



Elektromobilität in Deutschland mit Blick auf das Münsterland

Projektarbeit

von

Ole Bruns

Fachbereich

Energie • Gebäude • Umwelt



Labor für Umwelttechnik

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Steinfurt August 2012

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	2
2	AKTUELLER STAND.....	3
3	ELEKTRO-TANKSTELLEN IN DEUTSCHLAND.....	8
3.1	Betrieb und Herstellung	8
3.2	Tankstellentypen	8
3.3	Steckertypen	11
4	REGIONALE ELEKTRO-INFRASTRUKTURENTWICKLUNG	16
4.1	Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz	16
4.2	„Wo kommt der Strom her?“	18
4.3	Energieverbrauch durch Kraftstoff in Deutschland	20
	und im Münsterland	
5	ZUSAMMENFASSUNG	27
6	VERZEICHNISSE.....	29
6.1	Quellen	29
6.2	Tabellen.....	32
6.3	Abbildungen	32
6.4	Abkürzungen	33
6.5	Formeln	33

1 EINLEITUNG

Wie aus dem Regierungsprogramm der deutschen Bundesregierung [1] zu entnehmen ist, strebt diese bis 2020 eine Präsenz von einer Millionen Elektrofahrzeugen auf Deutschlands Straßen an; bis 2030 soll sich diese Zahl auf sechs Millionen Fahrzeuge versechsfacht haben. Damit dieses Ziel erreicht wird, beabsichtigt die Bundesregierung Fördergelder in Höhe von einer Milliarde Euro zur Verfügung zu stellen. Mit diesen Bemühungen möchte Deutschland zum Leitanbieter für Elektromobilität werden. Ebenfalls wichtig für die Elektromobilität sind Technologien, die neu entwickelt oder weiterentwickelt werden müssen. Hierzu zählt die Kommunikationstechnik sowie der Leichtbau, Batterieforschung und die Integration in das Stromnetz.

Dieses Vorhaben stellt nicht nur eine große Herausforderung und Umstellung für die Automobilindustrie und die Elektroindustrie sondern auch für die Energieversorger in Deutschland dar. Eine gewisse Vorbereitung der Infrastrukturen ist hierbei das erste Ziel, das erreicht werden muss. Essentiell wichtig ist hierbei die Ladeinfrastruktur. Diese ist zwar zu einem gewissen Teil in Deutschland vorhanden, aber nicht in ausreichender Dichte. Elektrofahrzeuge oder auch Elektromobile (E-Mobile) verfügen momentan nicht über die Reichweiten der kraftstoffbetriebenen Fahrzeuge.

Wichtig hierbei ist die Stromversorgung durch regenerativen Strom. So strebt die Bundesregierung bis 2050 eine Stromversorgung des urbanen Straßenverkehrs aus überwiegend regenerativen Energieträgern an [1].

Die voranschreitende Entwicklung massentauglicher Elektromobile und die immer häufiger gekauften Elektro-Zweiräder, wie zum Beispiel Fahrräder, die Pedelecs genannt werden, oder Elektroroller, auch E-Scooter genannt, machen somit einen Ausbau und die damit einhergehende Verdichtung des Elektro-Tankstellennetzes in Deutschland unumgänglich. Ein weiterer wichtiger Aspekt in dieser Hinsicht ist die Vereinheitlichung der Ladesysteme, insbesondere der Stecker oder, bei der Technik des induktiven Ladens, der Ladespulen.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die Infrastruktur der Stromtankstellen und die Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland zu geben. Wesentlich hierbei ist eine Betrachtung der hundertprozentigen Substitution von kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen in Deutschland und im Münsterland. Die Hauptaussage der Arbeit wird die Berechnung des Energieverbrauchs durch E-Mobile.

2 AKTUELLER STAND

Nach Aussage von LEMnet.org, das LEM steht für **L**eicht**E**lektro**M**obil [2], sind Anfang 2012 rund 1.560 Stromtankstellen in Deutschland aufgestellt gewesen. Die Nationale Plattform Elektromobilität, auch NPE, schreibt in ihrem dritten Forschungsbericht, dass Anfang 2012 rund 2.200 Stromtankstellen für knapp 4.500 Elektromobile zur Verfügung standen [36].

Wie aus Anhang 1 ersehen werden kann, bezieht sich die Zahl von LEMnet.org nur auf Stromtankstellen für Autos. Zweiradladestationen sind ausgenommen. Von diesen 1.560 Stromtankstellen sind 1.088 öffentlich und 472 Stromtankstellen privat. Mit dieser Zahl liegt Deutschland weltweit an der Spitze, gefolgt von der Schweiz mit 690, Österreich mit 347 und Frankreich mit 222 Stromtankstellen. Dabei ist zu beachten, dass die Zahl der öffentlichen Tankstellen eine größere Aussagekraft hat, als die Zahlen im privaten Bereich. Die Zahl der privaten Stromtankstellen ist bedingt aussagekräftig, da diese nicht zur intensiven Nutzung durch E-Mobile gedacht sind [3]. Weiterhin sind Steckdosen in den Haushalten vorhanden, deren Zahl viele Millionen beträgt. An diesen Steckdosen werden momentan, nach Erfahrungen von LEMnet.org, 90 % der Ladungen durchgeführt, was darauf schließen lässt, dass die öffentlich zugänglichen Stromtankstellen momentan „nur“ eine ergänzende Funktion haben.

Betrachtet man die Verteilung der 1.560 Stromtankstellen, es sind weitaus mehr als auf der Karte zu sehen, auf die Bundesländer in Abbildung 2-1 und dem Anhang 1 von LEMnet.org, so erkennt man, dass Nordrhein-Westfalen mit 370 Stromtankstellen an erster Stelle steht. Gefolgt wird Nordrhein-Westfalen von Bayern mit 245 Stromtankstellen und Baden-Württemberg mit 243 Stromtankstellen. Weitere Bundesländer mit Stromtankstellen in dreistelliger Anzahl sind Hessen mit 193 Stromtankstellen, Berlin mit 132 Stromtankstellen und Niedersachsen mit 112 Stromtankstellen. Auffällig hierbei ist Berlin, da diese Anzahl für eine relativ kleine Fläche vergleichsweise hoch ist, sich aber durch die hohe Bevölkerungsdichte erklären lässt. Außerdem lassen sich in Abbildung 2-1 Ballungsräume erkennen, die sich im Ruhrgebiet, im Raum Necker Alb und im Raum Erlangen-Nürnberg befinden. Im Osten des Landes befinden sich eher weniger Stromtankstellen, wobei Berlin eine Ausnahme bildet.

Vergleicht man die Zahlen vom 19.03.2012 mit Zahlen aus 2010, so lässt sich erkennen, dass die Zahl der Stromtankstellen stark gewachsen ist. Laut Stromtankstellen.eu waren am 01.10.2010 rund 844 Stromtankstellen in Deutschland installiert. Dies macht ein Wachstum

von 46 % in knapp anderthalb Jahren aus. Die Wachstumsrate wurde nach Formel 1-1 berechnet [5]

Formel 1-1: Berechnung des Tankstellenwachstums in Deutschland

$$\text{Wachstumsrate} = \frac{A(t)^{\frac{1}{N}}}{A(t_0)} - 1$$

Hier bedeutet:

Wachstumsrate: Wachstum in einem Zeitraum

[%]

A(t): Anzahl nach Zeit t

[Tankstellen]

A(t₀): Anzahl am Anfang t₀

[Tankstellen]

N: N=t-t₀, Anzahl Zeiteinheiten

[Jahre]



Abb. 2-1: Screenshot Karte LEMnet.org: Verteilung der Park&Charge Stromtankstellen in Deutschland [4]

Auftretende Probleme waren und sind die fehlende Vereinheitlichung der Ladestecker und die Bezahlung des „getankten“ Stroms. Die meisten Stromtankstellenbetreiber bieten ihren Strom derzeit kostenlos an oder bitten um eine Spende. Ein weiteres Problem ist die Zeit, die benötigt wird, um das E-Mobil vollzuladen. Diese liegt bei den meisten Stromtankstellen zwischen vier bis acht Stunden, da hier teilweise nur mit einphasigem Wechselstrom (230 V, 16 A), wie er aus der Haushaltssteckdose kommt, geladen werden kann. Mit zwei und dreiphasigem Wechselstrom (230/400 V, 16/32 A) verringert sich die Ladedauer noch mal um ein bis zwei Stunden, was aber eine längere Fahrt mit einem Elektro-Mobil noch nicht komfortabel macht. Unterschiede zwischen den drei Wechselstromarten sind die Anzahl der Leiter, wie in den Abbildungen 3-4 und 3-5 erkannt werden kann und die Leistung, die mit den Wechselströmen übertragen werden können.

Um das Problem der hohen Ladezeit zu verringern und das Reisen mit Stromern, wie die Elektromobile auch genannt werden, angenehmer zu gestalten, werden vermehrt auch schnellladende Tankstellen gebaut, bei denen es ungefähr 15-30 Minuten dauert das Fahrzeug vollzuladen. Die Tankstellen laden mit 400 V und 63 A und sind an einigen Autobahnen, wie der A1, A2 oder der A5, aufgestellt worden. Im November 2011 wurden neun dieser Starkstrom-Tankstellen an der A1 und der A2 eröffnet. [6]

Zur Vereinheitlichung von Ladesystemen wurde 2012 ein großer Schritt gemacht. Wie im dritten Forschungsbericht der NPE [36] beschrieben, wird ein Stecker eingeführt, der in Zusammenarbeit mit den USA entwickelt wurde. Das „Combined Charging System“ (CCS), zu Deutsch „Kombiniertes Ladesystem“, kombiniert das Gleich- und Wechselstromladesystem miteinander und macht es für den Benutzer so möglich mit einer einzigen Schnittstelle an jeder Stromtankstelle sein E-Mobil laden zu können. Der Standard wird im Sommer 2012 eingeführt; 2013 sollen erste Fahrzeuge mit diesem Standard ausgerüstet sein.

Momentan reicht ein regional verdichtetes Netz an Stromtankstellen aus. Wie Abbildung 2-2 zeigt, fährt ein Deutscher pro Tag durchschnittlich 36,9 km. Diese Strecke kann mit heutiger Speichertechnologie ohne weitere Probleme erreicht werden. Selbst doppelt oder dreifach so weite Strecken können mit den E-Mobilen zurückgelegt werden.

Auch die Zwecke der Fahrten sind eher im privaten Bereich anzusiedeln. Abbildung 2-3 zeigt, dass ungefähr 33 % der Fahrten in der Freizeit stattfinden. Danach kommen die Fahrten zur Arbeit mit ungefähr 20 % dicht gefolgt von den Fahrten zu Geschäftszwecken und sonstigen

Fahrten. Auch die Fahrten zum Einkaufen machen nur einen kleinen prozentualen Teil der Fahrstrecke aus.

Angesichts der relativen Zahlen wird also ein großer Teil der Fahrstrecke einer Person in der Freizeit absolviert. Auch die Fahrt zur Arbeit oder Fahrten während der Arbeit haben einen großen Anteil an der durchschnittlichen Fahrstrecke. Somit sollten zuerst Stromtankstellen an oder in unmittelbarer Nähe von in der Freizeit oder bei der Arbeit hochfrequentierten Orten ausgebaut werden. Hier würden sich Einkaufsmärkte, Bürokomplexe, Sportplätze, Hochschulen oder öffentliche Plätze mit Parkplätzen wie Parks oder ähnlichen anbieten. Diese Standorte wären nicht nur für Elektrofahrzeuge interessant, sondern auch für Elektro-Zweiräder.

Land	Durchschnittliche Zahl der Fahrten pro Person und Tag	Durchschnittliche Fahrstrecke pro Person und Tag (in km)	Durchschnittliche Fahrzeit pro Person und Tag (in Minuten)
BE	3.0	:	:
CZ	:	21.9	:
DK	3.0	37.3	:
DE	3.3	36.9	80.0
EE	:	37.3	:
ES	1.8	:	44.4
FR	2.9	35.3	58.2
LV	1.9	8.7	13.0
NL	3.1	31.9	59.9
AT	3.0	28.1	68.8
FI	2.9	41.8	70.7
SE ¹	2.7	44.1	62.6
UK	2.9	31.8	63.3
CH	3.6	37.1	84.5
NO	3.3	37.9	68.2

¹ Die Zahlen beziehen sich auf einen Bezugszeitraum von drei Jahren: 1999-2001

Abb. 2-2: Durchschnittliche Fahrstrecke pro Person [7]

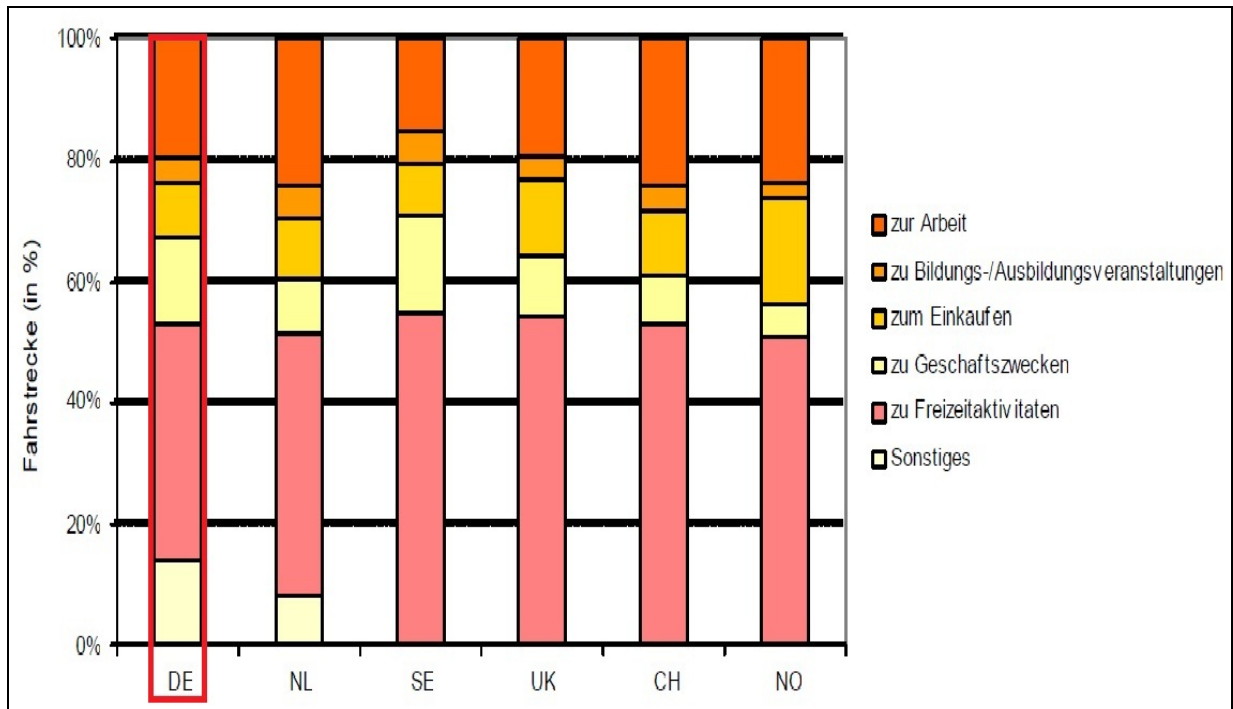


Abb. 2-3: Prozentuale Unterteilung der Fahrstrecke nach Zweck [7]

Des Weiteren würde das Fahren mit einem E-Mobil keinen Mehraufwand zu einem kraftstoffbetriebenen Fahrzeug in der Benutzung bedeuten. Das Fahrzeug muss, aufgrund der relativ niedrigen Reichweite, aber auch, um die Akkumulatoren zu schonen, wenn es abgestellt wird, mit Strom versorgt werden. Da dies an der eigenen Steckdose zu Hause geschehen kann, wird die Fahrt zur Tankstelle für E-Mobil Fahrer nicht mehr notwendig.

3 ELEKTRO-TANKSTELLEN IN DEUTSCHLAND

In Deutschland werden Stromtankstellen von vielen Betreibern in unterschiedlichsten Ausführungen angeboten. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Betreiber beziehungsweise Anbieter der Stromtankstellen, die Arten von Stromtankstellen und den verwendeten Steckern und deren Ladeleistung gegeben.

3.1 Betrieb und Herstellung

Da jeder Privatmann eine Stromtankstelle installieren und anbieten kann, ist es schwer alle Betreiber von Stromtankstellen aufzuführen. In dieser Arbeit werden daher nur die großen Anbieter und Betreiber sowie die Hersteller aufgezeigt.

Grundsätzlich kann man sagen, dass Betreiber von Stromtankstellen die großen Treibstofftankstellen wie Aral, Shell, Total und Jet sind, wobei diese Aussage nach Quelle [8] hinterfragt werden muss, da nach eingehender Recherche keine weiteren Informationen vorliegen.

Anbieter sind große Stromkonzerne wie zum Beispiel RWE, EnBW, Vattenfall oder E.ON. Der älteste Anbieter von Stromtankstellen ist Park&Charge, die seit 1997 ausschließlich Stromtankstellen in Deutschland verkaufen.

Von den großen Stromkonzernen ist RWE der führende Konzern im Ausbau der Ladeinfrastruktur für Stromer. RWE bietet jedoch nur Stromtankstellen mit einem Anschluss für Typ 2 Stecker von der Firma Mennekes an, auf den in Kapitel 3.3 genauer eingegangen wird.

3.2 Tankstellentypen

Grundsätzlich kann man Stromtankstellen in zwei Kategorien unterteilen, diejenigen die den Strom mithilfe eines Kabels übertragen und diejenigen die den Strom mithilfe von Induktion übertragen. Hierbei muss gesagt werden, dass die Induktionstankstellen momentan jedoch in der Entwicklung sind, es aber intensive Forschungen an dieser Technologie gibt. Aktuell kann mit der Technik der Induktion in Testversuchen ein Wirkungsgrad von 90 % erreicht werden; erwartet wird ein Wirkungsgrad von bis zu 95 % bis 2015 im Feldbetrieb. Der betrachtete Wirkungsgrad ist der Systemwirkungsgrad der Ladeinfrastruktur, das heißt, von der Einspeisung der Energie in der Primärseite bis zu der Batterie im Inneren des Fahrzeugs. [9]

Diese Art des Akkuladens könnte die E-Mobilität um einiges komfortabler machen, da man lediglich mit dem E-Mobil auf einen ausgewiesenen Ladepunkt fahren müsste und der

Ladevorgang per Knopfdruck oder automatisch gestartet wird wie in Abbildung 3-1 schematisch dargestellt wird.

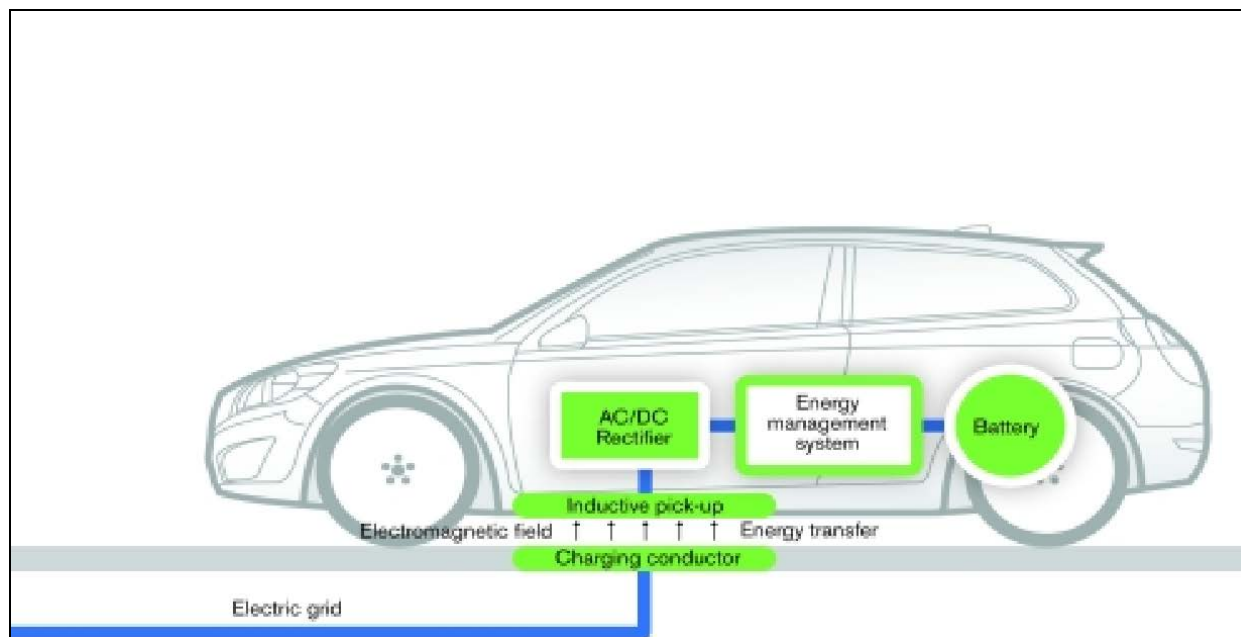


Abb. 3-1: Schematische Darstellung einer induktiven Stromtankstelle [10]

Hier ist ebenfalls ein großes Problem in der Vereinheitlichung der Ladespulen vorhanden, die der Induktionstechnik zu Grunde liegen. Automobilhersteller forschen an anderen Ladetechniken in diesem Bereich. Diese fehlende Vereinheitlichung führt zu Wirkungsgradeinbußen, die sich überwiegend durch Wärmeentwicklung bemerkbar machen. [11]

Außerdem gibt es keine einheitlichen Kriterien für das Aussehen einer Stromtankstelle wie man an den Abbildungen 3-2 und 3-3 erkennen kann. Es muss weitestgehend sichergestellt sein, dass, je nach Bestimmungen des Betreibers, Tag und Nacht und unter jeden Umständen ein Elektro-Mobil ohne Störungen geladen werden kann. Um diese Sicherheit zu gewährleisten sind einerseits die Stromtankstellen verschlossen und gegen Missbrauch, zum Beispiel durch eine verschließbare Tür, geschützt. Stecker wie der Typ 2 Stecker von Mennekes oder auch der Stecker des „Combinend Charging System“ verriegeln sich während des Ladens mit der Tankstelle und sind somit gegen Abziehen geschützt. Die häufigsten Formen sind Stromtankstellen in Säulenform oder an der Wand hängend als Kasten. Weiterhin werden die Ladestationen auch nach ihrem bereitgestellten Ladestrom unterschieden.

Die einfachsten Stromtankstellen, die einzig sogenannte Schuko-Steckdosen anbieten, stellen 220 V, 16 A und eine Leistung von 3,7 kW bereit, was eher im privaten Bereich der Fall ist.

Im öffentlichen Bereich haben die Stromtankstellen überwiegend 400 V, 16/32 A Drehstrom-Steckdosen (CEE-Steckdosen), da hier die Ladezeit eine größere Rolle spielt als im privaten Bereich. Schnellladende Stromtankstellen stellen Starkstrom zur Verfügung. Weitere wichtige Elemente einer Ladestation sind Leitungsschutzschalter, FI-Schutzschalter, Stromzähler wie Abbildung 3-2 zeigt. Bei den neueren Ladestationen ist weiterhin ein Wireless-LAN Router (Wireless aus dem eng. für „kabellos“, LAN= Local Area Network aus dem eng. für lokales Netzwerk), auch WLAN Router genannt, verbaut, der zur Übermittlung von Daten, zum Beispiel der Abrechnung des geladenen Stroms oder der Ladedauer, dient.

Mit das Wichtigste bei dem Ladevorgang mit dem Kabel ist die Art der Übertragung. Hier gibt es, durch fehlende Vereinheitlichung, verschiedenste Möglichkeiten, die sich in der Ladedauer und dem Ladestrom sowie der Ladespannung unterscheiden. Außerdem kann nicht mit jedem Stecker an jeder Stromtankstelle geladen werden.



Abb. 3-2: Park&Charge von innen [12]



Abb. 3-3: RWE Ladesäule [13]

3.3 Steckertypen

Die am weitesten verbreiteten Stecker sind Schuko- und CEE-Stecker (Abbildungen 3-4 und 3-5), die den Normen der IEC_60309/CEE entsprechen. Die Schuko-Stecker haben eine Ladeleistung von 3,7 kW bei 16 A und 230 V; die CEE-Stecker haben je nach Ausführung (CEE 2P/PE 16 A) ebenfalls 3,7 kW, dieser Stecker wird auch allgemein als Wohnmobil Stecker bezeichnet, (CEE 3P/PE/N 16 A) 11 kW oder (CEE 3P/PE/N 32 A) 22 kW Ladeleistung.



Abb. 3-4: Schuko Stecker (l.) und „Wohnmobil Stecker“ (r.) [14]

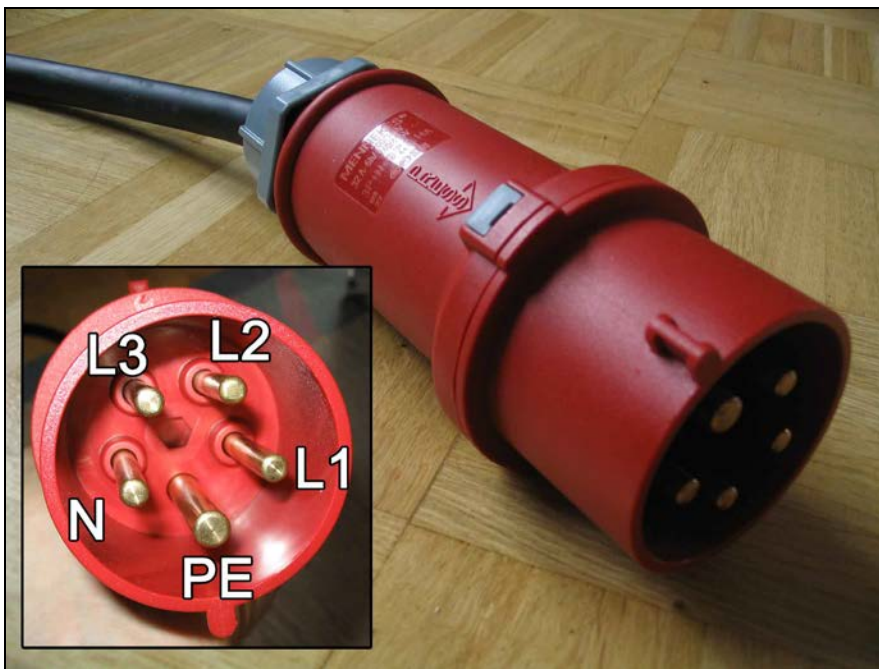


Abb. 3-5: CEE Stecker [15]

Betreiber wie RWE und verschiedene Autohersteller setzen auf den von der Firma Mennekes entwickelten Typ 2 Steckerstandard, der nach der IEC 62196-2 genormt ist. Abbildung 3-6 zeigt den Aufbau dieses Steckers. Er verfügt über 7 Pole; drei Ladepole (L1, L2, L3), dem PE-Pol („earth“- Erde, Erdung), dem N-Pol („neutral“-Neutralleiter) und zwei Pole zur Datenübertragung an den Betreiber („proximity“-Datenübertragung, „control pilot“- Steueranschluss, Steuerung des Ladevorgangs), die Informationen zum geladenen Strom und zur Ladedauer erhalten und den geladenen Strom abrechnen können. Diese Stecker haben

ebenfalls je nach Stromstärke bei 16 A und 230 V eine Ladeleistung von 11 kW, bei 32 A und 230 V eine Ladeleistung von 7,4 kW und bei 63 A und 230 V eine Ladeleistung von 14,5 kW. Bei einer Spannung von 400 V hat der Typ 2 Stecker Ladeleistungen von 11 kW bis 63 kW je nach Ladestrom. Außerdem kann mit diesem Stecker ein- beziehungsweise dreiphasig geladen werden. Die Ladedauer verringert sich hier mit zunehmender Ladeleistung. Bei 400 V und 63 A beträgt die Ladedauer knapp eine Stunde. Weiterhin verriegelt der Stecker während des Ladevorgangs die Steckdose und geht eine schwer zu lösende Verbindung mit der Stromtankstelle ein, damit ein unbeabsichtigtes Herausziehen oder Vandalismus verhindert wird. Außerdem ist es auch nicht möglich mit dem Elektromobil während des Ladens loszufahren.



Abb. 3-6: Typ 2 Stecker Entwurf von Mennekes [16]

Das „Combined Charging System“ ist ebenfalls von den großen Autoherstellern, wie zum Beispiel VW, Audi, Porsche und BMW, mitentwickelt worden und vereint die Möglichkeit Wechselstrom oder Gleichstrom zu tanken in einem Stecker. Somit wird es dem E-Mobilfahrer ermöglicht an jeder öffentlichen Stromtankstelle laden zu können. Abbildung 3-7 zeigt diesen Stecker, der nach IEC 62196-3 genormt ist.



Abb. 3-7: Combined Charging System nach IEC 62196-3 [40]

Während in Deutschland überwiegend mit Wechselstrom geladen wird, gibt es außerhalb Deutschlands und Europas andere Systeme, die mit Gleichstrom laden und eine geringe Ladezeit von bis zu einer halben Stunde und darunter gewährleisten. Hier kann der Standard aus Japan genannt werden, der auch in Deutschland vereinzelt schon eingesetzt wird. Der sogenannte Chademo-Ladestecker (vom japanischen: „O **cha demo** ikaga desuka“ = „Lust auf eine Tasse Tee?“; verweist auf kurze Ladezeit des Systems), der in Abbildung 3-7 gezeigt wird, hat eine Ladeleistung von bis zu 63 kW bei einem Ladestrom von bis zu 100 A und einer Ladespannung von bis zu 700 V DC (vom englischen direct current = Gleichstrom). Abbildung 3-8 zeigt eine Schnellladestation an der bei 500 V Ladespannung und Gleichstrom mit dem Chademo-Stecker geladen werden kann.

Die Meinungen über den Chademo-Stecker teilen sich, da einige Experten vermuten, dass ein derart schnelles und punktuelles Laden den Lithium-Ionen-Akkumulatoren schadet und somit die vom Hersteller angegebenen Mindestladezyklen nicht erreicht werden können.



Abb. 3-8: Chademo Ladestecker [17]



Abb. 3-9: Chademo Schnellladestation 500 V Gleichstrom [18]

4 REGIONALE ELEKTRO-INFRASTRUKTURENTWICKLUNG

Der Hauptteil dieser Arbeit befasst sich mit der Elektro-Infrastrukturentwicklung im Münsterland. Insbesondere mit dem hypothetischen Energieverbrauch bei einer hundertprozentigen Substitution der kraftstoffbetriebenen Fahrzeuge durch elektrisch betriebene Fahrzeuge im Straßenverkehr des Münsterlands. Die Betrachtung des Energieverbrauchs bezieht sich ausschließlich auf den verbrauchten Kraftstoff. Der Energieverbrauch bei der Herstellung der Fahrzeuge und weiteren industriellen oder logistischen Schritten wird nicht berücksichtigt.

4.1 Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz

Stromer-Fahrer sind durch die geringe Reichweite ihrer Fahrzeuge darauf angewiesen mehrere Ladestopps auf längeren Fahrten einzuplanen. Hierbei bietet es sich an, diese Ladestopps so zu gestalten, dass sich die Fahrer während der Ladezeit, die bei verschiedenen Ladetechniken unterschiedlich lang sein kann, beschäftigen können.

In Städten könnte man die Ladestationen so errichten, dass diese zentral liegen oder an Orten, die von Interesse sind, wie zum Beispiel Denkmäler, Straßen mit Einkaufsmöglichkeiten oder Übernachtungsmöglichkeiten. Weiterhin würde es sich anbieten, dem Stromer-Fahrer eine Möglichkeit der weiteren Fortbewegung in der Stadt oder an dem Ladepunkt seiner Wahl zu geben, wie zum Beispiel über Car-Sharing-Anbieter.

In Münster würde sich das Car-Sharing-Unternehmen „Stadtteilauto“ anbieten, sich eine kleine Flotte an E-Mobilen anzulegen. Es würden zwar eher Personen, die ohnehin schon das Angebot von Stadtteilauto oder anderen Anbietern nutzen, davon profitieren, aber es würde auch eine Möglichkeit für Stromer-Fahrer darstellen, sich weiterhin „e-mobil“ fortzubewegen und nicht auf das öffentliche Verkehrsnetz angewiesen zu sein. Hier würde sich als Pilotprojekt der Standort Hüfferstift in Münster anbieten, da dort eine neue Stromtankstelle der Stadtwerke Münster errichtet wird und sich dort ebenfalls Parkplätze von Stadtteilauto befinden. Für eine Stadt wie Münster, in der überdurchschnittlich viel mit dem Fahrrad gefahren wird, würde sich ebenfalls anbieten eine Zweirad-Flotte, sei es Fahrrad (Pedelec), E-Scooter oder Segway, zu etablieren, da es nicht anstrengend ist und man schnell und bequem vorranksommt.

Ähnliche Konzepte dieser Art gibt es in Hamburg oder München, wo der Car-Sharing-Anbieter Car2Go eine Flotte von Smart EDs bereitstellt, die angemietet werden können. Für so etwas reichen die momentanen Reichweiten der Stromer aus, da die meisten Wege, die in

der Stadt zurückgelegt werden, unter 20 km liegen. Auch Stadtführungen mit Segways werden vermehrt in vielen Städten angeboten. Hier könnte es also naheliegen diese als allgemeines Fortbewegungsmittel in der Stadt anzubieten und nicht nur in Verbindung einer Stadtführung. Weiterhin bieten zum Beispiel Hotels im Münsterland einen Leihservice für E-Bikes an, der zum normalen Aufenthalt im Hotel dazu gebucht werden kann. [19]

Wird die Ladeinfrastruktur der Stadtwerke-Ladesäulen in Münster in Abbildung 4-1 betrachtet, liegen die meisten Ladestationen unmittelbar im Stadtkern und am Schloss. Hier wäre es möglich, da viele der Ladestationen in Parkhäusern untergebracht sind, weitere Parkplätze für Car-Sharing oder „Zweirad-Sharing“ zu reservieren, damit man übergangslos weiterhin in Münster mobil ist.



- 1:Parkhaus Münster Arkaden
- 2:Parkhaus Alter Steinweg
- 3:Parkhaus Engelschanze
- 4:Stadtwerke Münster
- 5:Parkplatz Ludgeriplatz
- 6:Parkplatz Stadthaus 1
- 7:Münster Electronical Energy Technology (MEET)
- 8:Parkplatz SuperBioMarkt

Abb. 4-1 Schematische Darstellung der Ladestationen in Münster [20]

In diesem Zusammenhang liegt es nahe, sogenannte multimodale Plätze zu errichten. Der Begriff der Multimodalität lässt sich mit „vielfunktional“ übersetzen. Die frühesten multimodalen Plätze sind Marktplätze in den Städten, wo man sich getroffen hat oder immer noch trifft, um Neuigkeiten auszutauschen oder einkaufen zu gehen. Neuartig wäre hier die Möglichkeit sein E-Mobil an einem solchen Ort abstellen zu können und ohne Verzögerung auf ein anderes E-Mobil umzusteigen und von dort aus weitere in der Stadt naheliegende Ziele anzufahren; also einen Knotenpunkt zu schaffen von dem aus man alle wichtigen Ziele erreichen kann, den man aber nicht unbedingt verlassen muss, da dort auch Einkaufsmöglichkeiten oder Übernachtungsmöglichkeiten vorhanden sind. Diese Knotenpunkte könnten aber nicht nur für Langstreckenfahrer interessant sein, sondern auch

für Pendler. Wenn man diese Plätze auslagert und so gestaltet, dass sie attraktiv für Pendler werden, könnte man so sogar die Innenstädte zu den Hauptverkehrszeiten entlasten.

4.2 „Wo kommt der Strom her?“

Wird von Elektromobilität gesprochen, wird damit emissionsloses Fortbewegen assoziiert. Bis zu einem bestimmten Punkt ist dies richtig. Dieser Punkt ist das Fahren mit einem E-Mobil, vorausgesetzt es wird mit „grünem Strom“ beladen.

Wird die E-Mobilität im Ganzen betrachtet, so ist es nicht nur das „sich fortbewegen“ mit einem E-Mobil, sondern auch das Laden und die Herstellung der Fahrzeuge. Heutzutage wird der Strom noch überwiegend aus den fossilen Energieträgern Kohle-, Gas-, oder atomaren Brennstoffen wie Uran (ab 2022 kein Atomstrom mehr in Deutschland siehe Atommoratorium! [41]) erzeugt. Um die E-Mobilität wirklich nahezu emissionslos zu gestalten, muss zumindest der Strom, der von den E-Mobilen geladen wird, durch erneuerbare Energien, auch EE-Strom genannt, bereitgestellt werden. Dies stellt eine große Herausforderung an die Energienetze dar, denn nicht überall kann direkt regenerativer Strom bereitgestellt werden (Nord-Süd-Gefälle). Das Nord-Süd-Gefälle beschreibt die Verteilung der Möglichkeit EE-Strom zu erzeugen. So kann im Norden Deutschlands durch geographische Vorteile mehr EE-Strom erzeugt werden, da dort sehr viele Windkraftanlagen sowohl On- als auch Offshore aufgestellt werden können und zusätzlich auch Photovoltaik aufgebaut werden kann. Im Süden können nur Photovoltaikanlagen aufgebaut werden, da es durch die Geographie nicht möglich ist Windkraftanlagen aufzubauen. So wird im Norden Deutschlands mehr EE-Strom erzeugt als im Süden. Auf Bundesebene wird daher ein Smart-Grid-System angestrebt, was so viel bedeutet wie intelligentes Stromnetz. Hintergrund der Idee eines intelligenten Stromnetzes ist bei einem Überangebot von EE-Strom die Kraftwerke so zu modulieren, dass sie weniger Strom produzieren oder der EE-Strom zum Beispiel in den Batterien der E-Mobile zu speichern wie Abbildung 4-2 zeigt. Hierzu werden Technologien wie das gesteuerte Laden („Grid to Vehicle“-G2V, zu Deutsch frei übersetzt: „Strom in das Fahrzeug speisen“) und der bidirektionale Energieaustausch („Vehicle to Grid“- V2G, zu Deutsch frei übersetzt: „Strom vom Fahrzeug ins Stromnetz“) untersucht [33]. Die erste Möglichkeit bietet eine Ladung des E-Mobils bei geringem Strompreis, das einen Stromüberhang impliziert. Die zweite Möglichkeit beinhaltet nicht nur die Möglichkeit das E-Mobil in Zeiten von günstigem Strom zu laden; der E-Mobilbesitzer stellt hier sein Fahrzeug als Speicher im Stromnetz zur Verfügung, der genutzt wird, wenn nicht genügend Strom

durch Erneuerbare Energien erzeugt wird, das Fahrzeug speist Strom ins Netz, oder speichert Strom, wenn zu viel erzeugt wird.

Allgemein kann der EE-Strom nur bilanziell zur Verfügung gestellt werden, das heißt, er wird an einem dezentralen Ort durch Photovoltaik-Anlagen, Windkraft, Wasserkraft oder Biomasse erzeugt, in das Netz gespeist und an anderer Stelle über ein Bilanzierungssystem wieder als EE-Strom bereitgestellt, da dieser ja beim Einspeisen auch Strom aus fossilen Energieträgern enthält. Anders ist es zum Beispiel bei kleinen privaten PV-Anlagen. Hier kann der Strom bei Bedarf und ausreichender Bereitstellung direkt abgenommen werden und als „grüner Strom“ in die Batterien geladen werden.

Im Münsterland wird 19 % der Stromversorgung durch EE-Strom abgedeckt. Hier liegt Kreis Borken mit 37 % vorne; gefolgt von Steinfurt mit 31 %, Warendorf mit 26 %, Coesfeld mit 20 % und Münster mit 5 % Anteil an den 19 % der gesamten EE-Stromerzeugung. In absoluten Zahlen wird im Münsterland 3.683.084 MWh/a Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Der Stromverbrauch der Region liegt bei 19.397.479 MWh pro Jahr. [22]

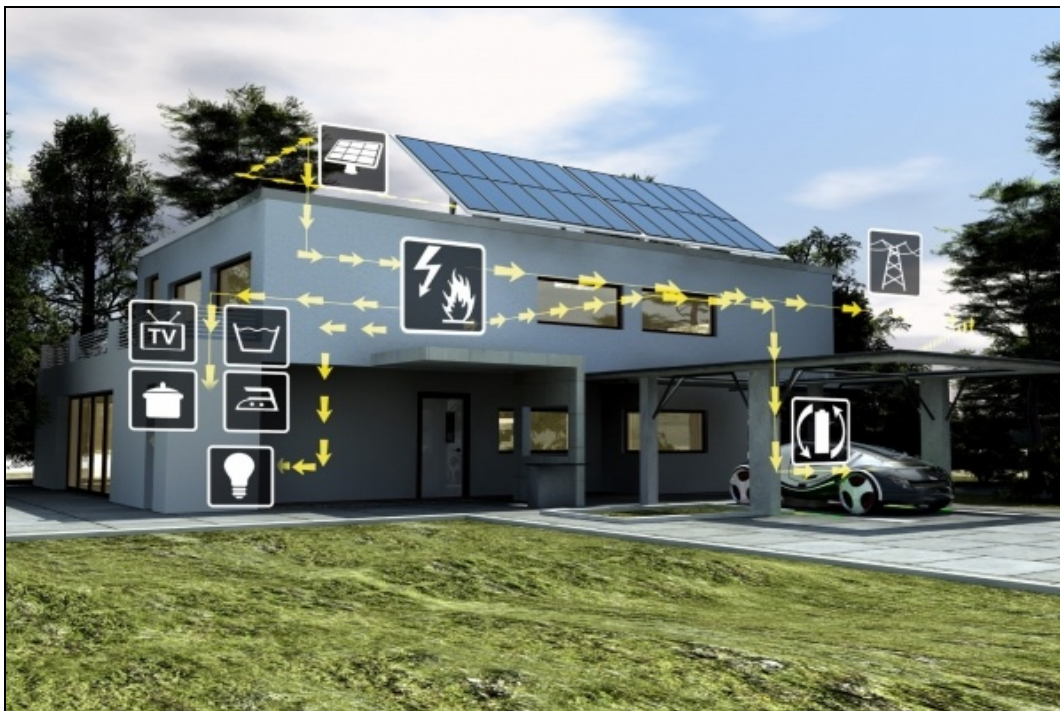


Abb. 4-2: Smart-Grid am Beispiel eines Hauses [21]

In Deutschland wurden 2010 103,46 TWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Das macht einen Anteil von 17 % am Bruttostromverbrauch aus. Insgesamt wurden 607,8 TWh Strom erzeugt. [23]

4.3 Energieverbrauch durch Kraftstoff in Deutschland und im Münsterland

Damit die E-Mobilität emissionslos gestaltet werden kann, muss geprüft werden, wie viel Energie zusätzlich erzeugt werden muss, wenn die kraftstoffbetriebenen Fahrzeuge im Straßenverkehr zu hundert Prozent durch E-Mobile substituiert würden. Hierzu wird der Energieverbrauch durch kraftstoffbetriebene Fahrzeuge in ganz Deutschland und zusätzlich im Münsterland untersucht. Entscheidend ist dabei die Umsetzung der Energie von Primär- in Endenergie. So ist die Verbrennung des Kraftstoffes bei den Otto- und Dieselmotoren verlustbehaftet, da der überwiegende Teil der Energie in Wärme- und nicht in Antriebsenergie umgewandelt wird. Diese Verluste sind bei Stromern nicht vorhanden, sofern die Energie nicht aus fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Würde das E-Mobil mit Strom aus fossilen Energieträgern „betankt“, verschieben sich die Verluste von dem Auto auf das Kraftwerk.

Die verwendeten Zahlen des Kraftfahrzeugbestandes in Deutschland und im Münsterland stammen aus dem Jahr 2010; die Berechnung bezieht sich somit auf das Jahr 2010 kann aber für beliebige andere Jahre als Beispiel dienen. Für die Berechnung wurden nur Kraftfahrzeuge berücksichtigt, die sich im Straßenverkehr bewegen, also Personenkraftwagen (PKW), Lastkraftwagen (LKW), motorisierte Zweiräder und Busse, da hier die Wahrscheinlichkeit am höchsten ist, diese Fahrzeuge durch Strom betriebene Fahrzeuge zu ersetzen. Außerdem wurden die Berechnungen getrennt für Diesel und Benzin durchgeführt. Hier wird die Summe aus beiden Kraftstoffen betrachtet.

Wie aus Anhang 2 und Tabelle 4-1 ersichtlich, fuhren 2010 rund 52 Mio. Fahrzeuge auf deutschen Straßen. Für die Berechnung wurden die unter „andere“ betitelten Fahrzeuge vernachlässigt. Somit wird in der Berechnung eine Zahl von 50 Mio. Fahrzeugen betrachtet.

Tabelle 4-1: Kraftfahrzeugbestand in Deutschland nach Kraftstoffart [24]

	Kraftfahrzeugbestand	2010
PKW	Benzin	30.920.000
	Diesel	10.818.000
LKW+Sattelzüge	Diesel	2.556.000
mot. Zweiräder	Benzin	5.867.000
Insgesamt		50.161.000

Der erste Schritt zur Berechnung des Energieverbrauchs durch Kraftstoff, ist die Berechnung des verbrauchten Kraftstoffs nach Formel 4-1.

Formel 4-1: Berechnung des Kraftstoffverbrauchs

$$K_{\text{verbrauch}} = \text{Anzahl Kfz} \times \varnothing \text{ Fahrleistung} \times \varnothing \text{ Kraftstoffverbrauch}$$

Hier bedeutet:

$K_{\text{verbrauch}}$: Verbrauchter Kraftstoff		[l/a]
Anzahl Kfz: Benzin Kfz	30.920.000	[Kfz]
\varnothing Fahrleistung: durchschn. Fahrleistung [28]	14.351	[km/Kfz]
\varnothing Kraftstoffverbrauch: Benzin	0,075	[l/km]

In Tabelle 4-2 werden die Kennzahlen für die Berechnung von dieselbetriebenen PKW, LKW und mot. Zweiräder dargestellt. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch für PKW liegt für beide Kraftstoffarten bei 7,5 l/100 km (diese Zahl ist ein Mittel zwischen Diesel und Benzin betriebenen Fahrzeugen, sowie zwischen den Fahrzeugklassen Kleinwagen, Kompaktwagen, Mittelklassewagen und Oberklassewagen) [25], für LKW bei 37 l/100 km [26] und für mot. Zweiräder bei 5 l/100 km [27]. Außerdem wurde die Fahrleistung für LKW und Sattelzüge gemittelt, da der Kraftfahrzeugbestand in Tabelle 4-1 keine nähere Unterteilung vorgibt.

Tabelle 4-2: Durchschnittliche Fahrleistung Fahrzeuge [28]

Durchschnittliche Fahrleistung		
	2010	km/Fahrzeug 2010
	km	km
Mofas, Mopeds	4.700.000.000	2.233
Krafträder	11.600.000.000	3.083
Pkw	599.000.000.000	14.351
Busse	3.300.000.000	43.175
LKW	60.700.000.000	25.449
Sattelzugmaschinen	16.900.000.000	98.881

2010 wurden somit 33 Mrd. l/a Benzin und 11 Mrd. l/a Diesel durch PKW verbraucht. LKW verbrauchten 117 Mrd. l/a Diesel und mot. Zweiräder 904 Mio. l/a Benzin wie aus, Tabelle 4-3 ersehen werden kann.

Tabelle 4-3: Kraftstoffverbrauch nach Kraftstoffart und Kraftfahrzeug [29]

	Insgesamt		Nach Kraftstoffarten	
			Benzin	Diesel
	l/a		l/a	l/a
PKW	44.925.401.484	33.281.264.409	11.644.137.075	
LKW	117.582.834.925	-	117.582.834.925	
Mot. Zweiräder	904.399.955	904.399.955	-	
Insgesamt	163.412.636.365	-	-	

Tabelle 4-4: Heizwert von Benzin und Diesel pro Liter [30]

	kWh/l
Benzin	8,48
Diesel	9,82

Mit der Zahl des verbrauchten Kraftstoffes kann jetzt die verbrauchte Energie nach Formel 4-2 berechnet werden.

Formel 4-2: Berechnung des Energieverbrauchs durch Kraftstoff

$$E_{\text{verbrauch}} = \text{Kraftstoffverbrauch} \times H_{i,n}$$

Hier bedeutet:

$E_{\text{verbrauch}}$: Verbrauchte Energie [kWh/a]

Kraftstoffverbrauch: verbrauchtes Benzin 33.281.264.409 [l/a]

$H_{i,n}$: Heizwert Benzin 8,48 [kWh/l]

Aus Tabelle 4-5 kann ersehen werden, dass 2010 mit PKW somit 282,36 TWh Benzin verfahren wurden. Dieselfahrzeuge verfahren 114,39 TWh. LKWs verfahren alleine 1.155,07 TWh Diesel; mot. Zweiräder 7,673 TWh Benzin.

Tabelle 4-5: Energieverbrauch nach Kraftstoffart und Kraftfahrzeug [31]

	Insgesamt	Nach Kraftstoffarten	
		Benzin	Diesel
	kWh	kWh	kWh
PKW	396.748.587.968	282.362.407.405	114.386.180.562
LKW	1.155.074.978.885	-	1.155.074.978.885
Mot. Zweiräder	7.673.042.270	7.673.042.270	-
Insgesamt	1.559.496.609.124		

Aus diesen Berechnungen folgt, dass ein mit Benzin oder mit Diesel betriebenes Fahrzeug zirka vier Mal mehr Energie benötigt als ein Fahrzeug, das mit Strom betrieben wird. Diese Schlussfolgerung kann aus der Betrachtung des Heizwertes und dem Verbrauch der kraftstoffbetriebenen Fahrzeuge gezogen werden. Wird der Mittelwert der beiden Heizwerte gezogen und dann mit dem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch pro Kilometer und Fahrzeug verglichen, lässt sich vereinfacht sagen, dass aus einem Liter Kraftstoff ungefähr neun Kilowattstunden Energie erzeugt werden können. Ein kraftstoffbetriebenes Fahrzeug verbraucht 0,075 Liter auf einem Kilometer. Ein E-Mobil benötigt 0,17 kWh pro Kilometer (Verbrauch eines Mitsubishi iMiev). Bei einem durchschnittlichen Brennwert von 9 kWh/l

Kraftstoff und einem angenommenen Verbrauch von 17 kWh/100 km, verbraucht ein mit Kraftstoff betriebenes Auto 4 Mal mehr Energie als ein E-Mobil.

In Deutschland wurden 2010 rund 628,1 TWh [32] Strom erzeugt. Mit den Ergebnissen aus den vorausgehenden Berechnungen kann nun überprüft werden, wie viel Prozent mehr Strom erzeugt werden muss. Für diesen Schritt wird der gesamte Energieverbrauch der PKW durch vier geteilt. Würden alle PKW substituiert werden, würden alleine für E-Mobile 99.336.440.000 kWh/a oder 99 TWh/a Strom verbraucht werden. Wird dieser Verbrauch durch den gesamten erzeugten Strom von 2010 geteilt, ist das Ergebnis der Strom in Prozent, der mehr erzeugt werden muss. Es müssen somit nach dieser Berechnung 15,82 Prozent mehr Strom in Deutschland erzeugt werden, damit alle Pkw als Elektrofahrzeuge betrieben werden können. Gleichzeitig würden 44.925.401.484 l Kraftstoff/a eingespart werden.

Diese Masse an E-Mobile könnte durchaus schon heute komplett emissionslos in Deutschland fahren. 2010 wurden, wie aus Kapitel 4.2 ersichtlich, 103 TWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Bei einem theoretischen Bedarf von 99 TWh, würden die E-Mobile rund 96 % des EE-Stroms benötigen. Hierzu muss aber gesagt werden, dass diese 96 % wieder durch andere Energieträger erzeugt werden müssten.

Bei einem Besetzungsgrad von 1,5 Personen pro Fahrzeug bei privaten Fahrten [34], kann nun errechnet werden wie viel Stromkosten ein E-Mobil zusätzlich bedeutet. Wird der Besetzungsgrad durch den Pkw Bestand und dann durch den zuvor berechneten Stromverbrauch geteilt, so kann eine Aussage darüber getroffen werden, wie viel Kilowattstunden Strom durchschnittlich pro Fahrzeug „getankt“ werden müssten und wie viel dafür bezahlt werden müsste. Ein Einfamilienhaus, das von drei Personen bewohnt wird, verbraucht im Jahr ungefähr 3.900 kWh [35]. Nach der Berechnung würde ein E-Mobil, das an der privaten Steckdose geladen wird, 3.570 kWh pro Jahr zusätzlich an Stromverbrauch bedeuten. Bei einem durchschnittlichen Strompreis von 23 Cent/kWh würden das 821 €a Mehrkosten bedeuten. Wird das mit den Ausgaben für Kraftstoff verglichen, die aus Tabelle 4-7 entnommen werden können, so bezahlt jeder Autobesitzer im Durchschnitt 2.498,32 €a an Spritkosten. Das sind rund 33 % mehr Kosten für Kraftstoff als für Strom. Für die Berechnung der Kraftstoffkosten in Tabelle 4-6 ist es notwendig die Kraftstoffkosten pro Liter zu kennen. Diese können aus Tabelle 4-6 entnommen werden.

Tabelle 4-6: Kraftstoffkosten pro Liter aus 2011 [37]

Kraftstoff	Preis	Einheit
Super	1,586	€Liter
Diesel	1,437	€Liter

Tabelle 4-7: Kosten Kraftstoff pro Jahr [38]

Nach Kraftstoffarten			
	Insgesamt	Benzin	Diesel
Einheit	€a	€a	€a
Pkw	69.516.710.330	52.784.085.353	16.732.624.977
Lkw	168.966.533.787	-	168.966.533.787
Mot. Zweiräder	1.434.378.329	1.434.378.329	-

Die Kraftstoffkosten pro Jahr werden nach Formel 4-3 berechnet:

Formel 4-3: Berechnung Kraftstoff pro Jahr

$$K_{\text{kosten}} = \text{Kraftstoffverbrauch} \times \text{Kraftstoffkosten pro Liter}$$

Hier bedeutet:

K_{kosten} : Kosten Kraftstoff [€a]

Kraftstoffverbrauch: Verbrauchter Kraftstoff Benzin 33.281.264.409 [l/a]

Kraftstoffkosten pro Liter: Kosten pro Liter 1,586 [€/l]

Für das Münsterland stellen sich die Berechnungen genauso da wie für ganz Deutschland. Kraftstoffverbrauch und Energieverbrauch lassen sich nach Formel 4-1 und Formel 4-2 berechnen.

Im Jahr 2010 fuhren insgesamt 933.427 Fahrzeugen auf den Straßen des Münsterlandes. Von diesen Fahrzeugen sind alleine 816.818 PKW, die sich in 555.316 Benzin betriebene und 239.484 Diesel betriebene Fahrzeuge unterteile. Die kleine Differenz, die entsteht, sind Fahrzeuge, die andere Antriebstechniken besitzen oder mit anderen Treibstoffen wie Flüssiggas oder Autogas fahren. Diese werden hier nicht mit berücksichtigt. Außerdem fuhren 1.698 Busse, 68.592 motorisierte Zweiräder und 45.592 LKWs auf den Straßen wie Tabelle 4-6 zeigt.

Tabelle 4-8: Kraftfahrzeuge Münsterland [39]

Kraftfahrzeugbestand Münsterland			
	Insgesamt	Benzin	Diesel
Pkw	794.800	555.316	239.484
Lkw	45.579	1.612	43.967
mot.Zweiräder	68.592	68.592	-
Busse	1.698	-	1.698

Tabelle 4-9: Kraftstoffverbrauch Münsterland [29]

Kraftstoffverbrauch	l/a
Münster, Stadt	208.011.721
Borken	320.640.562
Coesfeld	189.056.768
Steinfurt	375.596.373
Warendorf	227.452.095
Münsterland	1.320.757.522

Aus Tabelle 4-8 kann der verbrauchte Kraftstoff abgelesen werden. Es wurden 2010 1,32 Mrd. Liter Kraftstoff getankt. Hiermit kann wiederum die Energie über den Heizwert aus Tabelle 4-4 mit der Formel 4-2 berechnet werden.

Tabelle 4-10: Energieverbrauch Münsterland [31]

Energieverbrauch Kreise	kWh/a
Münster, Stadt	1.929.064.459
Borken	2.970.485.647
Coesfeld	1.735.367.966
Steinfurt	3.447.670.964
Warendorf	2.074.171.858
Münsterland	12.156.760.896

Aus Tabelle 4-10 kann ersehen werden, dass 2010 im kompletten Münsterland 12,16 TWh an Energie verfahren wurden. Werden hier wiederum nur die Zahlen für PKWs aus Tabelle 4-11 betrachtet, so wurden 2010 insgesamt 7,60 TWh verfahren; also etwas mehr als die Hälfte der verfahrenen Energie liegt bei den PKW. Würden die Fahrzeuge komplett durch E-Mobile ersetzt werden, müssten 1.900.848.177 kWh mehr erzeugt werden. 2010 wurden insgesamt 178 TWh Strom in Nordrhein-Westfalen produziert [42]. Würden alle Pkw elektrisch betrieben werden, würde dies einen Mehrbedarf an Strom von 1,1 % bedeuten, wobei 855.496.408 l Kraftstoff/a eingespart würden

Tabelle 4-11: Kraftstoffverbrauch Pkw im Münsterland

Kraftstoffverbrauch Pkw	l/a
Münster, Stadt	135.110.954
Borken	195.144.241
Coesfeld	124.869.323
Steinfurt	243.993.000
Warendorf	156.378.888
Münsterland	855.496.408

Tabelle 4-12: Energieverbrauch Pkw im Münsterland [31]

Energieverbrauch Pkw	kWh/a
Münster, Stadt	1.201.291.748
Borken	1.745.460.790
Coesfeld	1.109.469.996
Steinfurt	2.164.479.916
Warendorf	1.382.690.257
Münsterland	7.603.392.709

Wird hier wieder, wie für das gesamte Bundesgebiet, der erzeugte EE-Strom mit dem durch die E-Mobile benötigten Strom verglichen, so könnten auch im Münsterland alle Autos komplett emissionslos fahren. Sie würden rund 52 % des erzeugten EE-Stroms nutzen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit gibt einen Einblick in die Elektromobilität in Deutschland und im Münsterland. Deutschland möchte eine Leitfunktion in Europa und der ganzen Welt mit der Förderung, dem Ausbau des Stromtankstellennetzes, der dazugehörigen Technik und des Fahrzeugbau sowie der Batterieforschung erreichen.

Um dieses Ziel zu erreichen, hat die Bundesregierung einen Plan aufgestellt, der vorsieht, dass bis 2020 eine Millionen E-Mobile zugelassen sind und die Entwicklung von Antriebs-, Batterie- und Infrastrukturtechnik und den Ausbau der Infrastruktur mit acht Milliarden Euro zu fördern.

Probleme in der Umsetzung dieses Projektes sind die fehlende Vereinheitlichung der Technik. Hier ist es von großer Bedeutung die Ladesysteme sowohl induktiv als auch das Laden mit Kabel so zu vereinheitlichen, dass jedes Fahrzeug an jeder Stromtankstelle Strom laden kann. In der EU und in den USA wurde sich auf das sogenannte „Combined Charging System“ geeinigt, welches im Sommer 2012 eingeführt werden soll. Hierbei ist es ebenfalls wichtig die Ladeinfrastruktur in Deutschland zu verdichten. Weiterhin ist auch die Ladedauer von Bedeutung, da ein E-Mobil nicht wie ein kraftstoffbetriebenes Fahrzeug in fünf Minuten betankt werden kann, müssen ebenfalls vermehrt schnellladende Ladestationen etabliert werden.

Auch die Stromerzeugung muss umgestellt werden. Wie in dieser Arbeit berechnet benötigt ein kraftstoffbetriebenes Fahrzeug vier Mal mehr Energie als ein Fahrzeug, das mit Strom betrieben wird. Mit diesem Faktor konnte errechnet werden, dass in Deutschland rund 16 % mehr Strom erzeugt werden müsste, damit theoretisch alle Pkw in Deutschland mit Strom betrieben werden können. Dies würde eine Einsparung von 44.925.401.484 l Kraftstoff/a bedeuten. In Nordrhein-Westfalen müssten 1,1 % mehr Strom erzeugt werden, um alle Fahrzeuge im Münsterland elektrisch betreiben zu können. Hier würden 855.496.408 l Kraftstoff/a eingespart werden können. Ein Elektromobil, das mit durchschnittlich 1,5 Personen besetzt ist und an der privaten Steckdose geladen wird, würde einen Stromverbrauch von 3.570 kWh bedeuten. Dies würden Mehrkosten von rund 820 €a für Strom bedeuten bei einem Strompreis von 23 Cent/kWh. Für Kraftstoff müsste hingegen rund 2.500 €a bezahlt werden. Es würde also eine Einsparung von 33 % gegenüber dem Kraftstoff vorliegen.

Elektromobilität kann nur dann in Deutschland etabliert werden und als Vorbild wirken, wenn die Elektromobile mit hundert prozentigem EE-Strom fahren. Mit dem EE-Strom aus dem

momentanen Strommix wäre es möglich, selbst wenn alle PKW in Deutschland mit Strom fahren würden, den Bedarf zu decken. Die komplette Substitution der Fahrzeuge würde einen Verbrauch von 96 % des heute erzeugten EE-Stroms bedeuten. Im Münsterland wären es 52 % des erzeugten EE-Stroms. Dies zeigt auch, dass die angestrebte Anzahl von einer Millionen Fahrzeuge, die bis 2020 auf deutschen Straßen fahren sollen, komplett mit EE-Strom geladen werden können und auch kaum eine Mehrerzeugung an Strom für diese Anzahl an Fahrzeugen notwendig ist.

6 VERZEICHNISSE

6.1 Quellen

- [1] DIE BUNDESREGIERUNG, Regierungsprogramm Elektromobilität,
<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2011-05-20-regierungsprogramm-elektromobilitaet.html> (als Download)
Stand der Information: 06.06.2012
- [2] LEMNET.ORG, http://de.wikipedia.org/wiki/Park_%26_Charge#LEMnet, Stand der Information: 08.06.2012
- [3] REDAKTION LEMNET, Peter Zeller, Stand der Information 13.04.2012
- [4] LEMNET.ORG: Verteilung der Stromtankstellen, <http://www.lemnet.org/>, Suchbegriff: Deutschland, Stand der Informationen 03.06.2012
- [5] WWW.STROMTANKSTELLEN.EU/STROMTANKSTELLE_DEUTSCHLAND.HTML, Stand der Informationen: 05.04.2012
- [6] [HTTP://WWW.GREEN-MOTORS.DE/AUTONEWS/111112744](http://WWW.GREEN-MOTORS.DE/AUTONEWS/111112744); Stand der Information: 17.05.2012
- [7] STATISTIK KURZ GEFASST, Mobilität im Personenverkehr in Europa, Autor: Luis Antonio de la Fuente Layos, Stand der Information: 19.06.2012
- [8] [HTTP://WWW.STROMTANKSTELLEN.EU/STROMTANKSTELLE_DEUTSCHLAND.HTML](http://WWW.STROMTANKSTELLEN.EU/STROMTANKSTELLE_DEUTSCHLAND.HTML), Stand der Information: 05.04.2012
- [9] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Erneuerbar mobil- Marktfähige Lösung für eine klimafreundliche Elektromobilität (Stand: April 2012), Projekt: JustPark,
<http://www.bmu.de/verkehr/downloads/publ/47214.php> (als Download oder zum Bestellen) Stand der Informationen: 01.06.2012
- [10] [HTTP://ENAFACHT.DE/NEWS/ARTIKEL/DETAIL/LADEINFRASTRUKTUR-TEIL-2-KONTAKTFREIES-INDUKTIVES-LADEN/](http://ENAFACHT.DE/NEWS/ARTIKEL/DETAIL/LADEINFRASTRUKTUR-TEIL-2-KONTAKTFREIES-INDUKTIVES-LADEN/), Stand der Informationen: 11.06.2012
- [11] HANNOVER MESSE 2012, Mobilitec, Vortrag von Herrn Matthias Samson (BMU) 26.04.2012, Stand der Information: 26.04.2012

- [12] BUND SOLARER MOBILITÄT BSM, <http://www.solarmobil.net/meldu064-soltec05.html>,
Stand der Information: 05.06.2012
- [13] WWW.DESIGNAFFAIRS.COM/DE/PROJEKT-DETAILS/RWE.HTML,
Stand der Information: 05.06.2012
- [14] MENNEKES, www.Mennekes.de, Stand der Information: 05.06.2012
http://www.preisvergleich.at/produktsuche/cee-stecker-schuko-kupplung_161066566e3221144d40d69a491aaba4/,
Stand der Information: 19.06.2012
- [15] [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FILE:CEE-STECKER.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cee-stecker.jpg),
Zugriff: 11.06.2012
- [16] MENNEKES, www.Mennekes.de, Stand der Information: 17.04.2012
- [17] WWW.WIKIPEDIA.DE, Suchbegriff: Chademo Ladestecker, Stand der Information:
17.04.2012
- [18] HANNOVER MESSE 26.04.2012, Vortrag Thomic Ruschmeyer
- [19] WALDHOTEL SHIPP-HUMMERT, <http://www.waldhotel-schippummert.de/umgebung/>, Stand der Information: 11.06.2012
- [20] STADTWERKE MÜNSTER, www.stadtwerke-muenster.de (Strom – e-Mobilität – Tankstellen), Stand der Informationen: 31.05.2012
- [21] [HTTP://WWW.HITECH.AT/2011/03/21/WIE-MIT-SMART-GRIDS-GEBAEUDE-ZU-ENERGIEVERSORGERN-WERDEN/](http://www.hitech.at/2011/03/21/wie-mit-smart-grids-gebaueude-zu-energieversorgern-werden/)
- [22] [HTTP://WWW.ENERGYMAP.INFO/ENERGIEREGIONEN/DE/105/117/183.HTML](http://www.energy-map.info/energieregionen/de/105/117/183.html), Stand der Informationen: 01.06.2012, 13:06 Uhr
- [23] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung, Zugriff: 25.06.2012
- [24] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STÄDTEENTWICKLUNG, Verkehr in Zahlen 2010/2011, Stand der Information: 12.06.2012
- [25] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STÄDTEENTWICKLUNG, Verkehr in Zahlen 2010/2011, Zugriff: 29.02.2012

- [26] [HTTP://WWW.GIBGAS.DE/FAHRZEUGE/BUSSE%20UND%20LKW](http://www.gibgas.de/fahrzeuge/busse%20und%20lkw),
Suchbegriff: Kraftstoffverbrauch Lastkraftwagen, Zugriff: 30.05.2012
- [27] [HTTP://MOTORRAD.WIKIA.COM/WIKI/BENZINVERBRAUCH](http://motorrad.wikia.com/wiki/Benzinverbrauch),
Suchbegriff: Kraftstoffverbrauch Motorrad, Zugriff: 30.05.2012
- [28] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, Verkehr in Zahlen, 2010/11, Zugriff: 17.05.2012
- [29] BERECHNUNG NACH FORMEL 4-1
- [30] [HTTP://WWW.CHEMIE.DE/LEXIKON/KRAFTSTOFF.HTML](http://www.chemie.de/lexikon/kraftstoff.html), Zugriff: 19.06.2012
- [31] BERECHNUNG NACH FORMEL 4-2
- [32] [HTTP://WWW.AG-ENERGIEBILANZEN.DE/VIEWPAGE.PHP?IDPAGE=65](http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65), Tabelle zum Download sowie aus Anhang ersichtlich, Zugriff: 15.02.2012
- [33] NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT: Fortschrittbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht), Zugriff: 16.07.2012
- [34] [HTTP://WWW.FORSCHUNGSINFORMATIONSSYSTEM.DE/SERVLET/IS/79638/](http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/79638/), Suchbegriff: Besetzungsgrad pro PKW, Zugriff: 16.07.2012
- [35] [HTTP://WWW.ENERGIEAGENTUR.NRW.DE/PRESSE/ERHEBUNG-SINGLES-VERBRAUCHEN-STROM-ANDERS-4605.ASP](http://www.energieagentur.nrw.de/presse/erhebung-singles-verbrauchen-strom-anders-4605.asp), Suchbegriff: Durchschnittlicher Stromverbrauch, Zugriff: 20.06.2012
- [36] NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT (NPE),
Fortschrittbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht), <http://www.bmu.de/verkehr/downloads/doc/48847.php> (Download, Broschüre bestellbar), Zugriff: 17.07.2012
- [37] [HTTP://WWW.BMW.DE/BMW/REDAKTION/PDF/P-R/PKW-ENERGIEVERBRAUCHSKENNZEICHNUNGSVERORDNUNG-PREISLISTE,PROPERTY=PDF,BEREICH=BMW,SPRACHE=DE,RWB=TRUE.PDF](http://www.bmw.de/bmw/redaktion/pdf/p-r/pkw-energieverbrauchskennzeichnungsverordnung-preisliste,property=pdf,bereich=bmw,sprache=de,rwb=true.pdf),
Zugriff: 19.05.2012
- [38] BERECHNUNG NACH FORMEL 4-3
- [39] KRAFTFAHRT BUNDESAMT, Mitteilung vom 1. Januar 2011

- [40] [HTTP://WWW.AUTOBILD.DE/ARTIKEL/ELEKTRO-AUTOS-COMBINED-CHARGING-SYSTEM-1944013.HTML](http://www.autobild.de/artikel/elektro-autos-combined-charging-system-1944013.html), Zugriff: 08.08.2012
- [41] [HTTP://WWW.TAGESSCHAU.DE/INLAND/MORATORIUM106.HTML](http://www.tagesschau.de/inland/moratorium106.html), Zugriff: 21.08.2012
- [42] http://www.iwr.de/buch/2011/energiestatistik/broschuere_energiedaten_nrw_2011.pdf,
Zugriff: 21.08.2012

6.2 Tabellen

- Tabelle 4-1: Kraftfahrzeugbestand in Deutschland nach Kraftstoffart [24]
- Tabelle 4-2: Durchschnittliche Fahrleistung Fahrzeuge [28]
- Tabelle 4-3: Kraftstoffverbrauch nach Kraftstoffart und Kraftfahrzeug [29]
- Tabelle 4-4: Heizwert von Benzin und Diesel pro Liter [30]
- Tabelle 4-5: Energieverbrauch nach Kraftstoffart und Kraftfahrzeug [31]
- Tabelle 4-6: Kraftstoffkosten pro Liter
- Tabelle 4-7: Kosten Kraftstoff pro Jahr
- Tabelle 4-8: Kraftfahrzeuge Münsterland
- Tabelle 4-9: Kraftstoffverbrauch Münsterland
- Tabelle 4-10: Energieverbrauch Münsterland
- Tabelle 4-11: Kraftstoffverbrauch Pkw im Münsterland
- Tabelle 4-12: Energieverbrauch Pkw im Münsterland

6.3 Abbildungen

- Abb. 2-1: Screenshot Karte LEMnet.org: Verteilung der Stromtankstellen in Deutschland [4]
- Abb. 2-2: Länge der häufig zurückgelegten Strecken im privaten Bereich [7]
- Abb. 3-1: Schematische Darstellung einer induktiven Stromtankstelle [10]
- Abb. 3-2: Park&Charge Box von innen [12]
- Abb. 3-3: RWE Ladesäule [13]
- Abb. 3-4: Schuko Stecker [14]

- Abb. 3-5: CEE Stecker [15]
- Abb. 3-6: Typ 2 Stecker Entwurf von Mennekes [16]
- Abb. 3-7: Combined Charging System nach IEC 62196-3 [40]
- Abb. 3-8: Chademo Ladestecker [17]
- Abb. 3-9: Chademo Schnellladestation 500 V Gleichstrom [18]
- Abb. 4-1: Schematische Darstellung der Ladestationen in Münster [20]
- Abb. 4-2: Smart-Grid am Beispiel eines Hauses [21]

6.4 Abkürzungen

Seite 3: LEMnet.org, LEMnet leitet sich aus dem Wort **LeichElektroMobil** ab; stammt aus den Anfängen der Elektromobilität in der Schweiz und in Österreich [2]

Seite 8: WLAN Router: **W**ireless aus dem eng. für „kabellos“, **LAN**= **L**ocal **A**rea **N**etwork aus dem eng. für lokales Netzwerk

Seite 11: DC vom englischen direct current= Gleichstrom

Seite 15: EE-Strom von „**E**rneuerbare **E**nergien“

6.5 Formeln

Formel 1-1: Berechnung des Tankstellenwachstums in Deutschland

$$\text{Wachstumsrate} = \frac{A(t)^{\frac{1}{N}}}{A(t_0)} - 1$$

Hier bedeutet:

Wachstumsrate: Wachstum in einem Zeitraum [%]

A(t): Anzahl nach Zeit t [Tankstellen]

A(t₀): Anzahl am Anfang t₀ [Tankstellen]

N: N=t-t₀, Anzahl Zeiteinheiten [Jahre]

Formel 4-1: Berechnung des Kraftstoffverbrauchs

$$K_{\text{verbrauch}} = \text{Anzahl Kfz} \times \emptyset \text{ Fahrleistung} \times \emptyset \text{ Kraftstoffverbrauch}$$

Hier bedeutet:

$K_{\text{verbrauch}}$: Verbrauchter Kraftstoff	[l/a]
Anzahl Kfz: Anzahl Kfz Benzin / Diesel	[Kfz]
\emptyset Fahrleistung: Gefahrene Kilometer	[km/Kfz]
\emptyset Kraftstoffverbrauch: Verbrauch Kraftstoff Kfz	[l/km]

Formel 4-2: Berechnung des Energieverbrauchs durch Kraftstoff

$$E_{\text{verbrauch}} = \text{Kraftstoffverbrauch} \times H_{i,n}$$

Hier bedeutet:

Everbrauch: Verbrauchte Energie	[kWh/a]
Kraftstoffverbrauch: Benzin / Diesel	[l/a]
$H_{i,n}$: Heizwert Benzin / Diesel	[kWh/l]

Formel 4-3: Berechnung Kraftstoff pro Jahr

$$K_{\text{kosten}} = \text{Kraftstoffverbrauch} \times \text{Kraftstoffkosten pro Liter}$$

Hier bedeutet:

K_{kosten} : Kosten Kraftstoff	[€a]
Kraftstoffverbrauch: Verbrauchter Kraftstoff Benzin	[l/a]
Kraftstoffkosten pro Liter: Kosten pro Liter	[€/l]

ANHANG

Inhalt des Anhangs:

- 1: Auflistung Stromtankstellen LEMnet [3]
- 2: Kraftfahrzeugbestand in Deutschland
- 3: Stromerzeugung in Deutschland

Anhang 1

LEMnet.org Statistik 19.3.2012

Auswahl: operative Standorte (ohne geplante und ausser Betrieb stehende), ohne 2-Rad-Ladestationen

<i>Länder</i>	<i>Stromtankstellen</i>	<i>öffentliche</i>	<i>private</i>
Andorra	8	8	
Belgien	31	31	
Bosnisch-Serbische Republik	1	1	
Bulgarien	1	1	
Dänemark	6	5	1
Deutschland	1560	1088	472
Finnland	1	1	
Frankreich	222	175	47
Grossbritannien	120	117	3
Irland	20	20	
Italien	23	6	17
Kroatien	2	2	
Liechtenstein	4	1	3
Luxemburg	3	3	
Niederlande	162	160	2
Norwegen	16	15	1
Österreich	347	149	198
Polen	16	13	3
Portugal	72	72	
Rumänien	1		1
Schweden	6	6	
Schweiz	690	268	422
Slowakei	2	1	1
Slowenien	2	1	1
Spanien	108	105	3
Tschechien	1		1
Ungarn	9	8	1
Uruguay	2		2
<i>Bundesländer D</i>	<i>Stromtankstellen</i>	<i>öffentliche</i>	<i>private</i>
Baden-Württemberg	243	112	131
Bayern	245	155	90
Berlin	132	130	2
Brandenburg	21	11	10
Bremen	17	15	2
Hamburg	58	54	4
Hessen	193	147	46
Mecklenburg-Vorpommern	13	3	10
Niedersachsen	112	63	49
Nordrhein-Westfalen	370	303	67
Rheinland-Pfalz	60	40	20
Saarland	6	3	3
Sachsen	44	27	17
Sachsen-Anhalt	14	11	3
Schleswig-Holstein	22	9	13
Thüringen	8	5	3

Hinweis: Die Summe der Bundesländer ist nur zu 99% korrekt wegen fehlerhaften Postleitzahlen.

Anhang 2

Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Mio.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001 ¹⁾	2002	2003	2004	2005	2006 ²⁾	2007	2008 ³⁾	2009	2010
Pkw	36,772	37,947	38,892	39,765	40,404	40,988	41,372	41,674	42,324	42,840	43,772	44,383	44,657	45,023	45,376	46,090	46,570	41,184	41,321	41,738
darunter mit Dieselmotor	4,340	4,731	5,088	5,358	5,545	5,631	5,587	5,487	5,633	5,961	6,357	6,975	7,608	8,294	9,072	10,091	10,820	10,046	10,290	10,818
Lkw + Sattelzüge	1,760	1,962	2,140	2,235	2,339	2,403	2,450	2,512	2,620	2,689	2,782	2,827	2,797	2,765	2,757	2,765	2,804	2,503	2,524	2,556
mot. Zweiräder	3,743	3,973	3,865	3,774	3,935	4,198	4,384	4,560	4,924	5,081	5,006	5,240	5,241	5,380	5,578	5,722	5,899	5,550	5,853	5,867
andere ⁴⁾	2,595	2,472	2,434	2,462	2,475	2,479	2,480	2,475	2,490	2,499	2,523	2,538	2,544	2,548	2,560	2,152	2,169	2,077	2,100	2,128
Summe	44,870	46,354	47,331	48,236	49,153	50,068	50,686	51,221	52,358	53,109	54,083	54,988	55,239	55,716	56,271	56,729	57,442	51,314	51,798	52,289

¹⁾ Ab 2001 Stand 01.01. und von 12 auf 18 Monate geänderte Stilllegungsfrist

²⁾ Ab 2006 werden Fahrzeuge mit Zweckbestimmung (z.B. Wohnmobile, Krankenwagen) den Pkw zugeordnet

³⁾ Ab 2008 ohne vorübergehend abgemeldete Fahrzeuge. Aufgrund von Umstellungen in der Statistik sind die Angaben nicht direkt mit denen der Vorjahre vergleichbar.

⁴⁾ Dazu gehören: Busse, Schlepper z.B. in der Landwirtschaft und übrige Fahrzeuge; Ausnahmen siehe unter²⁾

Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2010/2011.

Anhang 3

Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2011 nach Energieträgern

Energieträger	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 ¹⁾
	Mrd. kWh																					
Braunkohle	170,9	150,3	154,5	147,5	146,1	142,6	144,3	141,7	139,4	136,0	148,3	154,8	158,0	158,2	158,0	154,1	151,1	155,1	150,6	145,6	145,9	153,0
Kernenergie	152,5	147,4	158,8	153,5	151,2	154,1	161,6	170,3	161,6	170,0	169,6	171,3	164,8	165,1	167,1	163,0	167,4	140,5	148,8	134,9	140,5	108,0
Steinkohle	140,8	148,8	141,9	146,2	144,6	147,1	152,7	143,1	153,4	143,1	138,4	134,6	134,6	146,5	140,8	134,1	137,9	142,0	124,6	107,9	117,0	114,5
Erogas	35,9	36,3	33,0	32,8	36,1	41,1	45,6	48,1	50,7	51,8	49,2	55,5	56,3	61,4	61,4	71,0	73,4	75,9	86,7	78,8	86,8	84,0
Mineralölprodukte	10,8	14,8	13,2	10,1	10,1	9,1	8,1	7,4	6,7	6,3	5,9	6,1	8,7	9,9	10,3	11,6	10,5	9,6	9,2	9,6	8,4	7,0
Erneuerbare darunter	19,7	17,5	20,5	21,2	23,0	25,1	23,0	24,2	26,3	29,1	37,8	38,9	46,1	45,4	56,5	63,2	71,4	87,5	92,4	94,1	102,8	122,0
- Wasserkraft ²⁾	19,7	15,9	18,6	19,0	20,2	21,6	18,8	19,0	19,0	20,7	24,9	23,2	23,7	17,7	19,9	19,6	20,0	21,2	20,4	19,1	21,0	19,5
- Windkraft	k.A.	0,1	0,3	0,6	0,9	1,5	2,0	3,0	4,5	5,5	9,5	10,5	15,9	18,7	25,5	27,2	30,7	39,7	40,6	38,6	37,8	46,5
- Biomasse	k.A.	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,6	3,3	4,5	6,5	8,4	12,0	14,5	19,1	22,3	25,5	27,6	32,0
- Photovoltaik	k.A.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,6	1,3	2,2	3,1	4,4	6,6	11,7	19,0
- Geothermie	k.A.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Hausmüll ³⁾	k.A.	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,2	2,1	3,0	3,9	4,5	4,7	4,4	4,8	5,0
Übrige Energieträger	19,3	16,2	16,3	15,8	17,4	17,7	17,4	17,4	17,4	19,1	20,0	22,6	21,4	18,2	20,4	21,2	23,6	26,6	24,7	21,5	26,7	26,0
Bruttoerzeugung insgesamt	549,9	540,2	538,2	527,1	529,5	536,8	552,7	552,3	557,3	586,3	576,5	596,4	606,7	606,7	615,3	620,6	636,9	637,2	637,1	592,4	628,1	614,5
Stromförmige aus dem Ausland	31,9	30,4	28,4	33,6	35,9	36,7	37,4	38,0	38,3	40,6	45,1	43,5	46,2	45,8	44,2	53,4	46,1	44,3	40,2	40,6	42,2	50,0
Stromförmige in das Ausland	31,1	31,0	33,7	32,8	33,6	34,9	42,7	40,4	38,9	39,6	42,1	44,8	45,5	53,8	51,5	61,9	65,9	63,4	62,7	54,9	59,9	56,0
Stromauswärtiger Verbrauch	+0,8	-0,6	-5,3	+0,9	+2,3	+4,8	-5,3	-2,3	-0,6	+1,0	+3,1	-1,3	+0,7	-8,1	-7,3	-8,5	-19,8	-22,4	-14,3	-17,7	-6,0	
Brutto-inlandsstromverbrauch ⁴⁾	550,7	539,6	532,9	528,0	530,8	541,6	547,4	550,0	556,7	557,3	579,6	595,1	587,4	598,6	608,0	612,1	617,2	618,1	614,6	578,1	610,4	608,5
Veränderung gegenüber Vorjahr in %	X	-2,0	-1,3	-0,9	+0,5	+2,0	+1,1	+0,5	+1,2	+0,1	X	+1,0	+0,4	+1,9	+1,6	+0,7	+0,8	+0,2	-0,6	-6,0	+5,6	-0,5
	Struktur der Bruttostromerzeugung in %																					
Braunkohle	31,1	29,4	28,7	28,0	27,6	26,6	26,1	25,7	25,0	24,4	25,7	26,4	26,9	26,1	25,7	24,8	23,7	24,4	23,6	24,6	23,2	24,9
Kernenergie	27,7	27,3	29,5	29,2	28,6	28,7	29,2	30,8	29,1	30,7	29,5	29,3	28,1	27,2	27,2	26,3	26,4	22,0	23,4	22,8	22,4	17,6
Steinkohle	25,6	27,7	26,4	27,7	27,4	27,4	27,6	25,9	27,5	25,7	24,8	23,6	22,9	24,1	22,9	21,6	21,6	22,3	19,6	18,2	18,6	18,6
Erogas	6,5	6,7	6,1	6,2	6,8	7,7	8,3	8,7	9,1	9,3	8,5	9,5	9,6	10,1	10,0	11,4	11,5	11,9	13,6	13,3	13,8	13,7
Mineralölprodukte	2,0	2,7	2,5	1,9	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,5	1,6	1,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,6	1,3	1,1
Erneuerbare darunter	3,6	3,2	3,8	4,0	4,4	4,7	4,2	4,4	4,7	5,2	6,6	6,6	7,9	7,5	9,2	10,2	11,2	13,7	14,5	15,9	16,4	19,9
- Wasserkraft ²⁾	3,6	2,9	3,5	3,6	3,8	4,0	3,4	3,4	3,4	3,7	4,3	4,0	4,0	2,9	3,2	3,2	3,1	3,3	3,2	3,2	3,3	3,2
- Windkraft	k.A.	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	1,6	1,8	2,7	3,1	4,1	4,4	4,8	6,2	6,4	6,5	6,0	7,6
- Biomasse	k.A.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,9	2,3	3,0	3,5	4,3	4,4	5,2
- Photovoltaik	k.A.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,1	1,9	3,1
- Geothermie	k.A.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Hausmüll ³⁾	k.A.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
Übrige Energieträger	3,5	3,0	3,0	3,0	3,3	3,2	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	3,6	3,1	3,4	3,3	3,8	4,0	4,2	3,9	3,6	4,3	4,2
Bruttoerzeugung insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	in %																					
nachrichtlich: Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Deckung des Stromverbrauchs	X	3,2	3,8	4,0	4,6	4,9	4,4	4,7	5,0	5,7	6,6	6,7	7,8	7,6	9,3	10,3	11,6	14,2	15,0	16,3	16,8	20,0
Abweichungen in den Summen durch Rundungen																						
Anmerkungen: ¹⁾ Vorläufige Angaben, z. T. geschätzt; ²⁾ Erzeugung in Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie Erzeugung aus natürlichem Zufluss in Pumpspeicherkraftwerken; ³⁾ Nur Erzeugung aus biogenem Anteil des Hausmülls (ca. 50 %); ⁴⁾ Einschließlich Netzverluste und Eigenverbrauch.																						
Quellen: Statistisches Bundesamt; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Statistik der Kohlewirtschaft e.V.; AG Energiebilanzen e.V.																						
Stand: 15. Februar 2012																						