2.pdf.
- Dusmez, S., Cook, A., Khaligh, A. (2011). *Comprehensive analysis of high quality power converters for level 3 off-board chargers*. In: *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*.
- Endriß, Thomas (2012) *Europaweit größtes Schnellladnetz für E-Fahrzeuge entsteht in Estland*. Online verfügbar unter <http://www.greenmotorsblog.de/elektromobilitaet/europaweit-groestes-schnellladnetz-fur-e-fahrzeuge-entsteht-in-estland/>

- EPO (2012). *Annual report 2011 – Top 25 applicants per leading field of technology*. Online verfügbar unter <http://www.epo.org/about-us/statistics/top.html>, zuletzt aktualisiert am 23.04.2012.
- EuGH, Aktenzeichen C–300/89 Rn 23.
- EuGH, Aktenzeichen C–376/98 Rn 84.
- EuGH, Aktenzeichen Rs. C–66/04 Rn 44.
- Europäischen Parlament und Rat (2008a). *Über einen gemeinsamen Rechtsrahmen für die Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung des Beschlusses 93/465/EWG des Rates (768/2008/EG)*. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:218:0082:0128:de:PDF>.
- Europäischen Parlament und Rat (2008b). Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 339/93 des Rates (765/2008). Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:218:0030:0047:de:PDF>.
- ACEA (European Automobile Manufacturers Association) (2012). Internetwebsite. Online verfügbar unter www.acea.be.
- EUROSTAT (2007) *Mobilität im Personenverkehr in Europa. Statistik kurz gefasst – Verkehr 87/2007*.
- Fischer, Gustav (1982) *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft*. Stuttgart
- Flasbarth, Jochen (2010). *Nachhaltige Energiewirtschaft – Herausforderungen mit Blick auf Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Ressourceneffizienz*. Dessau–Roßlau.
- Fraunhofer IAO (2011). *Strukturstudie BWe mobil 2011 – Baden–Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität*. In: *Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)*.

- French, Simon (1986). *Decision theory. An introduction to the mathematics of rationality*. Chichester: Horwood (Ellis Horwood series in mathematics and its applications Statistics and operational research).
- Hosemann, G. (2000). *Elektrische Energietechnik: Band 3: Netze*.
- Geldermann, Jutta (2006). *Mehrzielentscheidungen in der industriellen Produktion*. Karlsruhe.
- Geldermann, Zhang, Rentz (2003) *Sensitivitätsanalysen für das Outranking–Verfahren PROMETHEE*. In: Habenicht, W. Scheubrein, B. Scheubrein, *Multicriteria– und Fuzzy–Systeme in Theorie und Praxis*.
- GGEMO (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung) (2010). *Arbeitsgruppe 3 „Ladeinfrastruktur und Netzintegration“ der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Zwischenbericht der Arbeitsgruppe 3*.
- GGEMO (Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung) (2012a). *Arbeitsgruppe 3 „Ladeinfrastruktur und Netzintegration“ der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Ladeinfrastruktur bedarfsgerecht aufbauen*.
- Glöckner, Thomas (2010). *Förderung – Verbissener Wettlauf*. Online verfügbar unter http://www.focus.de/magazin/verlagssonderveroeffentlichungen/fahren_mit_strom/foerderung/foerderung-verbissener-wettlauf_aid_490709.html
- GM, (2012): *Global Automakers to Demo EV Fast Charging at EV26 – Combined Charging System allows AC and DC fast–charging from single inlet port*. Online verfügbar unter http://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2012/May/0503_combocharging.html
- Goldstein, Harry (2006). *Patent Power – IEEE Spectrum ranks the world's most valuable patent portfolios. ieee spectrum*. Online verfügbar unter

<http://spectrum.ieee.org/computing/hardware/patent-power/2>,

Gomes, Carlos (2012) *Global Auto Report. Economics, Scotia. Scotiabank (Global Economic Research)*. Online verfügbar unter http://www.gbm.scotiabank.com/English/bns_econ/bns_auto.pdf.

Gregor, Kenneth, Birgbauer, Bennett, Ramakrishnan, C., Somaiya, Vijay (2012) *Jaguar Land Rover Results Under IFRS for the period ended 31 March 2012*. Online verfügbar unter http://www.jaguarlandrover.com/pdf/Investor_Presentation_FY2011–2012.pdf.

Grundhoff, Stefan, (2011). *BMW ActiveE – Die Zwischenlösung*. Online verfügbar unter <http://www.sueddeutsche.de/auto/bmw-activee-die-zwischenloesung-1.1156298>

Grünweg, Tom (2012) *VW E-Up. GTI, ich komme!* Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/auto/fahrberichte/vw-e-up-gti-ich-komme-a-811489.html>

Harper, Jason D., (2012) *Standards and Codes Related to PEV Charging and Communication*. Online verfügbar unter http://www1.eere.energy.gov/cleancities/toolbox/pdfs/plugin_electric_vehicle_standards.pdf.

Herron, David, (2012a): *ABB to bring Terra 51 electric car fast charging station to US market and support SAE Fast Charging*. Online verfügbar unter <http://www.torquenews.com/1075/abb-bring-terra-51-electric-cars-fast-charging-station-us-market-and-support-sae-fast-charging>

Herron, David, (2012b): *GM and Nissan trade punches over electric car fast charging*. Online verfügbar unter <http://www.torquenews.com/1075/gm-and-nissan-trade-punches-over-electric-car-fast-charging>,

Hölk, Stephanie, (2010) *The German Standardization Roadmap for Electromobility – interim report from 30.11.2010. Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE): Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO)*.

Hölk, Stephanie (2012). *Die deutsche Normungs–Roadmap Elektromobilität – Version 2. Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE): Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO)*.

HomePlug Alliance (2012). *The Standard for In-Home Smart Grid Powerline Communications: An application and technology overview*.

Hornung, Armin; Krivosheev, Gleb; Singh, Noor; Bilger, Jeff (2006) *Standards Wars – CSEP 590A. History of Computing* Online verfügbar unter <http://www.cs.washington.edu/education/courses/csep590/06au/projects/standards-wars.pdf>.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). *Power Sources Manufacturers Association; Power Electronics Society; Industry Applications Society; Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition; APEC, 2012*. Piscataway. Online verfügbar unter <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=6158725>.

IEC 60364–4–41 (2005) *Low-voltage electrical installations – Part 4–41: Protection for safety – Protection against electric shock*.

IEC 60364–4–43 (2008). *Low-voltage electrical installations – Part 4–43: Protection for safety – Protection against overcurrent*.

IEC 60364–4–44 (2007) *Low-voltage electrical installations – Part 4–44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*.

IEC 60449 (1973) *Voltage bands for electrical installations of buildings*. Online verfügbar unter http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/2010

IEC 60664–1 (2007) *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*.

IEC 61439–7 (2013) *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 7: Assemblies for specific applications such as ma-*

rinas, camping sites, market squares, electric vehicles charging stations.

IEC 61851–1 (2010). *Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements.*

IEC 61851–23 (2012) *ELECTRIC VEHICLE CONDUCTIVE CHARGING SYSTEM – Part 23: D.C. electric vehicle charging station (Committee Draft for Voting).*

IEC 61851–24 (2012): *ELECTRIC VEHICLE CONDUCTIVE CHARGING SYSTEM – Part 24: Digital communication between a d.c. EV charging station and an electric vehicle for control of d.c. charging (Committee Draft for Voting).*

IEC 62052–11 (2003) *Electricity metering equipment (a.c.) – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment.*

IEC 62053–21 (2003) *Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2).*

IEC 62196–1 (2011) *Plugs, socket–outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements.*

IEC 62196–3 (2012) *Plugs, socket–outlets, and vehicle couplers – conductive charging of electric vehicles – Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for dedicated d.c. and combined a.c./d.c. pin and contact–tube vehicle couplers (Committee Draft).*

IEA (International Energy Agency) (2009). *Gadgets and gigawatts. Policies for energy efficient electronics.* Paris.

ISO 6469–2 (2009) *Electrically propelled road vehicles — Safety specifications – Part 2: Vehicle operational safety means and protection against failures.*

- IOL–Motoring, 2012: *Mitsubishi switches off iMiEV sales*. Online verfügbar unter <http://www.iol.co.za/motoring/industry-news/mitsubishi-switches-off-imiev-sales-1.1358773#.UEtlvUZVzSt>
- JAE, 2011: *Intuitive, Easy Operation And Industry's Lightest-in-class Weight Electric Vehicle Quick Charger Connector*. Online verfügbar unter <http://jae-connectors.com/en/news-201109KW1-en.html>
- Jaruzelski, Barry; Loehr, John; Holman, Richard (2011) *THE GLOBAL INNOVATION 1000 – Why Culture Is Key. strategy+business (THE GLOBAL INNOVATION 1000)*. Online verfügbar unter http://www.booz.com/media/file/BoozCo-2011_Innovation1000-ranking_Top10-Spender-Automobilbranche.pdf.
- Kabisch, S. A. Schmitt M. Winter und J. Heuer, (2010): *Interconnections and Communications of Electric Vehicles and Smart Grids*. In: *First IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*.
- Kalthoff, Jürgen, (2011): *Normung in der Elektromobilität. Standardisierungsbemühungen und Chancen für das Elektrohandwerk*. In: *Mobility 2.0 (3)*, Online verfügbar unter <http://www.mobility20.net/pi/index.php?StoryID=1392&articleID=197077>
- Kapoor, Arun; Klindt, Thomas, (2012). *Das neue deutsche Produktsicherheitsgesetz: NVwZ*.
- Keller, CarSharing, (2011). Durchführung eines Pilotprojekts. Informationsvorlage.
- Kissel, Gery, (2010). *SAE J1772 Update For IEEE Standard 1809 Guide for Electric-Sourced Transportation Infrastructure*. IEEE Standards Association: SAE. Online verfügbar unter http://grouper.ieee.org/groups/earthobservationsSCC/IEEE_SAE_J1772_Update_10_02_08_Gery_Kissel.pdf.
- Kissel, Gery, (2011). *EVE Standards Status*. SAE J1772™ Task Force Lead. Online verfügbar unter www.ieee-pes.org.

- Kissel, Gery, (2012) *SAE J1772 Update for EPRI–IWC*. Electric Power Research Institute: SAE. Online verfügbar unter http://mydocs.epri.com/docs/publicmeetingmaterials/1203/JKN2SD37ZWH/D2_PEV_D2–10_Kissel_on_SAE.pdf.
- Krol, (2007). Kostenbegriffe. Institut für ökonomische Bildung. Online verfügbar unter <http://www.wiwi.uni-muens-ter.de/27/Downloads/studieren/Veranstaltungen/WS0708/042254/kapitel4.pdf>,
- Lambert, Frank C., (2012). *Electric Vehicle Deployment and Infrastructure Implications in the United States*. Schweizerischer Energierat. Online verfügbar unter http://www.worldenergy.ch/file/Veranstaltungen/20312_Lambert.pdf,
- Li, Jun, (2012): *Entwicklungstrends bei chinesischen Elektrofahrzeugen*. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift.
- Mägi, Marek (2012). *Analysis of Distribution Substation Topologies for Energy Exchanging between EV and Utility Networks*
- Manz, Klaus; Dahmen, Andreas; Hoffmann, Lutz (2000). *Entscheidungstheorie*. München.
- Marrero, J.A (2000): *Understand ground fault detection and isolation in DC systems*
- Mesarovic, M.D. und D. Macko, (1969). *Foundations for a scientific theory of hierarchical systems*. In *Hierarchical structures*, von White und Wilson.
- Schönitzer, Michael F., (2012). *Physikalische Grundlagen der Energieübertragung mit Gleich– und Wechselstrom hoher Spannung. Semester–Arbeit*.
- Michel, Wolfgang; Jaxtheimer, Ute; Trede, Siegfried, (2012). *DAT–Report 2012*. Online verfügbar unter <http://www.dat.de/servlet/com.bil.ep.mediaman.servlet.Download?fileid=3395>.

- MKE, (2012): *MKE Releases Car Sales Figures for 2011*. Online verfügbar unter http://www.mke.go.kr/language/eng/news/news_view.jsp?tableNm=E_01_01&seq=1079#.
- Morris, Charlie (2012). *The state of EV charging. more questions than answers*. Charged – Electric Vehicles Magazine. Online verfügbar unter <http://www.chargedEV.com/content/features-inside/state-ev-charging-more-questions-answers>,
- myimiev (2011) *Mitsubishi sets lofty goals for the i-Miev and Minicab Miev*. Online verfügbar unter <http://myimiev.com/mitsubishi-sets-lofty-goals-for-the-i-miev-and-minicab-miev/>
- MyNissanParts (2012). *Genuine Original Equipment Replacement Parts 2011 NISSAN LEAF SV*. MyNissanParts.com. Online verfügbar unter <http://www.mynissanpartstore.com/parts/2011/NISSAN/LEAF/SV/?siteid=214102&vehicleid=1447778&diagram=3722010&diagramCallOut=10>,
- Nissan (2012a). *Electric vehicle DC QUICK CHARGER*. Online verfügbar unter <http://nissanqc.com/products>
- Nissan (2012b): *Nissan LEAF Backs Into the Future*. Online verfügbar unter <http://nissannews.com/en-US/nissan/usa/channels/us-united-states-nissan-models-leaf/releases/nissan-leaf-backs-into-the-future>
- OICA (2010). *WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION – WORLD RANKING OF MANUFACTURERS*. Online verfügbar unter <http://oica.net/wp-content/uploads/ranking-2010.pdf>.
- Optimor, Milward, Brown, (2012). *Top 100 Most Valuable Global Brands 2012*. Online verfügbar unter http://www.millwardbrown.com/brandz/2012/Documents/2012_BrandZ_Top100_Report.pdf.
- Phoenix Contact (2012). *Internetwebsite*. Online verfügbar unter www.phoenixcontact.com.

- Pigott, Mark C.; Schippers, Harrie (2011): *DAF Trucks N.V. – Annual review 2011*. Online verfügbar unter <http://www.daf.com/SiteCollectionDocuments/DAF-IN-2011-annual-review-LR.pdf>.
- Pokrzywa, J.; Wilson, K., 2011: *New SAE quick charge EV connector standard gaining momentum*. Online verfügbar unter <http://www.sae.org/standardsdev/news/P111164.pdf>.
- Pratt, Anthony (2011): *Electric Vehicle Demand – Global forecast through 2030. The Business of Plugging* Online verfügbar unter http://bpiconference.com/blog/wp-content/uploads/2011/10/Pratt_Anthony.pdf.
- Leibfried (2010). Vorlesungsskript zur Veranstaltung Elektroenergiesysteme.
- REMA (2012). *DC Fast Charge Electric Vehicle Connector and Inlet*. Online verfügbar unter http://rema-ev.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/05/DC_Combo.pdf
- Ritter, Hanno S., (2012). *Mitsubishi i–MiEV. Preissenkung bei erweiterter Ausstattung*. Online verfügbar unter <http://www.autokiste.de/psg/1205/10110.htm>
- Ropohl, Günter (2009). *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*.
- Schmitt, Bertel (2012). *Chademo General Assembly Contemplates SAE Plug Competition*. Online verfügbar unter <http://www.hybridcars.com/news/Chademo-general-assembly-contemplates-sae-plug-competition-46208.html>
- Schwab, Adolf J., (2009). *Elektroenergiesysteme. Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie*. Berlin.
- Shapiro, C.; Varian, H.R, (1999). *The art of standards wars*. In: *California management review*. Online verfügbar unter <http://faculty.haas.berkeley.edu/shapiro/wars.pdf>.

- Slowak, A.P, (2012). *Die Durchsetzung von Schnittstellen in der Standardsetzung. Fallbeispiel Ladesystem Elektromobilität*. Online verfügbar unter http://opus.ub.uni-hohenheim.de/volltexte/2012/738/pdf/fzid_dp_2012_51_gerybadze.pdf.
- Spante, Lennart (2011). *Fast Charging Stations – Market situation and Installation guidelines*. Online verfügbar unter http://www.vattenfall.com/en/file/Vattenfall_E-mobility_Newsletter_Nov-11-2.pdf.
- Spengler, Geldermann Hähre Sieverdingbeck und Rentz, (1997). *Multicriteria Decision Support System for Ecological Management*. In: *Greener Management International*.
- Stockburger, Christoph (2012). *Gesetzentwurf der Regierung. Elektroautos fahren zehn Jahre steuerfrei*. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/auto/fahrberichte/vw-e-up-gti-ich-komme-a-811489.html>
- Temme, Thorsten, Knafla, Frank (2010) Mit dem Strom fließen die Daten.
- Ulrich, L. (2012). *State of charge*. In: *Spectrum*.
- van den Bossche, Peter (2010). *Defining and Developing Standards*. Online verfügbar unter http://www.ecsfive.ch/parkcharge/documents/P_Van_den_Bossche1.pdf
- Voelcker, John, (2011a): *2012 Nissan Leaf. More Standard Equipment, Higher Price. Green Car Reports*. Online verfügbar unter http://www.greencarreports.com/news/1063372_2012-nissan-leaf-more-standard-equipment-higher-price
- Voelcker, John, (2011b). *Who Killed the Electric Car? Subaru To Slay Plug-In Stella EV. Green Car Reports*. Online verfügbar unter http://www.greencarreports.com/news/1053132_who-killed-the-electric-car-subaru-to-slay-plug-in-stella-ev

- Volvo (2011): *Latest Volvo News – VOLVO CAR CORPORATION 2010*.
Online verfügbar unter
<http://www.volvocars.com/uk/top/about/news-events/pages/default.aspx?itemid=89>, zuletzt aktualisiert am 07.01.2011, zuletzt geprüft am 08.09.2012.
- WAGO (2013) *Prüfungen und Prüfverfahren nach IEC/EN Standards*.
Online verfügbar unter
http://www.wago.com/cms/doc/elektrische_Tests.pdf
- Hofheinz, Wolfgang; Sellner, Harald (2011). *Elektrische Sicherheit bei der Ladung von Elektrofahrzeugen*. Online verfügbar unter
<http://www.automobil-industrie.vogel.de/fileserver/vogelonline/companyfiles/5475.pdf>,
- Yazaki (2012). Connector on the side of a DC charging stand for EV (conforming to Chademo specifications). Online verfügbar unter http://charge.yazaki-group.com/english/product/quick_outlet.html
- Yilmaz, M., Krein, P.T. (2012). *Review of charging power levels and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles*

Working Paper Series in Production and Energy

recent issues

- No. 1** Alexandra-Gwyn Paetz, Lisa Landzettel, Patrick Jochem, Wolf Fichtner:
Eine netnografische Analyse der Nutzererfahrungen mit E-Rollern
- No. 2** Felix Teufel, Michael Miller, Massimo Genoese, Wolf Fichtner: Review of
System Dynamics models for electricity market simulations
- No. 3** Patrick Jochem, Thomas Kaschub, Wolf Fichtner: How to integrate electric
vehicles in the future energy system?
- No. 4** Sven Killinger, Kai Mainzer, Russell McKenna, Niklas Kreifels, Wolf
Fichtner A regional simulation and optimisation of renewable energy
supply from wind and photovoltaics with respect to three key energy-
political objectives
- No. 5** Kathrin Dudenhöffer, Rahul Arora, Alizée Diverrez, Axel Ensslen, Patrick
Jochem, Jasmin Tücking Potentials for Electric Vehicles in France,
Germany, and India
- No. 6** Russell McKenna, Carsten Herbes, Wolf Fichtner: Energieautarkie:
Definitionen, Für- bzw. Gegenargumente, und entstehende
Forschungsbedarfe
- No. 7** Tobias Jäger, Russell McKenna, Wolf Fichtner: Onshore wind energy in
Baden-Württemberg: a bottom-up economic assessment of the socio-
technical potential
- No. 8** Axel Ensslen, Alexandra-Gwyn Paetz, Sonja Babrowski, Patrick Jochem,
Wolf Fichtner: On the road to an electric mobility mass market - How can
early adopters be characterized?
- No. 9** Kai Mainzer, Russell McKenna, Wolf Fichtner: Charakterisierung der
verwendeten Modellansätze im Wettbewerb Energieeffiziente Stadt
- No. 10** Hannes Schwarz, Valentin Bertsch, Wolf Fichtner: Two-stage stochastic,
large-scale optimization of a decentralized energy system – a residential
quarter as case study
- No. 11** Leon Hofmann, Russell McKenna, Wolf Fichtner: Development of a multi-
energy residential service demand model for evaluation of prosumers'
effects on current and future residential load profiles for heat and electricity
- No. 12** Russell McKenna, Erik Merkel, Wolf Fichtner: Energy autonomy in
residential buildings: a techno-economic model-based analysis of the scale
effects
- No. 13** Johannes Schäuble, Silvia Balaban, Peter Krasselt, Patrick Jochem,
Mahmut Özkan, Friederike Schellhas-Mende, Wolf Fichtner, Thomas
Leibfried, Oliver Raabe: Vergleichsstudie von Systemansätzen
für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen

The responsibility for the contents of the working papers rests with the author, not the institute. Since working papers are of preliminary nature, it may be useful to contact the author of a particular working paper about results or caveats before referring to, or quoting, a paper. Any comments on working papers should be sent directly to the author.

Impressum

Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)
Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU)

Hertzstr. 16
D-76187 Karlsruhe

KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

Working Paper Series in Production and Energy

No. 13, March 2016

ISSN 2196-7296