Praxisprojektbericht für die Projektentwicklung der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität in Brühl

Öffentliche Version

Arbeitgeber: Stadtwerke Brühl GmbH
Arbeitnehmer: Abdullah Parmaksizoglu

Betreuer und Arbeitnehmer

Korreferent der Stadtwerke Brühl:
Herr Dipl. M. Michael Nießen
Stadtwerke Brühl GmbH
Engeldorferstraße 2
50321 Brühl

Betreuer aus der Technischen Hochschule Köln:
Herr Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt
Fakultät 07 Elektrotechnik – Elektrische Energietechnik
Technische Hochschule Köln
Betzdorfer Straße 2
50679 Köln

Arbeitnehmer/Praktikant:
Abdullah Parmaksizoglu
11098586
Fakultät 07 Elektrotechnik – Elektrische Energietechnik
Technische Hochschule Köln
Betzdorfer Straße 2
50679 Köln

Erklärungen

Vor-/Name: Abdullah Parmaksizoglu

Matrikel-Nummer: 11098586

Erklärung zum eigenständigen Verfassen

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst habe. Ich habe keine anderen außer den von mir angegeben Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Köln, 19.Dezember 2018

Abdullah Parmaksizoglu

Erklärung zur Veröffentlichung

Ich bin damit einverstanden, dass mein Praxisprojekt Bericht ausgeliehen werden darf. Er darf von meinem Betreuer im Internet veröffentlicht werden.

Köln, 19.Dezember 2018

Abdullah Parmaksizoglu

Erklärung zu Bildrechten

Außer den im Folgenden genannten habe ich alle Bilder und Diagramme dieser Abschlussarbeit selbst erstellt.

Die folgenden Bilder sind von anderen Autoren übernommen. Die Autoren sind in meiner Arbeit entsprechend genannt. Sie dürfen aufgrund einer öffentlichen Lizenz veröffentlicht werden.

Abbildung 5: Dynamisches Lastmanagement , Abbildung 6: ICU EVE Datenblatt , Abbildung 8: Mennekes Smart N 22, technische Daten , Abbildung 9: Zahlungsmethode von Smartlab, Abbildung 10: Ladenetz.de-Ladekarte in Europa, Abbildung 11: Ladekarte der RheinEnergie, Abbildung 12: Ladekarte von der Partnerschaft WallBe GmbH und PlugSurfing GmbH, Abbildung 16: ICU EVE Mini mit einem Ladepunkt

Die Nutzungsrechte der folgenden Bilder sind mir vom Autor der Bilder persönlich/mündlich/schriftlich/per E-Mail erteilt worden:

Abbildung 7: Zähleranschlusssäule, Abbildung 13: Niederspannungsnetz, Standort Innenstadt

Für die folgenden Bilder habe ich keine expliziten Nutzungsrechte erhalten. Sie sollten daher vor einer Veröffentlichung der Arbeit unkenntlich gemacht werden.

Abbildung 3: Typ 2, AC-Ladestecker, Abbildung 4: CCS, DC-Ladestecker

Köln, 19.Dezember 2018

Abdullah Parmaksizoglu

Kurzfassung

Im Praxisprojekt bei den Stadtwerken Brühl GmbH wird die Planung einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur in Brühl vorgenommen. Unter der Planung fällt die Auswahl der Ladesäule und - des Standortes unter der Berücksichtigung der Netzauslastung der Standorte und des Kapitals für das Projekt. Es werden alle Kostenfaktoren und Technologien mitberücksichtigt, um eine Ladesäule nach Anforderungen der Ladesäulenverordnung des BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) aufstellen zu können. Das Projekt hat ergeben, dass elf Ladesäulen an verschiedenen attraktiven Standorten in Brühl aufgestellt werden.

Abstract

In the practical project at Stadtwerke Brühl GmbH the planning of a comprehensive charging infrastructure in Brühl is carried out. The planning includes the selection of the charging station, - the location, under the consideration of the network utilization of the locations and the capital for the project. All cost factors and technologies are taken into account in order to be able to set up a charging station in accordance with the requirements of the BMVI (Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure) charging station ordinance (Ladesäulenverordnung). The project has shown that eleven charging stations will be set up at different locations in Brühl.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Danken, die mich bei der Abfassung dieser Arbeit unterstützt haben. Dazu zählt an erster Stelle unser Projektleiter Herr Martin Lösch, mit dem ich den Großteil dieser Arbeit bis in die späten Stunden ausdiskutieren konnte und das Projekt gemeinsam vorangetrieben habe. Des Weiteren möchte ich mich bei meinem Gruppenleiter Herrn Michael Löbel bedanken, der immer ein offenes Ohr für mich hatte und mich technisch unterstützt hat. Nicht zu vergessen sind unser Technischer Leiter Herr Bisinger und Herr Michael Nießen, beiden danke ich vielmals für die Zeit und die Motivation, die sie mir gegeben haben.

Inhaltsverzeichnis

Erklärungen 2
Erklärung zum eigenständigen Verfassen 2
Erklärung zur Veröffentlichung 2
Erklärung zu Bildrechten 3
Kurzfassung 4
Abstract 4
Danksagung 4
Inhaltsverzeichnis 5
1 Einleitung 7
2 Hintergrund 8
2.1 Förderprogramm für elektrisch betriebene Fahrzeuge-Umweltbonus 9
2.2 Fahrzeugbestand in Nordrhein-Westfalen 9
2.3 Ladesäulenverordnung 10
2.4 Der 2.Förderaufruf des BMVI 14.09.2017 11
2.5 Die Förderhöhe und die Förderbedingungen 11
2.6 Wirtschaftlichkeitsrechnung 13
2.7 Gängige Elektrofahrzeuge in Deutschland 14
2.8 Stecker Typen 17
3 Das Laden 18
3.1 Lademodus 18
3.2 Ladeverfahren 18
3.2.1 Konstantstrom-Ladeverfahren 19
3.2.2 Pulsladeverfahren 19
3.2.3 Rückstromladen 20
3.2.4 Konstantspannungs-Ladeverfahren 20
3.2.5 IU-Ladeverfahren 20
4 Ladesäulen für die Stadt Brühl 21
4.1 Ladesäulen 21
4.1.1 Die Abrechnung und das Eichrecht 22
4.1.2 Aufbau einer Ladesäule 22
4.1.3 Ladefreigabe 23
4.1.4 Lastmanagement 24
4.2 Auswahl der Ladesäule 26

4.2.1 ICU EVE 26
4.2.2 Mennekes Smart N 22 29
5 Backend-Anbieter 30
5.1 Smartlab 30
5.1.1 Zahlungsmöglichkeiten 31
5.1.2 Ladenetz.de 32
5.2 TankE 33
5.3 WallBe 34
6 Standortermittlung 35
6.1 Standorte 36
6.2 Lastprofil 37
7 Materialbeschaffung und Ausschreibung 39
8 Nebenprojekt- private Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge 41
9 Fazit 42
Quellen und Verzeichnisse 43
Abbildungsverzeichnis 43
Tabellenverzeichnis 45
Literaturverzeichnis 43
Formelverzeichnis 46

1 Einleitung

Ziel dieser Arbeit ist es, den ersten Schritt in die Berufswelt eines Ingenieurs einzugehen. Durch das Praxisprojekt erhielt ich die Chance dazu und durfte Verantwortung über ein Projekt übernehmen. Die gesammelte Erfahrung im abteilungsübergreifenden Planen eines Großprojektes zeigte mir, dass mir Projektarbeiten gelegen kommen und stärkte mein Interesse an der Elektromobilität.

Das zweite Kapitel befasst sich mit den Gesetzgebungen der Bundesregierung, die ausschlaggebend für die Auswahl der richtigen Ladesäule ist. Es wird darin beschrieben, unter welchen Bedingungen eine Ladesäule im öffentlichen Raum in Betrieb genommen werden darf und welche Fördermittel für den Ausbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur zur Verfügung stehen.

Es folgt das dritte Kapitel, welches sich mit den verschiedenen Ladeverfahren und den Lade Modi befasst.

In Folge dessen, befasst sich das vierte Kapitel mit den Ladesäulen. Dort wird auf die Abrechnung des Ladevorgangs, den Aufbau einer Ladesäule, die Ladefreigabe und die Auswahl der Ladesäule eingegangen.

Das fünfte Kapitel befasst sich mit den verschiedenen Backend-Anbietern, die zur Auswahl für eine Interoperabilität der Ladesäulen stehen. Anschließend wird auf die Zahlungsmethoden eingegangen.

Kapitel sechs beschäftigt sich mit der Standortermittlung in Hinblick auf die Attraktivität des Standortes, der zu beachtenden Kriterien und der technischen Gegebenheit der Auslastung der Trafostationen.

Es folgt Kapitel sieben mit der Materialbeschaffung und den Ausschreibungen für die benötigten Ressourcen.

Kapitel acht befasst sich mit einem Nebenprojekt für eine Ladeinfrastruktur im privaten Bereich.

Kapitel neun beinhaltet die Quellen und die Verzeichnisse.

2 Hintergrund

Die Bundesregierung hat es sich zum Ziel gesetzt, dass bis zum Jahr 2022 mindestens eine Million und bis 2030 mindestens sechs Millionen Elektrofahrzeuge auf den Straßen fahren sollen. Jedoch muss dafür die Nachfrage an der Elektromobilität enorm steigen. Diese Nachfrage kann jedoch nur dann steigen, wenn Lademöglichkeiten für das Elektrofahrzeug angeboten werden und sich die Reichweite der Elektrofahrzeuge verbessert. Um die Nachfrage an Elektrofahrzeugen zu erhöhen, benötigt man eine weiträumig gedeckte Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich, sodass den Bürgern und Bürgerinnen die keine eigene Garage besitzen, an der sie Ihre eigene private Ladesäule aufstellen können, eine Möglichkeit angeboten wird, ihr Elektrofahrzeug laden zu können. Die Bausteine für eine Zukunft ohne hohe CO2-Emissionen durch Kraftfahrzeuge ist davon abhängig, in wie weit sich der Ausbau der regenerativen Energien und der Ausbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur erweitert. Eine steigende Anzahl an Elektromobilität wird der Europäischen Union und Deutschland helfen die Klimaschutz- und Energieziele zu erreichen. Der Beitrag der Elektromobilität ist vielseitig, sie trägt zur Verbesserung der Luftqualität, sowie zur Lärmminderung besonders in dicht besiedelten städtischen Ballungsräumen bei.

Die Elektrofahrzeuge haben im aktuellen Stand 2018 nur wenige hundert Kilometer Reichweite, dies bedeutet, dass Ladestationen in städtischen Bereichen sehr gefragt sind. Sei es das Laden während dem Einkauf in der Stadt oder das Abstellen des Fahrzeugs an einem Park & Ride Parkplatz am Bahnhof. Attraktive Standorte sind Standorte, an denen man das Fahrzeug lange parken kann. Die Ladedauer der Elektrofahrzeuge ist von der Ladeleistung und der Batteriekapazität des Fahrzeuges abhängig.

Es gibt viele mögliche Standorte für Ladesäulen, sowie es viele verschiedene Angebote an Ladesäulen auf dem Markt gibt. Wichtig ist hierbei die Auswahl der Ladesäulen in Bezug auf die Batteriekapazität und der daraus entstehenden Batterieladedauer für das Elektrofahrzeug. Daher ist das Ziel dieser Arbeit, eine flächendeckende Ladeinfrastruktur mit Normalladepunkten für Brühl zu planen.

In diesem Abschnitt wird auf die Anforderungen der Bundesämter, sowohl rechtlich als auch technisch eingegangen.

2.1 Förderprogramm für elektrisch betriebene Fahrzeuge-Umweltbonus

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bezuschusst den Erwerb eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs mit einer Kaufprämie, dem sogenannten Umweltbonus. Der Betrag der Förderung liegt für rein elektrisch betriebene Fahrzeuge bei 2000 € und für Plug-In Hybride bei 1500 €. Die Hälfte dieser Prämie wird von der Automobilindustrie übernommen, während die andere Hälfte vom BAFA übernommen wird. Den Förderanteil der BAFA erhält man nach Antragstellung, während der Anteil der Automobilindustrie beim Kaufvertrag des Fahrzeuges übernommen wird. Es sollen mindestens 300.000 Fahrzeuge von diesem Bonus profitieren. Durch dieses Programm wird die Energiewende im Verkehr gefördert.

2.2 Fahrzeugbestand in Nordrhein-Westfalen

Der Fahrzeugbestand in Deutschland wird vom Kraftfahrt-Bundesamt jeweils jährlich zum 1.Januar gezählt. Am 1.Januar 2018 wurde eine Anzahl von 56,5 Millionen zugelassenen Kraftfahrzeugen erfasst. Davon sind 9,95 Millionen alleine in Nordrheinwestfalen angemeldet. Der Anteil an Kraftfahrzeugen, die entweder rein- oder teils elektrisch betrieben werden ist jedoch nur ein Bruchteil der zugelassenen Fahrzeuge. Es sind insgesamt nur 53.861 Elektrofahrzeuge, 236.710 Hybridfahrzeuge und davon 44.419 Plug-In Hybridfahrzeuge mit einer externen Lademöglichkeit in Deutschland zugelassen.

Von den 9,95 Millionen Fahrzeugen in NRW sind 7.879 Fahrzeuge Plug-In Hybride und 9.058 rein elektrisch betriebene Fahrzeuge zugelassen. Damit das Ziel von 1 Million Fahrzeugen bis 2020 erreicht werden kann müssten in den Kalenderjahren 2018 und 2019 noch 946.139 Elektrofahrzeuge bis zur Zählung am 1.Januar 2020 angemeldet werden. Jedoch wurde das Ziel auf Grund der geringen Anzahl von einer Millionen Elektrofahrzeuge im Mai 2018 auf das Jahr 2022 verlegt.

2.3 Ladesäulenverordnung

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) verordnet eine technische Mindestanforderung an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile, die Ladesäulenverordnung (LSV). Die LSV wurde veranlasst um einen sicheren Aufbau und Betrieb zu gewährleisten. Dies soll erreicht werden, indem eine verbindliche Festlegung der technischen Standards für das Laden der Elektromobile festgelegt wurde. Die Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22.10.2014 legt eine verbindliche technische Vorgabe für Steckdosen und Kupplungen zum Laden von Elektrofahrzeugen fest. Ein einheitlicher Stecker Standard ist Pflicht, da Automobilhersteller aus dem Ausland bspw. aus Asien CHAdeMO-, als auch aus den Vereinigten Staaten Typ 1 Stecker vermarkten. Für Europa wurde dahingehend der Stecker Typ 2 gemäß der Norm DIN EN 62196-2 standardisiert. Betreiber von öffentlichen Normal- und Schnellladepunkten müssen der Bundesnetzagentur gemäß § 4 Absatz 1 Nummer 1 den Aufbau und nach § 4 Absatz 1 Nummer 2 die Außerbetriebnahme von Ladepunkten mitteilen. Die Einhaltung der technischen Anforderungen für Schnellladepunkte kann jederzeit gemäß § 5 Absatz 1 und § 3 Absatz 2 bis 4 von der Bundesnetzagentur überprüft werden. Unter einem Normalladepunkt gilt eine Ladesäule die eine Ladeleistung bis zu maximal 22 kW pro Ladepunkt anbietet. Ein Ladepunkt gilt als Schnellladepunkt, sobald der Ladepunkt eine Mindest-Ladeleistung von 22 kW aufweist. Mit einem Normalladepunkt wird mit Wechselstrom geladen, während bei einem Schnellladepunkt mit DC geladen wird. Es dürfen durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) mit der Zustimmung des Bundesrates, zur Gewährleistung der technischen Sicherheit und Interoperabilität von öffentlich zugänglichen Ladepunkten durch das BMWi erforderliche Regelungen getroffen werden. Das Ziel ist es bis zum Jahr 2020 auf 35.000 Ladepunkte zu kommen. Davon sollen 25.000 Normalladepunkte und 7.000 Schnellladepunkte betrieben werden. Hierfür wird von der Bundesregierung für ein Infrastrukturprogramm eine Summe von 300 Millionen Euro für den Ausbau der Ladeinfrastruktur bereitgestellt. Der aktuelle Stand (2018) ist nur zwischen 24.600 und 31.214 Ladepunkten nach Angaben von Statista GmbH und Goingelectric abschätzbar. Eine zentrale Datenerfassung für einen Gesamtüberblick ist noch im Aufbau. Die zentrale Datenerfassung aller Ladepunkte in Deutschland soll über das Web-Portal www.ladesaeulenregister.de für die Bevölkerung zugänglich sein. Nach dem Datenbankauszug aus der Ladesäulenkarte der Bundesnetzagentur sind aktuell 13.855 Ladepunkte von den Betreibern gemeldet worden.

2.4 Der 2.Förderaufruf des BMVI 14.09.2017

Um die Planung möglichst lukrativ gestalten zu können wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, der so genannte Förderaufruf ausgerufen. Hier wird ein Teil der Kosten für die Planung der Ladeinfrastruktur vom Staat gefördert. Damit die eigene Planung berücksichtigt werden kann, müssen die im Folgenden beschriebenen Voraussetzungen erfüllt werden.

2.5 Die Förderhöhe und die Förderbedingungen

Die Ladesäulen müssen 24 Stunden täglich an 7 Tagen in der Woche öffentlich zugänglich sein. Der Förderbetrag für Normalladepunkte bis einschließlich 22 kW, werden mit einem prozentualen Anteil von 40 Prozent bis höchstens 2500 € gefördert. Dieser Betrag bezieht sich jeweils auf die Kosten der einzelnen Ladepunkte. Das bedeutet, dass die Kosten eines Ladepunktes bei 40 %, maximal 2500 € betragen dürfen, um den vollen Förderbetrag zu erhalten. Dazu kommt noch der Förderbetrag für den Netzanschluss, der jeweils auf die Standorte bezogen ist. Hier werden wieder jeweils maximal 40% der Kosten bezahlt mit einer Anteilnahme von 5000 € vom BMVI. In Nordrhein-Westfalen werden maximal 2000 Normalladepunkte vom BMVI gefördert. Es wird nur der Kauf einer Ladesäule gefördert. Das Leasing von Ladeinfrastruktur[1] ist nicht förderfähig.

Als zuwendungsfähige Ausgaben gelten laut BMVI:
Normal und Schnelladepunkte:

- „Ladesäule, angeschlagenes Kabel, Leistungselektronik, abgesetzte Leistungseinheiten, Kennzeichnung, Parkplatzmarkierung, Parkplatzsensoren, Anfahrschutz, Beleuchtung, Wetterschutz, Tiefbau, Fundament, Installation und Inbetriebnahme, WLAN“[2]

Netzanschluss:

[1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur, Kapitel 3.2 Förderhöhe und –bedingung, Stand 2017, S.2
[2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur S.2

- „Netzanschluss, Ertüchtigung eines bestehenden Netzanschlusses im Sinne von Nummer 2 der Förderrichtlinie, Umspannstation, Baukostenzuschuss, Pufferspeicher (gemäß den Anforderungen nach Nr. 5 der Förderrichtlinie)“[3]

Die Parkflächen der Ladepunkte müssen des Weiteren markiert werden. Hierbei ist zu beachten, dass der Boden in geschlossenen Parkflächen, wie zum Beispiel in einem Parkhaus grün markiert werden muss.

Abbildung 1: Geschlossene Parkflächen Markierung

Abbildung 2: Öffentlicher Parkfläche, Markierung nach §39 Verkehrszeichen des StVO

Bei den öffentlichen Parkflächen muss ein Elektrofahrzeug Zeichen nach § 39 des StVO gekennzeichnet werden. Des Weiteren dürfen auf diesen Parkflächen nur Elektrofahrzeuge parken. Darauf wird durch eine Beschilderung hingewiesen.

[3] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur S.2

2.6 Wirtschaftlichkeitsrechnung

Um in den Fördertopf zu gelangen müssen die Projektkosten in einer Wirtschaftlichkeitsrechnung ein möglich geringes Verhältnis von Euro zu Kilowatt haben.

$$Wirtschaftlichkeitsrechnung = \frac{Anzahl\ der\ Ladepunkte \times Ladepunktkosten}{Anzahl\ der\ Ladepunkte \times Ladepunktleistung} \quad (1)$$

Dieser wird aus dem Quotienten aus den Produkten der Ladepunktkosten und Ladepunktleistung ermittelt.

Tabelle 1: Beispiel einer Wirtschaftlichkeitsrechnung

Antrag	Ladepunktkosten	Ladepunktleistung	Anzahl der Ladepunkte	Wirtschaftlichkeitsrechnung
1	2500	22	22	$114\ \frac{€}{kW}$
2	4000	22	22	$181{,}81\ \frac{€}{kW}$

In dem oben aufgeführten Beispiel würde der Antrag Nummer 1 als erstes für den Fördertopf eingewilligt werden, da dieser ein niedrigeres Verhältnis zwischen den Kosten der Ladepunkte und der Ladeleistung vorweist. Dies wird dann zwischen allen Anträgen verglichen und die günstigsten Anträge werden dann in den Fördertopf mit einbezogen, bis die Grenze von 2000 Normalladepunkten für Nordrhein-Westfalen erreicht wird. Es wird den Anträgen zwischen Normalladepunkten und Schnellladepunkten getrennt für eine Förderung bewertet.

2.7 Gängige Elektrofahrzeuge in Deutschland

Tabelle 2: Gängige Elektrofahrzeuge in Deutschland

Hersteller Modelle	Reichweite in km	Anzahl verkaufter Fahrzeuge in Deutschland	Startpreise in €
Renault Zoe	200-400	4620 Fahrzeuge	21.500
Smart For Two	120-160	4574 Fahrzeuge	23.680
BMW i3	200-280	2427 Fahrzeuge	34.990
Tesla Model S	550-600	2397 Fahrzeuge	82.700
VW E-Golf	250-300	1957 Fahrzeuge	34.900
Nissan Leaf	190-250	1943 Fahrzeuge	23.365
VW E-Up	130-160	1777 Fahrzeuge	26.900

Um sich eine Vorstellung von der Elektromobilität in Deutschland machen zu können, betrachtet man die meist verkauften Elektrofahrzeuge in Deutschland. Denn aus dieser Statistik folgt die Auswahl der Ladesäulen Leistung. In der Tabelle (1) ist zu sehen, dass sich der Renault Zoe am meisten etabliert hat, gefolgt vom zwei Personen Fahrzeug von Daimler, dem Smart For Two und dem BMW i3. Für die Luxus-Klasse zeigt sich der Tesla Model S an vierter Stelle mit einem Preis von 82.700 €.

Für einen Einblick in die technischen Daten sehen wir in der Tabelle (2), die Reichweiten, die Ladedauer und die Batteriekapazität der verschiedenen Fahrzeuge.

Tabelle 3: Technische Daten verschiedener e-Fahrzeuge; PSM (Permanentmagneterregte Synchronmaschine)

Fahrzeuge	VW e-Up	VW e-Golf	Renault ZOE 22 kWh	Renault ZOE Z.E. 40	Renault ZOE Z.E. 40
Motor			R-90	R-90	Q-90
Bauart	PSM	PSM	Drehstrom-Synchron E, fremderregt	Drehstrom-Synchron E, fremderregt	Drehstrom-Synchron E, fremderregt
Leistung in kW	60	100	68	68	68
Max. Drehmoment	210 Nm	270 Nm	220 Nm	220 Nm	220 Nm
Batterie					
Batterietyp	Lithium Ionen	Lithium Ionen	Lithium Ionen	Lithium Ionen	Lithium Ionen
Nennkapazität in kWh	18,7	35,8	22	41	41
Reichweite	130-160 km	250-300 km	200-250 km	350-400 km	340-370 km
Ladesystem					
Ladedauer AC 3,7 kW bis 80%	5-6 Std.	9-10 Std.	5-6 Std.	15 Std.	15 Std.
Ladedauer AC 22 kW bis 80%	---	5-5,5 Std. (bei AC 7,2 kW)	1 Std.	2 Std.	2 Std.
Ladedauer DC 50 kW bis 80%	25-28 min (bei 40 kW Ladeleistung)	50-55 min (bei 40 kW Ladeleistung)	---	---	1 Std. (bei 37 kW Ladeleistung)

In der folgenden Tabelle (2) werden die Fahrzeugmodelle von Volkswagen mit den Modellen der am meist verkauften Elektroauto Marke Renault verglichen. Beim Vergleich zwischen den Reichweiten fällt am meisten die Reichweite des Renault Zoe Z.E. 40 auf.

Dieser hat laut Hersteller eine Reichweite von 400 km im Idealfall, während der Volkswagen e-Golf maximal 300 km im Idealfall fahren kann. Die Reichweite der Elektrofahrzeuge wird durch Umwelteinflüsse und Nebenverbraucher beeinträchtigt. Nebenverbraucher sind beispielsweise die Innenraumheizung und der Klimaprozessor.

Außer der Reichweite, sollte auch die Batterieladezeit, sowie die Batteriekapazität berücksichtigt werden, denn diese sind ausschlaggebend für die Mobilität mit dem Fahrzeug.

Die Ladezeit der Batterie bezieht sich auf die Formel:

$$Ladezeit\ (h) = \frac{Batteriekapazität\ des\ Fahrzeuges\ (kWh)}{Ladeleistung\ der\ Ladesäule\ (kW)} \quad (2)$$

Die Reichweite bezieht sich auf den Stromverbrauch des Fahrzeugs, des Wetters und der Fahrweise des Fahrers.

Der e-Golf kann maximal nur mit 7,2 kW AC geladen werden, während der Renault ZOE Z.E. 40 AC mit 22 kW geladen werden kann. DC kann der e-Golf allerdings mit 40 kW geladen werden, während der Zoe Z.E. 40 nur mit Q-90 Motor mit maximal 37 kW geladen werden kann. Hierbei muss nun berücksichtigt werden, welche Ladesäulen mit DC und welche mit AC-Strom die Fahrzeuge aufladen.

Die AC-Ladesäulen gelten als Normalladepunkte und haben eine Leistung von 3,7 kW bis 22 kW. Als Schnellladepunkte werden die Ladesäulen ab 22 kW bezeichnet. Im Kostenfaktor ist die DC Ladesäule teurer als die AC Ladesäule. Denn im Vergleich der Aufladung fließt der Strom der DC Ladesäule direkt in die Autobatterie, während der AC Strom erstmal zum Gleichrichter fließt.

2.8 Stecker Typen

Für die Aufladung von Elektrofahrzeugen gibt es verschiedene Arten von Stecker Typen. Im Januar 2013 wurde von der Europäischen Kommission die Bezeichnung IEC 62196- Typ 2 für einen Stecker Typen definiert. Dieser wurde für die Aufladung von Elektrofahrzeugen in Europa als Standard festgelegt. Für die AC-Ladung wird der IEC 62196-2 Typ 2 Stecker verwendet (Abbildung 1). Entwickelt wurde dieser von der RWE, der Daimler AG und dem Stecker Hersteller Mennekes, welcher sein Geschäftsfeld auch im Bereich der Ladesäulen erweitert hat. Dieser Stecker wird für die Wechselstrom (AC)-Ladung verwendet. AC-Ladesäulen liefern bis zu 22 kW Ladeleistung mit 32A pro Ladepunkt, während Gleichstrom (DC)-Ladesäulen eine Leistung bis zu 375 kW anbieten.

Für die DC-Ladung von Elektrofahrzeugen in Europa kommt der CCS (Combined Charging System)/Combo 2 Stecker zum Einsatz, welcher durch die IEC 62196-3 definiert wird. Dieser Typ 2 Stecker wurde um 2 Gleichstrom-Pole erweitert und ermöglicht sowohl die Ladung mit AC, als auch mit DC. Der Typ 1 Stecker wird ausschließlich von den USA und Japan genutzt. Des Weiteren gibt es das Ladestecksystem GB, welches in China zum Einsatz kommt.

Bild aus Urheberrechtsgründen für öffentliche Version entfernt

Abbildung 3: Typ2, AC-Ladestecker

Bild aus Urheberrechtsgründen für öffentliche Version entfernt

Abbildung 4: CCS, DC-Ladestecker

Der Typ 2 Ladestecker für das AC-Laden in Europa besteht aus 7 Polen. Dies beinhaltet die drei Phasen L1, L2 und L3, den Nullleiter (N), den Erdleiter (PE), als auch zwei Signalleiter Control Pilot (CP) und Proximity Pilot (PP). Über die Phasen kann ein- bis dreiphasiges Laden bis zu 63 A/43 kW ermöglicht werden. Im Niederspannungsnetz können einphasig Leistungen von 3,7 kW, 7,2 kW und 14,5 kW bezogen werden, während dreiphasig Leistungen von 11 kW, 22 kW und 43,5 kW bezogen werden können und im Gleichstrom (DC) Bereich bis zu 400 A.

3 Das Laden

Der Ladevorgang und somit die Ladegeschwindigkeit eines Elektrofahrzeugs wird durch zwei Faktoren beeinflusst. Der erste Faktor ist, ob das Fahrzeug mit ein- bis dreiphasigem Wechselstrom AC geladen wird oder mit Gleichstrom DC. Da das Stromnetz Wechselstrom liefert muss der konstante AC Ladestrom aus der Ladesäule zuerst von einem Gleichrichter im Elektrofahrzeug gleichgerichtet werden um die Batterie zu laden. Bei einer DC Ladesäule wird der konstante Ladestrom bereits in der Ladesäule gleichgerichtet und kann somit die Batterie direkt Laden. Mit einer zunehmenden Ladeleistung nimmt die Temperatur im Gleichrichter bei einer AC Ladung zu. Um dieses Problem zu lösen und eine schnellere Ladung anzubieten werden AC Ladesäulen nur bis 22 kW angeboten. Im Sonderfall auch 43 kW. Durch die CCS Stecker Typen kann sowohl mit AC, als auch mit DC Strom geladen werden.

3.1 Lademodus

Es gibt zudem vier verschiedene Lade Modi für die Batterieladung des Elektrofahrzeuges. Der Lademodus 1 steht für eine Aufladung bei der beispielsweise im Eigenheim über die Schuko Steckdose einphasig mit 16 A bis zu 3,7 kW geladen werden kann. Dreiphasig würde es möglich sein über den Anschluss im Hausanschlusskasten mit 16 A dreiphasig 11 kW zu beziehen. Im Lademodus 2 wird einphasig und dreiphasig mit 32 A Ladestrom gearbeitet. Dies bedeutet, dass während der einphasigen Ladung 7,4 kW und während der dreiphasigen Ladung bis zu 22 kW bezogen werden können. Der Lademodus 3 bezieht sich auf die schnellste Stufe der Ladung an einer Normalladesäule. Hier wird im Bereich von 63 A Ladestrom gearbeitet. Einphasig werden bis 14,5 kW und dreiphasig 43,5 kW Ladeleistung für die Ladung von Elektrofahrzeugen genutzt. Unter dem Lademodus 5 werden die Schnellladesäulen betrieben, welche bis zu 400 A Ladestrom beziehen.

3.2 Ladeverfahren

Es gibt mehrere Ladeverfahren für Ladung der Akkumulatoren. Zu dem zählen das Konstantstrom-Ladeverfahren, das Pulsladeverfahren, das Rückstromladen, das Konstantspannungs-Ladeverfahren und das IU-Ladeverfahren.

3.2.1 Konstantstrom-Ladeverfahren

Bei dem Konstantstrom-Ladeverfahren wird der Akkumulator über die gesamte Ladezeit mit einem konstanten Ladestrom geladen. Für die Vermeidung einer Überladung wird nach Ablauf einer festen Zeit die Abschaltung bei Vollladung eingeleitet. Die einzuhaltende Ladezeit für entladene Akkumulatoren ergibt sich aus der Formel mit der Zeit t in h, elektrische Ladung Q in mAh, dem Ladestrom des Ladegerätes I in mA und dem Ladefaktor $k = \frac{1}{n}$, der sich aus dem Kehrwert des Ladewirkungsgrad ergibt.

$$t = k \cdot \frac{Q}{I_{Lade}} \quad (3)$$

Bei der Auf- und Entladung von Akkumulatoren geht Energie verloren, welches sich in freigegebener Wärme erklären lässt. Das Verhältnis der aufgenommenen Ladung Q_{auf} zu der zugeführten Ladung Q_{zu} beschreibt den Ladewirkungsgrad.

$$n = \frac{Q_{auf}}{Q_{zu}} \quad (4)$$

Der Ladefaktor für Nickel Cadmium- Akkumulatoren (NiCd) liegt vergleichsweise zwischen 1,3 und 1,4, während es beim Nickel Metallhydrid- Akkumulatoren (NiMH) zwischen 1,4 und 1,5 liegt. Bei Blei Akkus liegt der Ladefaktor zwischen 1,05 und 1,2, während er bei Lithium Ionen bei ca. 1,4 liegt. Bei höheren Ladeströmen besteht bei diesem Verfahren die Gefahr, dass der Akkumulator durch die auftretende Erwärmung bei einer Überladung dauerhaft zu schädigen. Da dieses Verfahren für höhere Ladeströme ungeeignet ist, ist es nicht mehr Stand der Technik und wurde abgelöst. Durch eine erhöhte Temperatur bei bestimmten Akkumulatoren verringert sich hierbei die Ladekapazität, weil durch den konstant hohen Ladestrom durch die elektrochemischen Prozesse Sauerstoff bildet, und bei gasdichten Akkumulatoren zu einer Drucksteigerung führt. Dies führt anschließend zu einer Erhöhung des Innenwiderstandes der Zelle, weil sich die Reaktionsfläche der Elektroden verkleinert, was eine thermische Belastung zur Folge hat.

3.2.2 Pulsladeverfahren

Beim Pulsladeverfahren wird mit Pulsen ein konstanter Strom geladen. Er ist eine Abwandlung des Konstantstrom-Ladeverfahrens. Vorteile ergeben sich hierbei in den stromlosen Pausen

zwischen den Pulsen, denn hierbei kann die Ladespannung gemessen werden. Verfälschte Messergebnisse infolge von Übergangs- und Leitungswiderständen treten hierbei nicht auf.

3.2.3 Rückstromladen

Das Rückstromladen ist eine Abwandlung des Pulsladeverfahrens, bei dem der Ladestrom durch periodische Pausen und kurze Entladestromimpulse der Ladevorgang unterbrochen wird. Durch die Entladestromimpulse wird eine beschleunigte Rekombination von Gasen in der Zelle ermöglicht. Dadurch kann der thermischen Belastung entgegengewirkt werden, was dazu führt, dass eine größere Ladungsmenge geladen werden kann.

3.2.4 Konstantspannungs-Ladeverfahren

In dem Konstantspannungs-Ladeverfahren wird die Ladespannung konstant gehalten. Hierbei sinkt der Ladestrom, je näher man sich der vollständigen Aufladung der Batterie nähert. Dies lässt sich auf Grund der kleiner werdenden Spannungsdifferenz zwischen dem Akkumulator und dem Ladegerät erklären. Das Konstantspannungs-Ladeverfahren findet ihre Anwendung beim Ladevorgang von Blei Akkus, Lithium-Ionen-Akkus und RAM-Zellen (Rechargable Alkali Manganese).

3.2.5 IU-Ladeverfahren

Das IU-Ladeverfahren ist die Zusammensetzung aus dem Konstantstrom- und Konstantspannungs-Ladeverfahren. Dieses Verfahren findet Anwendung in der Aufladung der Lithium-Ionen-Batterie von Elektrofahrzeugen. Die Batterie des Elektrofahrzeuges wird in der ersten Phase mit einem konstanten Ladestrom geladen. Dieser wird von dem Ladegerät geregelt. Dies hat den Vorteil, dass der entstehende hohe Anfangsladestrom des Konstantspannungs-Ladeverfahrens Einhalt geboten wird. In der zweiten Phase, die bei Elektrofahrzeugen bei einem Akkustand von 80% beginnt, wird von dem Konstantstrom-, auf das Konstantspannungs-Ladeverfahren gewechselt. Hierbei sinkt bei zunehmendem Akkustand

der Ladestrom selbstständig ab, bis der Ladestrom einen voreingestellten Mindest-Ladestrom unterschreitet, bei der die Aufladung abgeschaltet wird.

4 Ladesäulen für die Stadt Brühl

Um geeignete Ladesäulen für die Stadt Brühl zu planen sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen. Die Eignung bezog sich in erster Linie auf die Anforderungen des BMVI. In diesen wird durch die Ladesäulenverordnung, als auch durch die Richtlinien des 2.Förderaufrufes klar ausgedrückt, unter welchen Voraussetzungen Ladesäulen gefördert werden. Für den Förderantrag wird ein Online-Formular ausgefüllt, in dem die Kosten der Ladesäulen, die Netzanschlusskosten und die Standorte angegeben werden.

Das Ziel ist die öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektroautos zu erweitern. Zur Auswahl standen AC und DC-Ladesäulen. Für eine sinnvolle Investition fiel die Entscheidung auf die AC Ladesäulen, da diese mit den 22 kW Ladesäulen (als Normalladepunkte definiert) die gängigsten Fahrzeuge mit einer relativ kurzen Ladedauer aufladen können. Preislich lohnt sich diese Variante auch am meisten, da diese im Gegensatz zu den DC Ladesäulen deutlich günstiger in der Materialbeschaffung, sowie im Netzausbau ausfallen.

4.1 Ladesäulen

Die Hersteller für die Infrastruktur der Elektromobilität haben Ihre Produkte in drei Kategorien der Einsatzbereiche unterteilt. Als Nutzungsbereiche gibt es den öffentlichen Raum, wie zum Beispiel an einem öffentlich zugänglichen Parkplatz. Dann gibt es den halböffentlichen Raum, wie zum Beispiel Parkhäuser und dann noch geschlossene Räume, wie zum Beispiel ein privater Stellplatz.

Für diese drei Zugänglichkeitskategorien werden unterschiedliche Produkte angeboten. Für die richtige Auswahl einer Lademöglichkeit muss festgestellt werden, ob durch diese Ladesäule das private Fahrzeug geladen werden soll oder ob auch nicht autorisierte Personen an der Ladesäule im Austausch gegen Geld tanken dürfen. Die Preise unterscheiden sich hierbei von der Ausstattung der Ladesäule ab.

Für Lademöglichkeiten im geschlossenen- und halböffentlichen Raum können so genannte Wallboxen benutzt werden. Wallboxen können in der Garage an der Wand, oder auf dem privaten Parkplatz vor der Tür mit einem Standbein an den Hausanschlusskasten angeschlossen werden. Für den öffentlichen Raum werden Ladesäulen mit einer erhöhten Leistung in Betrieb genommen, da Sie robuster gegen Auffahrunfälle sind und eine schnellere Ladung der Batterie ermöglichen.

4.1.1 Die Abrechnung und das Eichrecht

Eichrechtlich ist keine Ladesäule auf dem Markt insoweit konform, dass durch diese durch die Zählerangabe für die Kilowattstunde abgerechnet werden darf. Dafür müssen die Zähler, als auch die Anzeige auf einem Display geeicht sein und es muss für den Endverbraucher sichtbar sein, wie viel Kilowattstunden er tatsächlich in sein Fahrzeug geladen hat.

Aus diesem Grund darf man an den meisten Ladesäulen kostenlos laden. Jedoch kann man an Stelle der Kilowattstunden die verbrachte Zeit an der Ladesäule abrechnen, wie zum Beispiel in einem Parkhaus. Durch das Messstellenbetriebsgesetz (MSBG) 2016, müssen alle Messeinrichtungen in Ladesäulen geeicht sein und im Turnuswechsel alle 8 Jahre erneuert werden.

4.1.2 Aufbau einer Ladesäule

In diesem Abschnitt wird auf den Aufbau einer Ladesäule mittels Beispiel einer Mennekes Smart N 22 eingegangen. Diese hat 2 Ladepunkte mit jeweils 22 kW, 32A. Die Säule besteht aus den Netzanschlussklemmen, zwei eHz-Zählern, als auch zwei Fehlerstromschutz Schaltern.

Jeder Ladepunkt hat seinen eigenen Fehlerstromschutzschalter (FI-Schutzschalter), als auch einen Zähler. Um eine Ladesäule vom Netz trennen zu können kann auch ein Hausanschlusskasten mit 100A Absicherung montiert werden, da die Ladesäule insgesamt mit beiden Ladepunkten insgesamt mit 64 A arbeitet.

Die Ladesäule beinhaltet des Weiteren ein E-Mobility Gateway, um eine Verbindung zum Backend System aufbauen zu können. Dadurch ist es möglich, dass die Ladesäule sich mit den

Servern verbinden kann. Dies dient dazu, dass Verbraucher den Standort, als auch den Status der Ladepunkte abrufen können. Nennenswerte Betreiber sind chargecloud.de (Tochterunternehmen von Mennekes GmbH und der Rheinenergie) und ladenetz.de (von der Firma Smartlab GmbH). Gateways, Displays für den Ladevorgang, die Steckdosenart (Typ 2, CCS, Schuko), als auch die RFID Authentifizierungsmöglichkeit sind Bauteile, die sich in den unterschiedlichen Preisklassen wiederfinden.

4.1.3 Ladefreigabe

Plug & Charge ist das Laden ohne sich autorisieren zu müssen, während durch Schlüsselschalter für den privaten Betrieb oder RFID-Zugang für den öffentlichen Betrieb eine Autorisierung erfolgen muss, um die Ladepunkte freischalten zu können. Für die RFID Authentifizierung muss vor dem Sensor eine RFID-Karte oder ein RFID-Chip des Betreibers vorgehalten werden, um die Bearbeitung des Ladevorgangs starten zu können.

4.1.4 Lastmanagement

Ladesäulen können direkt an das öffentliche Netz, mit einer direkten Zuleitung zum Transformator oder auch am Hausanschluss angeschlossen werden. Flottenbetriebe können durch Lastmanagement Ihre Lastspitze absichern.

Dies ist durch die e-Mobility Gateways der Ladesäulen möglich. Durch dynamisches Lastmanagement kann dadurch die Ladeleistung der verbundenen Säulen reduziert werden.

Abbildung 5: Dynamisches Lastmanagement

Sobald mehrere Fahrzeuge sich mit den Ladestationen verbinden werden die Ladeströme zum Mittelwert reduziert. Es ist aber auch möglich, wie in Abbildung 6, in einem dynamischen

Lastmanagement Konzept der Firma Mennekes, dass beispielsweise die Parkflächen der Geschäftsführer von der Priorität her als VIP gesetzt werden, wodurch diese die maximale Leistung der Ladepunkte ausschöpfen können, während die anderen Stationen mit einem reduzierten Ladestrom laden müssen. Das dynamische Lastmanagement betrachtet in der Elektromobilität mittels Gateways, die Belastung des Gesamtanschlusses. Es ist hierbei möglich, dass das dynamische Lastmanagement, dem elektrischen Fuhrpark nur dann die maximale Ladeleistung anbietet, wenn die Grundlast des Gebäudes sehr niedrig ist. Neben dem dynamischen Lastmanagement gibt es noch das statische Lastmanagement. Das statische Lastmanagement findet im Gegensatz zum dynamischen Lastmanagement nur in dem Netzwerk der miteinander verbundenen Ladesäulen statt. Es wird eine Lastgrenze für alle angeschlossenen Ladestationen eingestellt, welcher keinen Bezug auf die Grundlast eines Gebäudes hat. Das statische Lastmanagement kann ebenfalls auf nur einer einzelnen Ladesäule angewendet werden. Eine Ladesäule mit jeweils 32 A pro Ladepunkt und einer voreingestellten Lastgrenze von 16 A pro Ladepunkt, würde sobald zwei Fahrzeuge geladen werden, pro Ladepunkt nur 16 A freischalten. Wenn jedoch an der Ladesäule nur ein Fahrzeug geladen wird so könnte das Fahrzeug mit den verfügbaren 32 A an dem Ladepunkt laden. Sobald dann ein zweites Fahrzeug sich an der Ladesäule anschließt, würden beide Fahrzeuge nur noch mit den voreingestellten 16 A laden.

Ein Lastmanagement kann zur Vermeidung oder Reduzierung von kostenintensiven Lastspitzen beitragen. Die Überlastung der Elektroinstallation kann so verhindert werden. Einsatzgebiete von Lastmanagementsystemen können neben dem Betriebsparkplatz einer Firma, Tiefgaragen von Mehrfamilienhäusern oder zukünftigen Modellen von DC-Lade Tankstellen an der Autobahn sein. Dadurch kann eine teure Überdimensionierung des Netzanschlusses und der Elektroinstallation vermieden werden. Der Gleichzeitigkeitsfaktor, der die Anzahl elektrischer Verbraucher in einem Haushalt oder Stromkreis bildet, welche gleichzeitig mit voller Leistung betrieben werden, kann durch ein Lastmanagementsystem vermindert werden. Der Gleichzeitigkeitsfaktor verrechnet sich aus der Leistungssumme aller Verbraucher und lässt eine Aussage über einzuplanende Gesamtanschlussleistung treffen. Durch das Lastmanagementsystem lässt sich der hohe jährliche Energiebedarf eines großen Verbrauchers mit bspw. einem Elektrofuhrpark verringern. Dies ist wichtig, da für die Energieabrechnung des Verbrauchers mit einem Energiebedarf über 100.000 kWh, neben der bezogenen Energiemenge, auch der maximale Leistungsbedarf miteinberechnet wird.

4.2 Auswahl der Ladesäule

Um den Förderbedingungen gerecht zu sein, muss nun die richtige Ladesäule ausgewählt werden. Es ist eine wichtige Entscheidung unter den vielen Anbietern das richtige Produkt auszuwählen.

Die Stadtwerke Brühl besitzt zum aktuellen Zeitpunkt zwei Ladesäulen der Marke Alfen ICU für den privaten Eigenverbrauch. Diese versorgen mit ihren 2 Ladepunkten mit jeweils 22 kW die vier Renault ZOE Z.E. der Stadtwerke Brühl.

Des Weiteren befinden sich in Brühl zwei Standorte, an denen das Laden öffentlich zugänglich ist. Eine befindet sich sehr zentral im eigenen Parkhaus und eine am Karlsbad, welches ebenfalls von den Stadtwerken Brühl verwaltet wird.

Nun muss eine Ladesäule ausgesucht werden, die den Forderungen der Ladeverordnung, den Richtlinien für den 2.Förderaufruf entspricht, als auch preislich günstig ist.

4.2.1 ICU EVE

Zur Auswahl fielen für den ersten Schritt die ICU EVE eine Wandladestation mit einem Standbein für die Positionierung im öffentlichen Betrieb und eine im ersten Förderaufruf angefragte Wandladestation der Marke Mennekes mit dem Unterschied, dass die Mennekes Premium 22 mit aber nur einem Typ 2 Ladepunkt. Trotz nur eines Ladepunktes des Typs 2 war die Mennekes preislich um ein Drittel teurer als die ICU EVE Wandladestation mit zwei Ladepunkten. Die ICU EVE kostet 2499 €.

Ladekapazität je Steckkontakt	11kW (400V, 16A), 22 kW (32A, 400V)
Lademodus	Mode 3, Z.E. Ready 1.2
Steckkontakt	2x EV-Plug, Type 2 IEC 62196-2
Hauptschalter	4-polig, 80A, 400V
Netzanschluss	40A 3-Phasen 400V 50Hz (11kW Ausführung) 64A 3-Phasen 400V 50Hz (22kW Ausführung)
Querschnitt Anschlusskabel	$4mm^2$ - $25mm^2$
Erdung	TN-System: PE-Leiter
kWh-Messung je Auslass	MID zugelassen für Abrechnung
Umgebungstemperatur	-20°C bis +40°C
Luftfeuchtigkeit	5% bis 95%
Autorisierung	Plug & Charge RFID (NFC) Mifare 13,56 Mhz, DESFire
Statusinformation	Separate Ikonen mit LED je Steckcontact oder Farb-Display
Kommunikation	GPRS, TCP/IP
Kommunikationsprotokoll	OCPP 1.2 und 1.5
Kommunikation intelligenter Zähler	P.I. port
Technische Eigenschaften	
Entwurf gemäß	IEC 61851-1 (2010) und IEC 61851-22 (2010), Renault Z.E. Ready
Schutzart	IP54
Installationsvorschriften	IEC 61851-1
Gehäuse	Sheet Moulding Composite (SMC), Glasfaserverstärkter Kunststoff
Zugang Betreiber	durch Verschraubungen an der Rückseite
Abmessungen in mm	590 x 338 x 230 (LxBxT)
Montage	Wandmontage oder Befestigung auf einer Säule
Standardfarbe	Vorderseite RAL 9016 (weiss), Rückseite RAL 7043 (grau)
Optionen	Bildschirm, Pfost und Sockel, Einzelbenutzer Version, Standalone oder mit einem Backoffice

Abbildung 6: ICU EVE Datenblatt

Für die Inbetriebnahme müsste allerdings eine Zähleranschlusssäule in die Nähe aufgebaut werden, damit die Ladestation vom Netz abgesichert ist. Die Wandladestation beinhaltet keinen Hausanschlusskasten, weder einen NH-Trenner, damit dieser vom Netz getrennt werden kann. Dafür könnte eine Zähleranschlusssäule aushelfen.

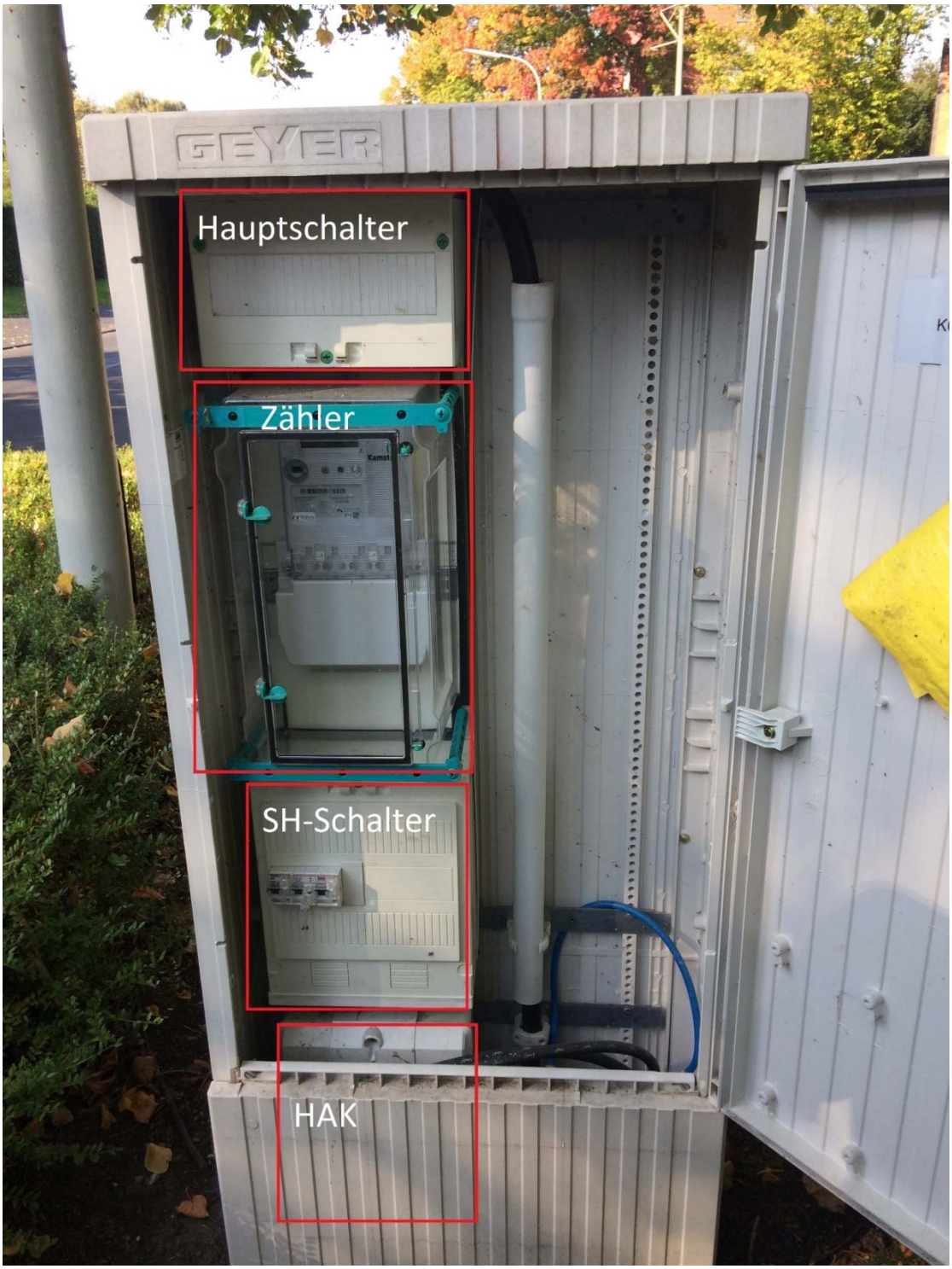

Abbildung 7: Zähleranschlusssäule, HAK (Hausanschlusskasten)

Allerdings ist es nicht nur das Ziel, eine technisch einwandfreie Ladeinfrastruktur aufzubauen, sondern auch die Akzeptanz der Bevölkerung für die Ladesäulen auszuweiten. Ein elegantes Verfahren wäre daher, die Ladesäule Mennekes Smart N 22.

4.2.2 Mennekes Smart N 22

Artikelbezeichnung	Ladestation Smart N 22
Artikelnummer	316510
Nennspannung	400 V AC ± 10%
Nennfrequenz	50 Hz
Nennstrom	63 A
Maximale Vorsicherung	--
Ladeleistung Mode 3	2 x 22 kW
Ladestrom Mode 3	32 A / 3 ph
Klemmleiste Versorgungsleitung	4 x 95 mm², starr Al/Cu 10 – 95mm² Drehmoment 6 Nm
Schutzart	IP 44
Maße (H x B x T)	1600 x 400 x 300 mm
Gewicht	96 kg

Abbildung 8: Mennekes Smart N 22, Technische Daten

Die Mennekes Smart N 22 erfüllt alle technischen Anforderungen des BMVI und hat zusätzliche Extras. Um für eine optimale Ladung zu sorgen, hat diese Ladesäule zur Vermeidung von Vereisung eine automatische Beheizung der Ladesteckdose bei Unterschreitung einer Außentemperatur von ca. 3°C. Eine Automatische Lastumschaltung der Ladeleistung von 22 kW auf 11 kW bei Ladekabeln mit 20 A, als auch LS-Schaltern mit 32A, 3p+N Absicherung (in Abhängigkeit von dem verwendeten Ladekabel 16A 3p+N). Als Stromzähler sind zwei moderne Messeinrichtungen eingebaut. Die Ladepunkte sind zusätzlich mit Fehlerstromschutzschaltern TYP B allstromsensitiv 4 polig mit 40A, 3mA abgesichert. Die Ladesäule selber ist direkt an das Netz angeschlossen. Die Absicherung erfolgt über einen Hausanschlusskasten in der Ladesäule. Durch Angebote der Innovationsgesellschaft Smartlab wurde eine Bestellung von 11 Ladesäulen angefragt.

Da Mennekes jedoch ein eigenes Backend-System besitzt und die Stadtwerke Brühl mit Smartlab, bzw. ladenetz.de zusammenarbeitet, müssen diese Ladesäulen nochmal in das LISY-System von Smartlab extern vorprogrammiert werden, um diese online abrufen zu können. Die Auswahl der Ladesäule fiel durch die technische und optische Beschaffenheit auf die Mennekes Smart N 22.

5 Backend-Anbieter

In dem folgenden Kapitel wird auf die verschiedenen Backend-Anbieter Bezug genommen, welche für die Backend Anbindung der Ladesäulen von Vorteil wären. Es wird auf die Interoperabilität eingegangen, die sich mit der Anzahl der Lademöglichkeiten anbietet.

5.1 Smartlab

Die Stadtwerke Brühl arbeitet wie viele andere Stadtwerke mit der Smartlab Innovationsgesellschaft GmbH aus Aachen. Diese entwickelt innovative Dienstleistungen, Produkte und Konzepte für die Elektromobilität. Im Fokus steht dabei immer die Vernetzung der Ladeinfrastruktur, denn das Ziel ist ein flächendeckendes Netz in ganz Deutschland, sowie eine europaweite Interoperabilität mit anderen Marktakteuren. Smartlab ist der Betreiber des LISY Portals, welches ein Backend-System für den Ladenetz.de Stadtwerkeverbund ist. Auf dieser Seite können Besitzer von Elektrofahrzeugen die im LISY-System verbundenen Ladepunkte online abrufen und den Status der Ladesäulen sehen. Kunden der 118 Stadtwerke, die mit Smartlab zusammenarbeiten, können diese Ladestationen kostenlos mit Ihrer von den Stadtwerken ausgegebenen RFID-Karten nutzen.

Die Innovationsgesellschaft arbeitet sehr eng mit Ladesäulen Herstellern zusammen. Dadurch ist es den Kooperationspartnern möglich vergünstigte Preise bei den Herstellern zu bekommen. Eine Beratung für die Ladesäulen Komponente wird ebenfalls angeboten.

5.1.1 Zahlungsmöglichkeiten

Kunden des Stadtwerke-Verbandes, die mit Smartlab kooperieren kriegen zur Freischaltung der Ladesäule eine RFID-Karte. Jedoch gibt es auch die Möglichkeit über Ladenetz.de eine 7-, 30- und 365 tägige Ladeticket zu beantragen, wenn man Fremdkunde ist. Ein Beispiel dafür wäre die Einreise von einem Nachbarland nach Deutschland, der nicht Kunde von Smartlab ist. Es wird ausschließlich für die Freischaltung der Ladesäule pro Tag damit bezahlt, sprich der Zugriff. Später, wenn die eingetragenen Systeme eichrechtlich konform sind, kann dann über eine App online auf dem Web-Browser die getankte Energie bezahlt werden. Da es noch Probleme in der eichrechtlichen Ausführung der Zähler für die Ladesäulen gibt, wird Status Quo nach der getankten Zeit abgerechnet.

Zur Veranschaulichung stellt Smartlab auf Ihrer Webseite ladenetz.de Beispielrechnungen aus.

Abbildung 9: Zahlungsmethode von Smartlab

Hier ist ersichtlich, dass nach einer Grundgebühr die Stunden abgerechnet werden, in denen ein Ladevorgang stattfinden soll.

Das eichrechtliche Problem ist, dass Messgeräte die Messergebnisse gegen Verfälschung gesichert, sowie prüfbar sein müssen, als auch in einer geeigneten Form darstellen müssen. Der Kunde muss sehen können wie viel Strom er genau bezieht und diesen auch durch beispielsweise einer Quittung belegt bekommen. Ladesäulen Hersteller bauen demnach das Gehäuse nach der IP Schutzart so um, sodass Kunden den Zähler des benutzten Ladepunktes sehen können. Die Anzeige muss geeicht sein und mit einer Quittung vergleichbar sein.

5.1.2 Ladenetz.de

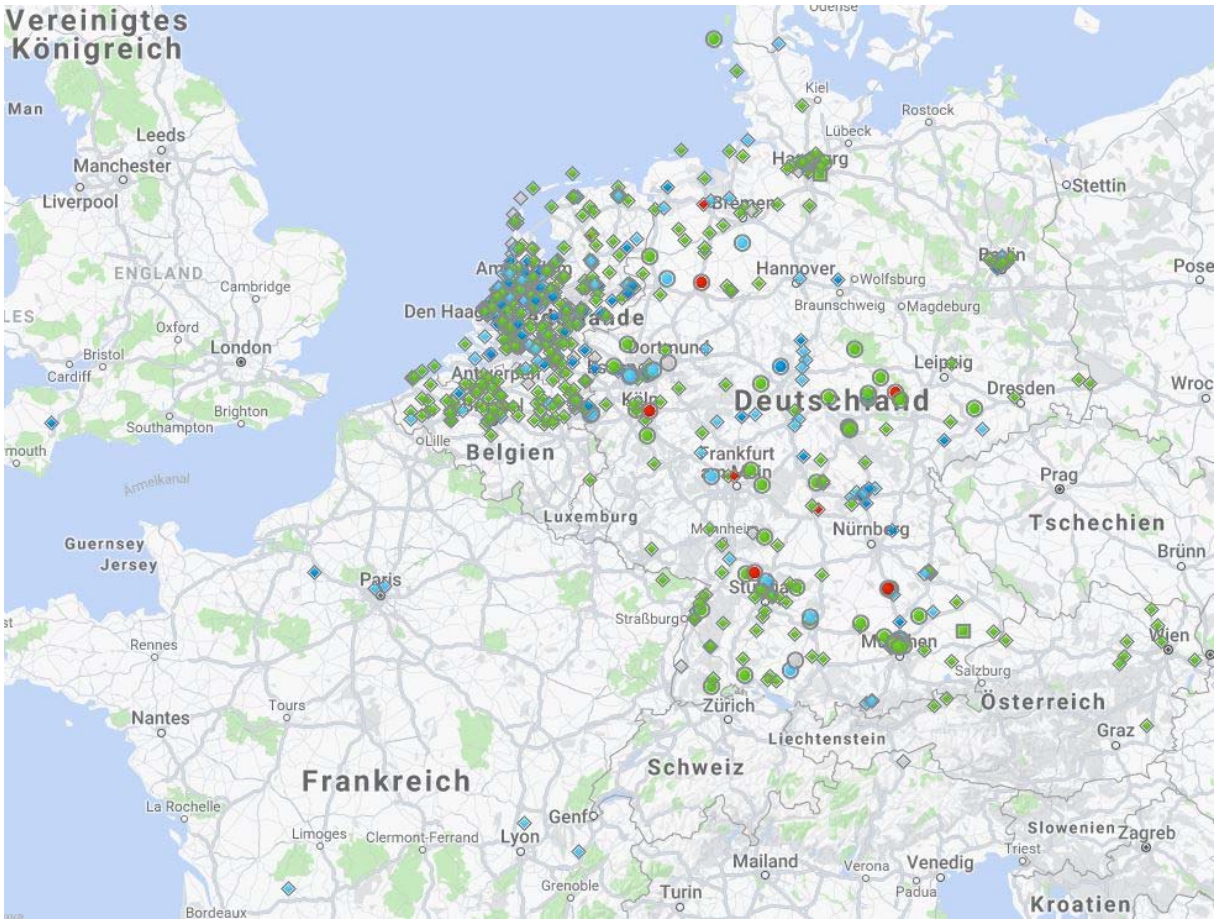

Abbildung 10: Ladenetz.de- Ladekarte in Europa

In der Abbildung 5 ist zu sehen, an welchen Standorten Ladepunkte von Kooperationspartnern in Europa angeboten werden. Beim Vergleich fällt es schlagartig auf, dass alleine in Amsterdam fast mehr Lademöglichkeiten, als in ganz Deutschland angeboten wird. Es ist in Amsterdam nicht ungewöhnlich, dass Elektrofahrzeuge der Firma Tesla auf den Straßen fahren. Die Ladeinfrastruktur ist sehr flächendeckend vernetzt. Smartlab bietet in Europa 13374 Lademöglichkeiten an.

Dies sind natürlich nicht alle Ladepunkte in Europa. Betreiber der Rhein Energie verwalten ein ähnliches Produkt durch eine Eigenmarke namens Tank-E. Ein weit größerer Anbieter der europaweit Lademöglichkeiten anbietet ist Wallbe.

5.2 TankE

TankE ist die Tochtergesellschaft der RheinEnergie AG. Sie bieten Ladestationen für Elektroautos, Elektrofahrräder, Elektrobusse und Schiffe an. Die Linie 133 der KVB ist komplett auf Elektrobusse umgestiegen. Das E-Bus-Projekt begann im Dezember 2016 und stellt zur Ladung eine DC-Ladestation von bis zu 240 kW. Die Ladestation für die Schiffe dient zur Versorgung des benötigten Bordstroms, wodurch der Diesel Motor nicht mehr laufen muss um diesen zu generieren. Dies hat den Vorteil, dass sowohl Lärm, als auch ein unnötiger CO2-Ausstoß reduziert werden kann. Zu den TankE- Partnern gehören rund 14 Energieversorgungsunternehmen im Kreis Köln. Das TankE Konzept ist regional und erstreckt sich von der Eifel nach Köln, Wuppertal, Gummersbach und Siegen.

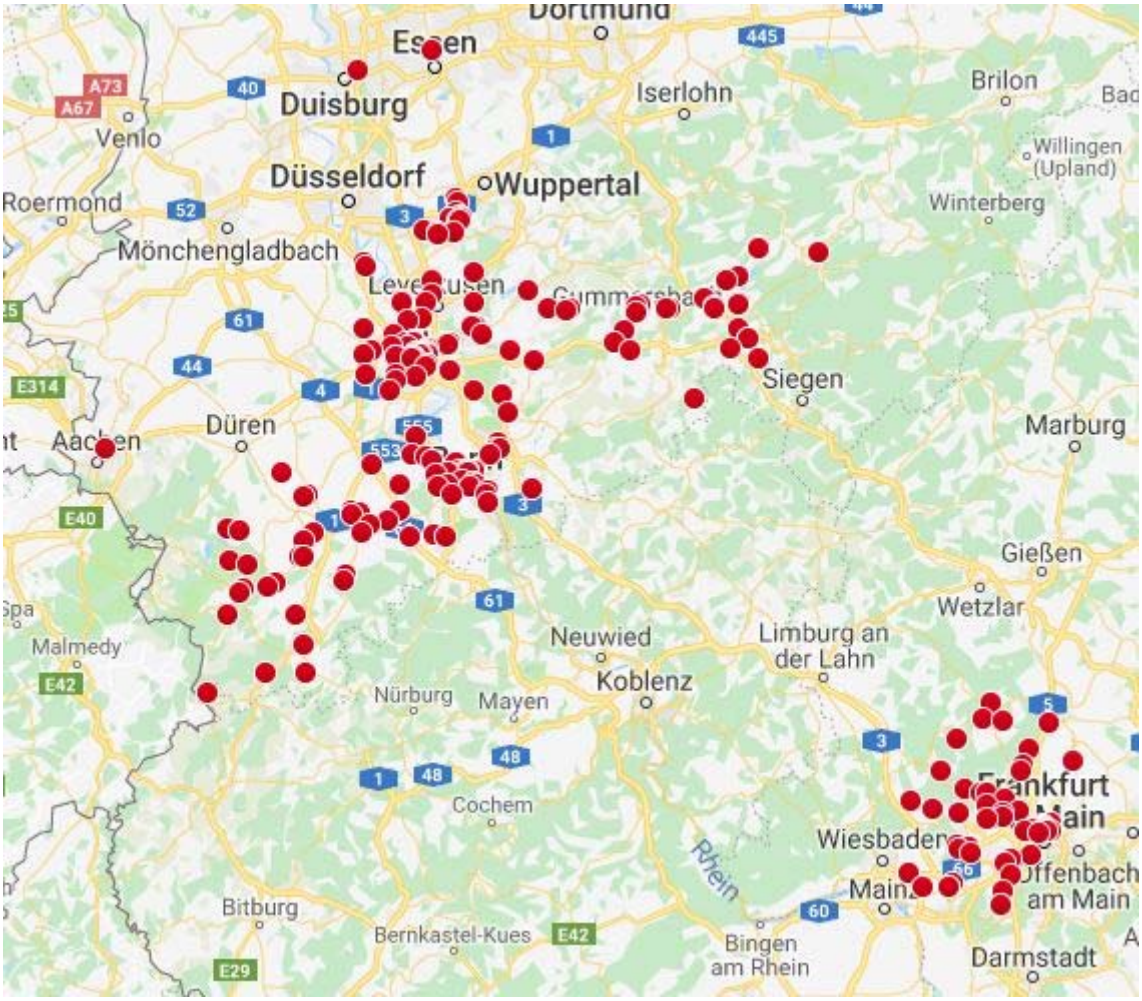

Abbildung 11: Ladekarte der RheinEnergie

Das Konzept zeigt eine nur lokale Stärke. Dies ist zur einen Seite auf Grund eines lokalen Herrschaftsgebietes positiv für den Gewinn, aber zur anderen Seite ist es ohne eine Kooperation mit größeren regionalen, nationalen und internationalen Anbietern für

aussenstehende Kunden weniger attraktiv. TankE bietet seinen Kunden eine App für den Zugriff auf die Ladesäulen, als auch für die Rechnung an.

5.3 WallBe

Die Wallbe GmbH ist eine Firma aus Schlangen, nähe Paderborn. Sie bietet reichliche e-Mobility Lösungen an. Eigene Ladesäulen für den öffentlichen, gewerblichen und privaten Gebrauch für Fahrzeuge und Fahrräder werden von der Wallbe GmbH angeboten. Zusätzlich ist die Wallbe GmbH Partner der PlugSurfing GmbH mit dem Sitz in Berlin. Die PlugSurfing GmbH bietet eine Plattform an, die deren Kunden einen Ladeschlüssel, als auch eine App anbietet mit denen europaweit geladen werden kann.

Abbildung 12: Ladekarte von der Partnerschaft WallBe GmbH und PlugSurfing GmbH

Die PlugSurfing GmbH bietet europaweit (Deutschland, Österreich, Tschechien, Italien, Spanien, Frankreich, Belgien, Niederlande, Großbritannien, Dänemark, Polen, Lettland, Rumänien, Schweden, Norwegen, Kroatien, Bosnien, Serbien, Albanien), sowie in Marokko, insgesamt über 35.000 Lademöglichkeiten an.

6 Standortermittlung

Für die Standortermittlung sind mehrere Faktoren von Wichtigkeit. Attraktive Standorte abzudecken ist der wichtigste Faktor um die Aufmerksamkeit in der Bevölkerung zu wecken. Als attraktive Standorte gelten Ortschaften, die häufig und für eine längere Zeit besucht werden. Im Stadtgebiet der Stadt Brühl gelten dazu, der Bahnhof, Bahnhaltestellen im Zentrum, Parkhäuser/Parkplätze in der Innenstadt, städtische Einrichtungen wie Museen oder Ämter wie beispielsweise das Amtsgericht. Neben zentralen Ortschaften sind besonders Unternehmen sehr attraktiv, die einen Parkplatz besitzen, welcher 24 Stunden die Woche öffentlich zugänglich ist. Diese Unternehmen bieten als Contracting Partner die Möglichkeit, den Strom über Ihren eigenen Zähler abrechnen zu lassen. Somit wäre neben den öffentlichen Gebieten ein weiteres Abrechnungsmodell verwirklichbar.

Allein die Standorte, auf Grund Ihrer gesellschaftlichen-, bzw. wirtschaftlichen Attraktivität zu filtern reicht allerdings nicht aus, um eine Ladesäule aufstellen zu können. Um die Ladesäulen aufstellen zu können, muss die Auslastung im Netz mit in Betracht gezogen werden, sowie die Netzinfrastruktur. Diese Daten lassen sich durch das GIS-Programm (Geografisches Informations System) CAIGOS, welches die Vermessungsabteilung der Stadtwerke Brühl nutzt, aufrufen.

Durch CAIGOS ließen sich die nötigen Informationen zum Niederspannungsnetz abrufen. Dadurch war es möglich, die Kabelquerschnitte, Kabelpfad und den Standort der Transformatoren zu erkennen.

Um die Anschlussmöglichkeiten am Transformator durch bspw. einen Durchbruch zu überprüfen reicht die Einsicht ins CAIGOS allerdings nicht aus. Dazu mussten die Daten aus dem Archiv aus der Netzabteilung geöffnet werden. Durch Abstimmung mit der Netzabteilung konnten dann die Standorte effizient ermittelt werden, die zur Standortsermittlung führte. Dies geschah mit Hilfe der Software SIGLON, welche für die Zählerfernauslesung bei den Stadtwerken Brühl genutzt wird.

Die wirtschaftliche Rolle darf hierbei nicht außer Acht gelassen werden. Es ist zu berücksichtigen, ob an der Hutschiene Platz für einen weiteren Anschluss ist. Die Ladestationen müssen so positioniert werden, sodass die Kosten des Netzanschlusses mit Bezug auf die Tiefbauarbeit und die Kabelmenge, sich wirtschaftlich an das Budget verwirklichen lassen.

Ebenso hat eine Recherche für die Eigentümer der Flurstücke von Bedeutung, da sich der Bau auf fremden Grundstück ohne Genehmigung nicht realisieren lässt. Die Eigentümer der attraktiven Standorte wurden online aus dem Archiv gefunden und im Anschluss notiert, damit diese kontaktiert werden können.

6.1 Standorte

Nach einer erfolgreichen Recherche, zeigten sich über 30 Standorte als technisch umsetzbar. Durch Absprache in Besprechungen mit dem Vertrieb, der Netzabteilung und des Messdienstes einigte man sich auf die Grundstücke der Stadt Brühl und die der Contracting Partner, die selbst vor dem Projekt Interesse an Ladesäulen zeigten. Als Hundert prozentige Tochtergesellschaft der Stadt Brühl werden die Grundstücke der Stadt am ehesten genehmigt, weswegen diese auch den größten Anteil von den geplanten elf Stationen ausmachen.

Abbildung 13: Niederspannungsnetz, Standort Innenstadt

In der Abbildung 13 ist eine Trafostation auf dem größten öffentlich zugänglichen Parkplatz in der Innenstadt zu sehen, an der eine Ladesäule geplant ist.

Mit CAIGOS wurde auf dieser Abbildung mit den Satellitenbildern, das Niederspannungsnetz aufgerufen (lila Linien). Auf dem Kabelpfad der Niederspannungskabel werden die Daten über den Kabelquerschnitt angezeigt.

Dies half dabei zu erkennen, an welchen Standorten die Ladestationen von Mennekes Smart N 22 mit voller Leistung arbeiten können. Die Mennekes Smart N 22 arbeitet mit 32 A pro Ladepunkt für eine Leistung von 22 kW. Insgesamt 64 A, was bedeutet, dass dafür Kabelquerschnitte von 25 mm² Cu (108 A) oder Al (85 A) mehradrig zum Einsatz kommen würden. Die Nähe zur Trafo-Station war der wirtschaftlichste Faktor um die Tiefbau Kosten zu gering zu halten.

6.2 Lastprofil

Der wohl wichtigste Faktor für die Standortermittlung ist die technische Umsetzbarkeit. Die technische Umsetzbarkeit bezieht sich hier darauf, wie hoch die Auslastung der Transformatoren ist, an die eine Ladesäule angeschlossen werden soll. Dies konnte an Hand der Zählerfernauslesungs-Software SIGLON bestimmt werden. Mit dem Lastprofil der Transformatoren konnte beobachtet werden, welche Messwerte der Zähler vom Transformator aufgenommen hat.

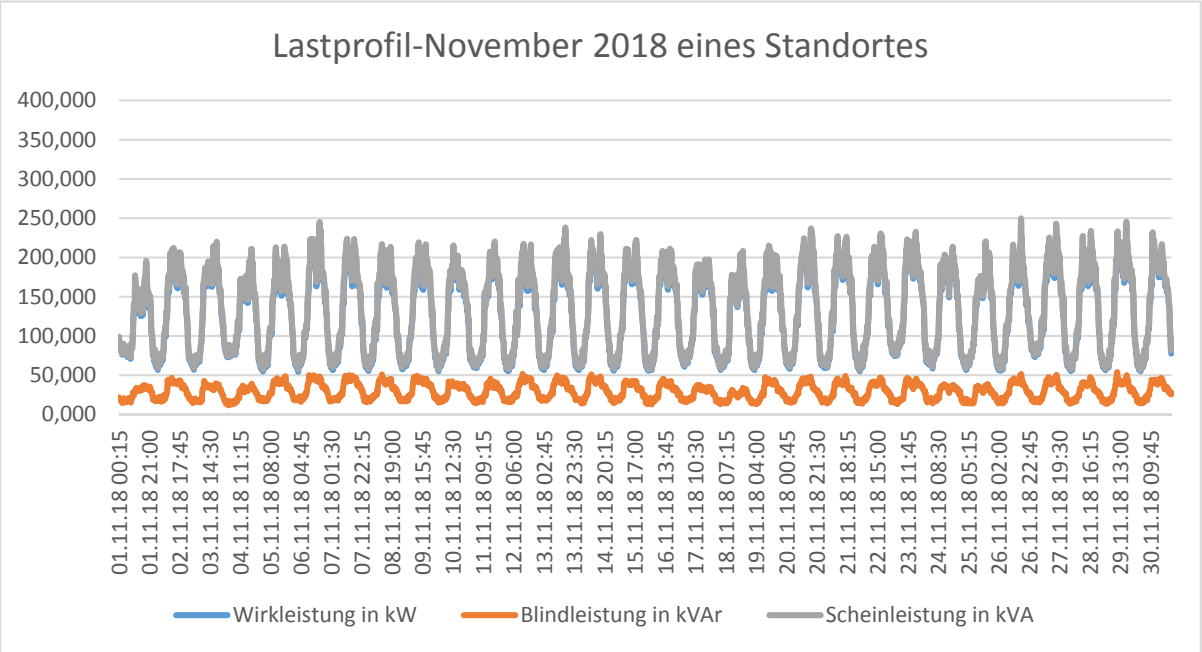

Abbildung 14: Lastprofil einer Trafostation in Brühl

In der Abbildung (15) ist das Lastprofil eines Transformators in Brühl dargestellt. An dieser soll eine Ladesäule mit zwei Ladepunkten mit jeweils 22 kW angeschlossen werden. Es handelt sich um das Lastprofil aus dem Jahr 2018. An Hand des Ausschnitts aus dem Jahresprofil 2018, sieht man die Messwerte zwischen dem 01.11.2018 und dem 30.11.2018. Der Transformator verfügt über eine Scheinleistung von 400 kVA.

Damit die genaue Trafoauslastung bestimmt werden kann, muss von der Zählerfernauslesungs-Software SIGLON, neben der Wirkleistung auch die Blindleistung abgefragt werden.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \qquad (5)$$

Aus der Addition der quadrierten Wirk- und Blindleistung unter der Wurzel, ergibt sich die Scheinleistung (5). Die Scheinleistung wurde für den Zeitraum aus dem obigen Diagramm berechnet. Die maximale Scheinleistung ergab einen Wert von 249,75 kVA, während der Mittelwert bei 177,85 kVA und der minimale Wert bei 97,88 kVA lag. Für eine genaue Untersuchung wurden nur die Lastprofile zwischen 9 Uhr morgens und 23 Uhr nachts betrachtet. Die Werte in der Nacht sind jeweils zwischen 50 kVA und 110 kVA.

$$Transformator_{Auslastung} = \frac{S_{Max}}{S_{Trafo}} \times 100\ \% = \frac{S_{Mittelwert}}{S_{Trafo}} \times 100\ \% \qquad (6)$$

Für die Trafoauslastung wird an Hand der Formel (6), der Bruch aus der errechneten Scheinleistung des Stationszählers und der Scheinleistung des Transformators gebildet. Dies wird jeweils einmal mit dem maximalen-, dem mittleren- und minimalen Scheinleistungswert aus dem oben genannten Zeitraum berechnet. Die Berechnung der maximalen Trafoauslastung ergab eine Trafoauslastung von 62,44 %. Die Berechnung der mittleren Trafoauslastung ergab einen Wert von 44,46 %, während die minimale Auslastung bei 24,47 % lag.

$$S_{Ladesäule} = 2 \times U_{Nenn} \times I_{Lade} \times \sqrt{3} \qquad (7)$$

Die Scheinleistung der Ladesäule errechnet sich durch die Multiplikation der 400 V Nennspannung und des 32 A Ladestroms, dreiphasig. Die Formel (7) für die Scheinleistung der Ladesäule wird mit zwei multipliziert, weil die Ladesäule genau 2 Ladepunkte besitzt.

$$S_{Lastspitze\ mit\ Ladesäule} = S_{Ladesäule} + S_{Lastspitze} \qquad (8)$$

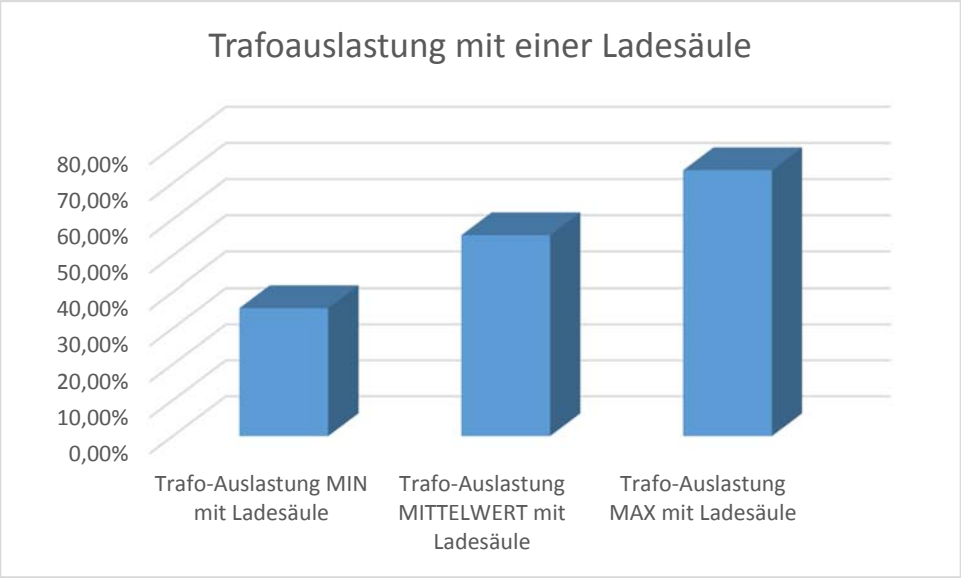

Abbildung 15: Auswertung der Trafoauslastung mit einer angeschlossenen Ladesäule

Die maximale Scheinleistung würde bei einer theoretischen Dauerlast von einer Ladesäule mit 44,34 kVA bei 294,09 kVA liegen. Dies würde eine maximale Trafoauslastung von 73,52 % ergeben. Im Mittelwert würde die Trafoauslastung mit einer angeschlossenen Ladesäule bei 55,52 % liegen.

7 Materialbeschaffung und Ausschreibung

Nach zahlreichen Besprechungen mit den Abteilungsleitern und der Geschäftsführung wurde das konzeptionierte Projekt für eine flächendeckende Ladeinfrastruktur genehmigt. Nach der Bestimmung der technischen Möglichkeit für einen Anschluss von Ladesäulen für elf verschiedene Standorte in Brühl, mussten die Grundstückseigentümer kontaktiert werden. Der Großteil der Eigentümer der gewählten Standorte ist die Stadt Brühl. Nach der Präsentation des Konzeptes wurden alle elf Standorte genehmigt und für die Ladesäulen der Stadtwerke Brühl GmbH zur Verfügung gestellt.

Es folgt die Materialbeschaffung und Ausschreibung von den anfallenden Arbeiten. Zu diesen zählen neben den Ladesäulen, Tiefbau-, Markierungs-, Montage- und Wartungsarbeiten. Für die Sicherheit der Ladesäulen werden Säulen für den Anfahrschutz bestellt, die vor der Ladesäule platziert werden. Des Weiteren wird für eine Stabilität der Säule ein Fundament nach Herstellervorgaben gegossen. Es ist wichtig die Ladesäule in der Nähe eines Transformators oder einem nahegelegenen Kabel zu planen, denn die Tiefbaukosten könnten

sonst mehr als die Ladesäule selber kosten. Der größte Kostenfaktor in der Planung ist der Tiefbau, der aus mehreren Kopflöchern und langen Graben besteht.

Damit Ladesäulen in Betrieb genommen werden dürfen, müssen diese, verschiedene Prüfverfahren nach DIN VDE 0100 Teil 600 absolvieren und bestehen. Unter der DIN VDE 0100 Teil 600 wird die Erprobung und Messung der Durchgängigkeit der Schutzleiter, des Isolierwiderstandes, der Trennung der Stromkreise bei SELV, PELV oder Schutztrennung, der Widerstände von isolierenden Wänden, der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung, der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen, der Polarität der Spannung, der Drehfeldrichtung an Drehstrom-Steckdosen, der Prüfung ordnungsgemäßen Betriebs und der Funktion, sowie der Einhaltung des maximal zulässigen Spannungsfalls untersucht.

Zu der Prüfung des ordnungsgemäßen Betriebs und der Funktion gilt die Besichtigung der elektrischen Betriebsmittel nach Erfüllung der Sicherheitsanforderungen. Unter den Sicherheitsanforderungen sind der Schutz gegen elektrischen Schlag, der Schutz gegen thermische Einflüsse, die Auswahl der Kabel, Leitungen und Stromschienen nach Strombelastbarkeit und Spannungsfall, die Auswahl und Einstellung von Schutz- und Überwachungseinrichtungen, Auswahl der Betriebsmittel unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse (IP Schutzart), Kennzeichnung der Neutral- und Schutzleiter sowie der Stromkreise, Sicherungen, Schalter und Klemmen und die ordnungsgemäße Ausführung aller elektrischen Verbindungen zu prüfen.

Nach dem Funktionstest wird die Inbetriebnahme und Protokollierung vorgenommen. Unter der Protokollierung ist die Erstellung eines Prüfberichts gemeint, bei der die ermittelten Informationen nach der Besichtigung, Erprobung und Messung der zu prüfenden Anlagen zu dokumentieren sind. Anschließend findet eine jährliche oder halbjährliche Wiederholungsprüfung und Wartung nach DGUV Vorschrift 3, einschließlich der Sichtprüfung, Prüfung/Messung der Schutzmaßnahmen, Wartung nach Herstellervorschrift und das Erstellen eines Prüfprotokolls nach DIN VDE 0105-100 mit der Anlage A1 statt.

Zeitgleich müssen für die Inbetriebsetzung nach TAB für den Neuanschluss der Ladesäulen internen Zähler, Zähleranträge und für den Anschluss der elf Ladesäulen, Anmeldungen zum Anschluss an das Niederspannungsnetz gestellt werden. Diese Anträge werden hausintern gestellt und verarbeitet, sodass die Zähler und der Netzanschluss der Ladesäulen in den Bestand aufgenommen werden.

8 Nebenprojekt- private Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge

Neben dem Haupt-Projekt, die Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich flächendeckend zu gestalten, fand im Hintergrund für die weitere Kundenbindung und den Kundengewinn das Projekt der Ladeinfrastruktur für den Privatgebrauch statt. Dieses Projekt bezieht sich lediglich auf den Kundenbereich, der in einem Ein-/Zweifamilienhaus entweder eine eigene Garage oder einen eigenen Stellplatz im Vorgarten besitzt.

Ziel war es eine Ladesäule preisgünstig zu finden, die die technischen Standards erfüllt. Um die technischen Standards zu erfüllen musste diese Ladesäule bzw. Wandladestation OCPP 1.6 fähig sein, sprich eine Daten Management Funktion haben, einen Fehlerstrom Schutzschalter beinhalten und eine Absicherungsmöglichkeit vor Fremdzugriff haben.

Der Kunde bekommt eine Vergünstigung der Wandladestation, welche deutlich günstiger ausfällt, als sich diese selber zu kaufen. Durch die Kooperation mit Smartlab fiel die Recherche und Umsetzung relativ leicht, da nach einer guten Beratung, als auch einem guten Preisangebot die Auswahl auf die ICU EVE Mini fiel. Diese hat jeweils einen Ladepunkt mit einer Leistung von 3 phasig, 11 kW oder 22 kW, als auch einem RFID Scanner für die Authentifizierung. Die Wahl ist mit den Kosten dem Kunden selbst überlassen. Ähnliche Produkte mit derselben Ausstattung, wäre das Modell Wallbe Eco 2.0 oder die Mennekes Amtron.

Abbildung 16: ICU EVE Mini mit einem Ladepunkt

Für den Zugriff auf die Ladestation sorgt der RFID Scanner, den man dann als Kunde der Stadtwerke Brühl mit der Ladekarte freischalten kann. Mit derselben Ladekarte lässt sich auch an den öffentlichen Ladestationen, die mit Ladenetz.de über LISY verbunden sind tanken.

Jedoch wird die Wandladestation nur für die jeweilige Ladekarte des Kunden freigeschaltet, sodass kein Fremdzugriff erfolgen kann. Dies ist durch das OCPP System möglich.

Durch einen separaten Vertrag wird dann die Wandladestation zum herkömmlichen Stromtarif hinzugefügt. Das Angebot gilt nur für Neu-/Kunden der Stadtwerke Brühl.

9 Fazit

Der Prozess einer Projektentwicklung eines solchen Projektes ist an die Einhaltung von Richtlinien und Gesetzen, des Budgets für die Ladesäulen, dem Netzausbau, der Markierungsarbeiten und Tiefbaukosten, sowie der Kosten für Backend Anbieter gebunden. Diese Arbeit hat ergeben, dass für die Projektentwicklung einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur in Brühl, nach Einhaltung der vom BDEW, BMWi und BAV gegebenen Richtlinien und Gesetze, die Mennekes Smart N 22 in Brühl zum Einsatz kommen wird. Neben der Attraktivität von Standorten, ist nach Einhaltung der Förderrichtlinien, auf die Zugänglichkeit und den Markierungsarbeiten an diesen Orten, ebenso auf die technischen Gegebenheiten zu achten. Zu diesen gelten der Kabelquerschnitt und die Transformator Auslastung. Nach der Berechnung der Transformatoren Auslastung durch die Werte der Zähler der Transformatoren, erwies sich, dass im Durchschnitt neben der schon bestehenden durchschnittlichen 44,46 %- und maximalen 62,44 % Last am Transformator, jeweils 4 Ladepunkte dazu geschlossen werden können, ohne die Lastspitze zu erreichen. Die Auslastung von Transformatoren mit 4 Ladepunkten liegt im maximalen bei 84,61 % und in der durchschnittlichen Auslastung bei 66,63 %. Je höher die Auslastung jedoch ist, desto schneller ist der Alterungsprozess der Transformatoren. Die Stadt Brühl verfügt über ausreichend viele attraktive Standorte und dies hat ergeben, dass bis Mitte des 2.Quartal 2019, elf Ladestationen durch die Stadtwerke Brühl aufgestellt werden.

Quellen und Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html (01.12.2018)

https://www.electrive.net/2018/03/05/53-861-elektro-pkw-in-deutschland-bis-ende-2017/ (05.03.2018)

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_svOf6pnfAhXILlAKHWFzDpwQFjABegQIChAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bmwi.de%2FRedaktion%2FDE%2FDownloads%2FV%2Fverordnung-ladeeinrichtungen-elektromobile-kabinettbeschluss.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D3&usg=AOvVaw0x9Q0mLc0aTcuFc4uEgnsD, 17 Seiten (28.10.2014)

https://ladesaeulenregister.de/ueber-uns (01.12.2018)

https://www.einfachstromtanken.de/2018/01/30/zahl-der-oeffentlichen-e-ladestationen-steigt/ (30.01.2018)

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/zweiter-aufruf-zur-antragseinreichung-foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile, 8 Seiten (14.09.2017)

https://www.energieagentur.rlp.de/service-info/die-energieagentur-informiert/aktuelle-meldungen/aktuelles-detail/2-aufruf-zur-foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-gestartet/ (14.09.2017)

http://www.auto-motor-und-sport.de/news/ladestrom-stecker-elektroauto-reichweite-technik-ladestation-12017068.html (11.05.2017)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/renault-zoe-der-beliebte-franzose_5139460_5093780.html (2017)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/der-cityhopper-smart-fortwo-electric-drive_5139462_5093780.html (06.2017)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/der-bmw-i3-setzt-auf-nachhaltigkeit_5139458_5093780.html (2016)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/tesla-model-s-luxus-made-in-usa_5141368_5093780.html (2017)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/vw-egolf-strom-im-golfpelz_5141510_5093780.html (2018)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/schwacher-absatz-in-deutschland-der-nissan-leaf_5141386_5093780.html (2018)

https://www.stromschnell.de/elektroautos/vw-eup-der-nette-kleine-aus-wolfsburg_5139472_5093780.html (2017)

http://www.chemie.de/lexikon/Ladeverfahren.html Andreas Jossen / Wolfgang Weydanz, *Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, U|Books 2006,* ISBN 3-937536-01-9 (2006)

http://www.chemie.de/lexikon/Ladewirkungsgrad.html Andreas Jossen / Wolfgang Weydanz, *Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, U|Books 2006,* ISBN 3-937536-01-9 (2006)

https://www.chemie-schule.de/KnowHow/R%C3%BCckstromladen (18.12.2012)

https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/elektroautos-das-eichrecht-bremst-ladesaeulen-aus/22741264.html (28.06.2018)

https://www.mennekes.de/presse/nachrichten/mennekes-lastmanagement-bietet-ladestabilitaet-und-energieeffizienz-auch-in-spitzenzeiten/ (14.03.2018)

https://emovum-shop.com/Wissenscenter/Lastmanagement (12.12.2018)

https://www.smartlab-gmbh.de/ (01.12.2018)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geschlossene Parkflächen Markierung 12
Eigene Darstellung

Abbildung 2: Öffentlicher Parkfläche, Markierung nach §39 Verkehrszeichen des StVO 12
Eigene Darstellung

Abbildung 3: Typ2, AC-Ladestecker.....17
https://www.nissan.de/fahrzeuge/neuwagen/leaf/reichweite-aufladen.html (12.12.2018)

Abbildung 4: CCS DC Ladestecker 17
https://www.nissan.de/fahrzeuge/neuwagen/leaf/reichweite-aufladen.html (12.12.2018)

Abbildung 5: Dynamisches Lastmanagement 24
http://www.produkte24.com/cy/mennekes-elektrotechnik-5945/charge-up-in-control-mennekes-lastmanagement-2017-69601/seite-6.html, Charge up in Control, Seite 6 (12.12.2018)

Abbildung 6: ICU EVE Datenblatt 27
PDF Dokument: Datenblatt ICU-EVE_de, Seite 2 (12.12.2018)

Abbildung 7: Zähleranschlusssäule 28

Eigene Darstellung (12.12.2018)

Abbildung 8: Mennekes Smart N 22, technische Daten 29
PDF: Technisches Produktdatenblatt Mennekes Smart N 22 (12.12.2018)

Abbildung 9: Zahlungsmethode von Smartlab.....31
https://ladepay.ladenetz.de/detro/detros0008.html#two (12.12.2018)

Abbildung 10: Ladenetz.de- Ladekarte in Europa.....32
https://lademap.viewer.cit-fusion.com/ (12.12.2018)

Abbildung 11: Ladekarte der RheinEnergie 33
https://www.tanke.info/index.php/karte-15_10.html (12.12.2018)

Abbildung 12: Ladekarte von der Partnerschaft WallBe GmbH und PlugSurfing GmbH 34
https://www.plugsurfing.com/de/privatkunden/ladestations-karte.html (12.12.2018)

Abbildung 13: Niederspannungsnetz, Standort Innenstadt 36
Eigene Darstellung aus der Software CAIGOS (12.12.2018)

Abbildung 14: Lastprofil einer Trafostation in Brühl.....37
Eigene Darstellung aus der Zählerfernauslesungs-Software SIGLON (12.12.2018)

Abbildung 15: Auswertung der Trafoauslastung mit einer angeschlossenen Ladesäule.....37
Eigene Darstellung aus der Zählerfernauslesungs-Software SIGLON (12.12.2018)

Abbildung 16: ICU EVE Mini mit einem Ladepunkt.....41
https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiNkuDx7ZffAhUPa1AKHe2qCE4QjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.laadpaaldirect.nl%2Ficu-eve-mini-met-socket-display.html&psig=AOvVaw3hvLvCRT0FiUFf1fE3xQel&ust=1544620394552689
(12.12.2018)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel einer Wirtschaftlichkeitsrechnung.....13
Eigene Darstellung (01.06.2018)

Tabelle 2: Gängige Elektrofahrzeuge in Deutschland 14
Eigene Darstellung (14.06.2018)

Tabelle 3: Technische Daten verschiedener e-Fahrzeuge; PSM (Permanentmagneterregte Synchronmaschine) 15
Eigene Darstellung (15.06.2018)

Formelverzeichnis

$Wirtschaftlichkeitsrechnung$ (1) 13
$Ladezeit$ (2) 16
$Ladezeit\ entladener\ Akkumulatoren$ (3) 19
$Verhältnis\ aufgenommener\ und\ zugeführter\ Ladungen$ (4) 19
$Scheinleistung$ (5) 38
$TransformatorAuslastung$ (6) 38
$Scheinleistung\ der\ Ladesäule$ (7) 38
$Scheinleistung\ eines\ Transformators\ mit\ Ladesäule$ (8) 38