



Marc Diehold, BSc

Sensor Web in der Geoinformation  
Einsatzgebiete in einem Energieversorgungsunternehmen

**MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Diplom-Ingenieur

Masterstudium Geomatics Science

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Ao.Univ.-Prof.i.R. Dr.phil. tit.Univ.-Prof. Norbert Bartelme

Institut für Geodäsie an der Technischen Universität Graz

Graz, Juli 2017

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

---

Datum

---

Unterschrift

## Zusammenfassung

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit Sensor Webs in Zusammenhang mit Geoinformation. Zunächst wird die Frage geklärt, in welcher Form ein Prozess vom Sensor bis zur Analyse abläuft. Kern dieser Arbeit ist die praktische Umsetzung eines Teils dieser Prozesskette. Daten, die bereits zuvor aufgezeichnet und gespeichert wurden, können ausgelesen, weiterverarbeitet und vereinfacht zur Verfügung gestellt werden. Sämtliche untersuchte Anwendungsbeispiele finden sich in Bereichen, die für Energieversorgungsunternehmen und ihre Kunden von Relevanz sind.

Die Elektromobilität ist zurzeit in einem Aufschwung. Das zeigen die Verkaufszahlen deutlich. Die Energie Steiermark betreibt im gesamten Gebiet des Bundeslandes Steiermark ein Netz an Stromtankstellen. Das Unternehmen benutzt eine Cloudlösung, von der die Daten über eine Softwareschnittstelle ausgelesen werden können. Behandelt wird in dieser Arbeit nicht nur die Umsetzung der Datenverarbeitung und Schnittstellenbereitstellung. Es wird auch ein Blick auf die Elektromobilität, deren Geschichte sowie Anschlusstypen und Standards in diesem Bereich geworfen. Dies ist erforderlich, um die ausgelesenen Informationen auch korrekt interpretieren zu können.

Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall des Sensor Webs in einem Energieversorgungsunternehmen sind Smart Meter. Diese werden allerdings nur theoretisch abgehandelt. Zusätzliche Beispiele des Sensor Webs bei der Energie Steiermark sind Wetterinformationen, die sowohl zur Planung, als auch für das Monitoring verwendet werden können. Auch soziale Medien spielen in diesem Kontext eine Rolle. Der Kurznachrichtendienst Twitter bietet hierfür eine entsprechende Schnittstelle, welche in der Implementierung verwendet wird. Abschließend werden mögliche Szenarien behandelt, die zeigen sollen, inwiefern die verwendeten Sensordaten im Kontext der Geoinformation genutzt werden können.

## Abstract

This master thesis deals with Sensor Webs relating to geographic/geospatial information. First, the question is clarified in which form a process runs from the sensor to the analysis. The core topic of this master thesis is the practical implementation of a part of this process chain. Data previously recorded and stored can be read out, further processed and simplified. All investigated applications can be found in the areas of relevance to energy supply companies and their customers.

Electromobility is currently booming, as the sales figures clearly show. Energie Steiermark is operating a network of charging stations throughout the province of Styria. The company uses a cloud solution, from which the data can be read out via an Interface. This work deals not only with the implementation of data processing and interface provision. There will also be a look at electromobility, its history and different connector types. This part is not directly connected with sensor web enablement, but it is necessary to interpret the sensors.

Another important application of the sensor web in a power supply company are smart meters. They are discussed in theory, but no software implementation. Additionally, Energie Steiermark uses weather information for planning as well as monitoring purposes. Another application are social media platforms. Twitter (a short message service) provides an interface for this purpose. The implementation uses this interface. Finally, some scenarios are discussed, showing how to use sensor data in the context of geographic/geospatial information.

# Inhalt

|   |      |
|---|------|
| Zusammenfassung.....  | III  |
| Abstract.....   | IV   |
| Abbildungsverzeichnis.....  | VIII |
| Tabellenverzeichnis .....   | IX   |
| Danksagung .....  | X    |
| 1 Einleitung.....   | 1    |
| 1.1 Zielsetzung .....   | 1    |
| 1.2 Methodik und Aufbau der Arbeit .....                              | 2    |
| 2 Sensor Web-Prozessierung .....                                      | 3    |
| 2.1 Erfassung der Daten .....   | 4    |
| 2.2 Datensammlung.....  | 4    |
| 2.3 Anreicherung der Daten.....                                       | 5    |
| 2.4 Speicherung .....   | 5    |
| 2.5 Datenmodellierung .....   | 6    |
| 2.6 Analyse .....   | 6    |
| 3 Elektromobilität .....  | 7    |
| 3.1 Geschichte der Elektromobilität.....                              | 7    |
| 3.1.1 Die Anfänge der Elektromobilität und der erste große Boom ..... | 7    |
| 3.1.2 Elektromobilität zwischen 1920 und 1990 .....                   | 9    |
| 3.1.3 Die Renaissance der Elektrofahrzeuge .....                      | 11   |
| 3.1.4 Beginn der aktuellen Elektrofahrzeugwelle.....                  | 12   |
| 3.2 Speicherung von Energie zur Nutzung in Elektrofahrzeugen .....    | 14   |
| 3.5 Elektrotechnische Grundlagen .....                                | 17   |
| 3.6 Ladestationen .....   | 18   |
| 3.7 Steckertypen.....   | 19   |
| 3.7.1 Typ 1 - Stecker SAE J1772.....                                  | 19   |

|   |    |
|---|----|
| 3.7.2 Typ 2 – Stecker IEC 62196 .....                       | 21 |
| 3.7.3 Combined-Charging-System (CCS).....                   | 21 |
| 3.7.4 CHAdeMO .....   | 23 |
| 3.7.5 Tesla Supercharger.....                               | 24 |
| 3.7.6 5-polige CEE-Drehstromsteckdose 400 Volt .....        | 25 |
| 3.7.7 3-polige CEE-Wechselstromsteckdose 230 Volt .....     | 27 |
| 3.7.8 Schukostecker .....                                   | 28 |
| 3.8 Mögliche Nutzer von E-Tankstellen .....                 | 29 |
| 3.8.1 Hybrid-Fahrzeuge.....                                 | 29 |
| 3.8.2 Einspurige Elektrofahrzeuge .....                     | 29 |
| 3.9 Alternative Konzepte .....                              | 30 |
| 3.9.1 Batteriewechselsysteme .....                          | 30 |
| 4 Internet of Things IoT .....                              | 31 |
| 4.1 Der Weg zu den vernetzten Sensoren .....                | 31 |
| 4.2 OGC .....   | 33 |
| 4.2.1 Sensor Web Enablement.....                            | 33 |
| 4.3 REST-API.....   | 35 |
| 4.4 Umsetzung der Software .....                            | 39 |
| 4.4.1 Manuelle Abfrage.....                                 | 39 |
| 4.4.2 Automatisierung .....                                 | 41 |
| 4.4.3 Entscheidung.....                                     | 43 |
| 4.5 Umsetzung der Software .....                            | 43 |
| 4.5.1 Wahl der Programmiersprache.....                      | 43 |
| 4.5.2 Konsole vs. GUI .....                                 | 44 |
| 4.6 Umsetzung der einzelnen Arbeitsschritte .....           | 44 |
| 4.6.1 Eigene Formatierung.....                              | 46 |
| 4.7 Datenstruktur .....                                     | 53 |
| 4.7.1 Datenstruktur des Energieversorgungsunternehmens..... | 54 |

|  |    |
|--|----|
| 4.7.2 Datenstruktur aus der Cloudlösung .....                        | 56 |
| 4.7.3 Ballade-Schema .....   | 57 |
| 4.7.4 Eigene Datenstruktur .....                                     | 59 |
| 4.8 Entscheidung .....   | 60 |
| 4.9. Vorstellung des Programms .....                                 | 61 |
| 4.10 Einbindung in den Integrator .....                              | 63 |
| 4.10.1 Abfragemöglichkeiten der Stromtankstellen.....                | 64 |
| 4.10.2 Implementierung der Befehle in den Integrator .....           | 65 |
| 5 Untersuchung weiterer geeigneter Schnittstellen .....              | 68 |
| 5.1 Smart Meter.....   | 68 |
| 5.2 Wetterdaten.....   | 69 |
| 5.2.1 Zugriff auf die openweathermap-Schnittstelle.....              | 70 |
| 5.2.2 Einbindung der Daten aus openweathermap in den Integrator..... | 72 |
| 5.3 Twitter-Schnittstelle .....                                      | 76 |
| 5.3.1 Authentifizierungsverfahren .....                              | 76 |
| 5.3.2 Einbindung in den Integrator .....                             | 78 |
| 6 Mögliche Anwendungsbeispiele .....                                 | 79 |
| 6.1 Verschiedene Nutzungsszenarien der verfügbaren Daten .....       | 79 |
| 6.1.1 Szenario 1: Stromtankstellen und Wetterdaten.....              | 79 |
| 6.1.2 Szenario 2: Stromtankstellen als Service-Punkt .....           | 82 |
| 6.1.3 Szenario 3: Management eines Netzbetreibers .....              | 83 |
| 7 Ausblick und Fazit .....   | 85 |
| Quellenverzeichnis.....  | 87 |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Milchauslieferungswagen mit Elektroantrieb (milk floats) (Wikimedia Commons).....                                   | 9  |
| Abbildung 2: Tama, Elektrofahrzeug aus dem Jahr 1947 (Wikimedia Commons)....   | 10 |
| Abbildung 3: Nissan Leaf der ersten Generation ( <a href="http://zh.wikipedia.org/wiki/日产聆风">zh.wikipedia.org/wiki/日产聆风</a> )... | 13 |
| Abbildung 4: Elektrobus von CRRC in Graz (Flickr) .....  | 15 |
| Abbildung 5: Typ1-Stecker (Wikimedia Commons) .....  | 19 |
| Abbildung 6: Combined Charging Stecker Typ 2 (Wikimedia Commons) .....   | 22 |
| Abbildung 7: CHAdeMO-Stecker (Wikimedia Commons) .....   | 24 |
| Abbildung 8: Tesla Supercharger-Typ 2-Stecker (Wikimedia Commons) .....  | 25 |
| Abbildung 9: 5-polige CEE-Drehstromsteckdose 400 Volt .....  | 26 |
| Abbildung 10: 3-polige CEE-Wechselstromsteckdose 230 Volt.....   | 27 |
| Abbildung 11: Ballade Schema (Santillan) .....   | 57 |
| Abbildung 12: Hauptfenster.....  | 61 |
| Abbildung 13: Tabellenfenster.....   | 62 |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: Lademodi bei Gleichstromladung .....                         | 20 |
| Tabelle 2: Wichtige http-Methoden .....                                 | 35 |
| Tabelle 3: Parameter zur Anforderung einer Sitzungsberechtigung .....   | 45 |
| Tabelle 4: Parameter für eine Abfrage der Stromtankstellen .....        | 45 |
| Tabelle 5: Informationen zur Ladeinfrastruktur an einem Standort .....  | 46 |
| Tabelle 6: Technische Informationen zur Ladesäule .....                 | 47 |
| Tabelle 7: Parameter für Vermarktungszwecke .....                       | 48 |
| Tabelle 8: Zusätzliche Parameter .....                                  | 48 |
| Tabelle 9: Anschlussbeschreibung der Stromtankstellen .....             | 49 |
| Tabelle 10: Chargepointstatus (Angabe des aktuellen Ladestatus) .....   | 50 |
| Tabelle 11: Mögliche Spannungen und Stromstärken Wechselstrom .....     | 50 |
| Tabelle 12: Technische Angaben, sofern kein Wechselstromsystem .....    | 50 |
| Tabelle 13: Verfügbare Steckertypen in der Cloudlösung .....            | 51 |
| Tabelle 14: Lademodi .....  | 52 |
| Tabelle 15: Datenschema der Energie Steiermark .....                    | 54 |
| Tabelle 16: Weitere Parameter des Datenmodells Energie Steiermark ..... | 54 |
| Tabelle 17: Datenschema der Cloudlösung .....                           | 56 |
| Tabelle 18: Ballade-XML-Schema .....                                    | 58 |
| Tabelle 19: Konzept eines eigenen Datenmodells .....                    | 59 |
| Tabelle 20: Abfrageparameter Stromtankstellen .....                     | 64 |
| Tabelle 21: Erstellte Schnittstellenbefehle (Stromtankstellen) .....    | 66 |
| Tabelle 22: Auswahlmöglichkeiten des Orts bei der Wetter-Abfrage .....  | 73 |
| Tabelle 23: Auswahl Wetter oder Prognose .....                          | 73 |
| Tabelle 24: Auszug aus dem Ergebnisprotokoll (Wetterdaten) [1] .....    | 74 |
| Tabelle 25: Auszug aus dem Ergebnisprotokoll (Wetterdaten) [2] .....    | 74 |
| Tabelle 26: Auszug aus dem Ergebnisprotokoll [3] .....                  | 75 |
| Tabelle 27: Mögliche Twitter-Abfragen im Integrator .....               | 78 |

## Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich bei allen, die mir bei der Erstellung dieser Masterarbeit zur Seite gestanden sind.

Besonderer Dank gilt Herrn Ao.Univ.-Prof.i.R. Dr.phil. tit.Univ.-Prof. Norbert Bartelme für die Unterstützung und Betreuung dieser Arbeit.

Ich bedanke mich auch bei der Energie Steiermark für die Kooperation und die Möglichkeit, einen Einblick in die praktische Welt der Sensoren am Beispiel Stromtankstellen zu erhalten. Namentlich erwähne ich dazu Herrn Abteilungsleiter Dipl.-Ing. Werner Samhaber sowie Herrn Gregor Zahrer, MSc und Herrn Dipl.-Ing. Jürgen Gestaltmaier von der Energienetze Steiermark und Ing. Michael Messner von der Energie Steiermark Technik, welche mich durch das Projekt begleitet und mich tatkräftig unterstützt haben.

Weiterer Dank gilt Herrn Daniel Santillan, der mir Informationen über das Ballade-Schema zur Verfügung gestellt hat.

Des Weiteren bedanke ich mich außerdem bei meiner Freundin Jenny, meinen Eltern, sowie meinen Studienkollegen, die mir am Weg zu dieser Arbeit zur Seite gestanden sind.

# 1 Einleitung

Die Geoinformation erlebt seit einigen Jahrzehnten einen ständig wachsenden Zuspruch. Durch die Technisierung unserer Gesellschaft und den Durchbruch der internetfähigen Mobilgeräte wurde auch die Geoinformation mobil. Die erste Dekade des 21. Jahrhunderts hat viele Entwicklungen mit sich gebracht. In vielen Taschen, Fahrzeugen und Geräten stecken kleine Computer, die sowohl einen Internetzugang, als auch eine Positionierungsmethode zur Verfügung stellen. Immer mehr Geräte kommunizieren untereinander und mit den Menschen.

In diesem Zusammenhang wird vom Begriff „Internet of Things“ (Internet der Dinge) gesprochen. Die Informatik und Telematik arbeitet an verschiedenen Kommunikationsmethoden. Dies ist nicht Bestandteil dieser Arbeit.

In der Geoinformation geht es im Zusammenhang mit „Internet of Things“ (IoT) darum, die Daten, die damit erfasst wurden zu ordnen und zu sinnvollen Anwendungen zu verknüpfen. Schwerpunkt sind dazu Datensätze, die Ortsangaben in Form von Koordinaten beinhalten.

Wer mit unterschiedlichen Daten arbeitet, findet sich meistens vor dem Problem der fehlenden Interoperabilität. Dies bedeutet, es werden zwar viele Daten generiert, diese können aber oft nur mit großen Hürden verknüpft werden. Diese Masterarbeit wurde in Kooperation mit dem Energieversorgungsunternehmen Energie Steiermark erstellt. Kontaktdaten zum für das Entstehen dieser Arbeit wichtigen Unternehmen finden sich im Quellenverzeichnis.

## 1.1 Zielsetzung

Es gibt in diesem Bereich schier unendlich viele Anwendungsbeispiele. Die grundsätzliche Zielsetzung dieser Arbeit ist die Ausarbeitung von Möglichkeiten, Sensordaten, die über eine Schnittstelle angeboten werden, auszulesen. Dies soll auch in mindestens einem Fall praktisch umgesetzt werden. Es ist zu untersuchen, in welcher Form diese Daten weiterverarbeitet werden können. Die Findung eines Standards ist wünschenswert, aber nicht Voraussetzung. Sämtliche benutzte Sensoren sollten in einem Energieversorgungsunternehmen Anwendung finden.

Aktuell erlebt die Elektromobilität einen Boom. Noch nie wurden so viele Elektrofahrzeuge verkauft, als in den letzten 10 Jahren. Die elektronischen Elemente dieser Fahrzeuge, wie auch die Fahrzeuge selbst können ebenfalls als „Sensoren“ bezeichnet werden. Für ein Energieversorgungsunternehmen sind aber die Lademöglichkeiten interessanter. In diesem Zusammenhang soll sich ein Teil der Arbeit auch mit der Elektromobilität und der Interoperabilität von Steckertypen beschäftigen.

Daneben soll es in dieser Arbeit um Smart Meter gehen. Die intelligenten Stromzähler ermöglichen eine nahezu Echtzeit-Kommunikation. Der Stromverbrauch kann jederzeit ermittelt werden, eine zeitgesteuerte Verwendung von verbrauchsstarken Geräten ist möglich.

Für den praktischen Teil dieser Arbeit ist eine Software vorgesehen, die aufbauend auf den theoretischen Erkenntnissen eine Abfrageroutine implementiert.

## 1.2 Methodik und Aufbau der Arbeit

Wie für jede wissenschaftliche Arbeit ist eine Literaturrecherche unabdingbar. Aufgrund der ständig wechselnden Technologien wurden hier hauptsächlich Quellen aus dem World Wide Web verwendet. Der Aufbau der Arbeit wurde in sechs Arbeitspakete untergliedert, um organisatorische Probleme zu vermeiden. Dies war insbesondere auch deshalb nötig, da mit der Energie Steiermark ein großes Energieversorgungsunternehmen beteiligt war, das zeitgerecht Daten zur Verfügung stellen sollte.

Im ersten Arbeitspaket wurden die Grundlagen für diese Arbeit geschaffen. Eine grundlegende Recherche und die Zuordnung der Aufgaben in die Arbeitspakete wurde vorgenommen. Ein Teilbereich des Pakets war auch die Beschäftigung mit der Elektromobilität im Allgemeinen.

Arbeitspaket zwei bestand aus der Konzeption des praktischen Teils. Es sollte überlegt werden, wie die zur Verfügung gestellte Schnittstelle genutzt und die Datenaufbereitung implementiert werden kann.

Das dritte Arbeitspaket beinhaltet die Umsetzung des praktischen Teils. Aufbauend auf eine Softwareschnittstelle wurde ein Programm implementiert, in dem Datenabfragen und Datenaufbereitungen vorgenommen werden können. Mehrere Ausgabeformate sollten dabei untersucht werden.

Im vierten Paket wurden die in den ersten drei Paketen erworbenen Erkenntnisse auf weitere Anwendungsgebiete ausgedehnt. Dies sollte ursprünglich nur theoretisch erfolgen, es wurde allerdings auch für Wetterdaten und Social-Media-Posts (Twitter) praktisch umgesetzt.

Das fünfte Arbeitspaket behandelt drei mögliche Szenarien, inwiefern die gewonnenen Daten in Geoinformationsanwendungen genutzt werden können.

Auch wenn eine ständige Dokumentation bei einer Masterarbeit unabdingbar ist, wurde ein eigenes Arbeitspaket am Schluss vorgesehen, um die schriftliche Dokumentation entsprechend anzupassen.

## 2 Sensor Web-Prozessierung

Nimmt man ein entsprechendes Smartphone zur Hand und nutzt eines der Testprogramme, mit denen es möglich ist, Sensoren auszulesen, kann man einfach und schnell sehen, über welche Erfassungsmöglichkeiten ein Mobilgerät dieser Klasse verfügt. Daten werden dabei erfasst und vom Betriebssystem des Geräts so verarbeitet, dass eine Anzeige am Display möglich wird. Dieser Vorgang beschreibt allerdings nur den Vorgang mit einzelnen Sensoren an einem Gerät.

Verwendet man sehr viele Geräte und möchte man diese mit möglichst vielen Metadaten anreichern, so benötigt man einen einheitlichen Vorgang, der die Daten vom Gerätesensor in eine Datenbank bringt. Möchte man diese Daten auch auswerten, so müssen weitere Arbeitsschritte vorgenommen werden.

Die Ansammlung dieser Arbeitsschritte kann als Sensor Web-Prozessierung bezeichnet werden. Die Arbeitsschritte wurden einer Präsentation über Internet of Things von Microsoft, die am 24.11.2016 in Wien stattgefunden hat, entnommen<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Webseite der Microsoft-IoT Veranstaltung im Quellenverzeichnis angegeben

## 2.1 Erfassung der Daten

Der eigentliche Sensor wird auch als Tracker bezeichnet. Unabhängig davon, ob es sich tatsächlich um einen technischen Sensor (beispielsweise Lichtsensor) handelt, oder ob es im weiteren Sinne auch der Mensch ist, wobei beim Mensch in diesem Fall die Sinnesorgane gemeint sind. Ein Beispiel wäre, ein Mensch sieht ein Ereignis oder hört ein Geräusch.

Tracker findet man in vielen verschiedenen Anwendungsbereichen. In der Photogrammetrie ist dies die Kamera. Aber auch Positionierungssensoren (wie beispielsweise ein Satellitenpositionierungssensor) erfassen Daten. Im Gesundheitsbereich finden sich ebenfalls Tracker. Hier sind zum einen einfache Fitness-Tracker möglich, im medizinischen Bereich kann eine umfangreiche Überwachung der Vitalwerte durchgeführt werden.

Ein Tracker erfasst somit Daten, die in einem weiteren Schritt gesammelt und aufbereitet werden können.

## 2.2 Datensammlung

Die erfassten Daten müssen vorübergehend gespeichert, beziehungsweise zum Senden vorbereitet werden. Im Falle eines Lichtsensors kann dies bedeuten, dass die Daten vom Sensor über die Steuereinheit zu einem Server übertragen werden.

Im Fall Mensch als Sensor könnte man sich die Sinneswahrnehmung und die Einarbeitung in ein elektronisches System darunter vorstellen. Der gewonnene Eindruck wird vom Gehirn verarbeitet und über eine Dateneingabe ins Internet gestellt. In der Praxis könnte dies ein Eintrag in einer Social-Media-Plattform sein.

Im Sinne des Sensor Webs kann in diesem Schritt auch die temporäre Aufzeichnung der Daten gemeint sein. So kann ein Fitness-Tracker die Daten speichern und eine Zeitreihe erstellen, die erst bei erneuter Synchronisation (über eine Internetverbindung) die Daten zu einem Server schicken kann. In diesem Fall geschieht bereits ein Teil des dritten Schrittes (Anreicherung der Daten) bereits bei der Datensammlung.

## 2.3 Anreicherung der Daten

Der nächste Schritt versucht die gewonnenen Daten mit Metadaten anzureichern und die Datenwolke zu ordnen. Ein Server, der Daten von Lichtsensoren speichert, ordnet beispielsweise den Daten einen Zeitpunkt zu und fügt den ausgelesenen Daten (sofern vorhanden) geografische Koordinaten, sowie technische Gerätedaten an.

Auch beim Beispiel Mensch als Sensor kann damit gemeint sein, dass Metadaten, wie Schlagwörter (Hashtags), Zeitstempel oder Koordinaten mitgespeichert werden.

Bei der Anreicherung der Daten werden aus den einzelnen Daten des Trackers (oder mehrerer Tracker) Datensätze generiert. Zusätzlich können weitere Informationen, wie Orts- und Zeitinformationen der Datenerfassung dem Datensatz angefügt werden. Es muss auch entschieden werden, ob alle erfassten Daten in ein System eingefügt werden oder ob Daten verworfen werden müssen, da im Speichermodell kein geeignetes Attributfeld verfügbar ist.

## 2.4 Speicherung

Eine Datenvielfalt sollte über eine geeignete Speicherinfrastruktur verfügen. Prinzipiell muss dazu ein Datenmodell vorhanden sein. Ein Datenmodell zeigt die Datenbank mit ihren Tabellen und deren Verknüpfungen. Eine Spalte innerhalb einer Tabelle nennt man Tupel oder Datensatz. Um Tupel voneinander unterscheiden zu können, muss jeder Tabelle über eine Spalte über einen eindeutigen Identifikator verfügen. Diesen nennt man Primärschlüssel. Ein Beispiel für einen Primärschlüssel kann eine fortlaufende Identifikationsnummer sein. Bei den Sensoren, die mit dem Internet verbunden sind, bietet sich auch die MAC-Adresse an. MAC steht für Media-Control-Access. Eine MAC-Adresse ist eine eindeutige Identifikationsnummer jedes Netzwerkadapters.

In den vorigen Abschnitten wurden einmal ein Lichtsensor und einmal der Mensch als Sensorbeispiel genannt. In beiden Fällen würde eine Datenbank auf einem Server existieren. Beim Lichtsensor könnte dies beispielsweise die Datenbank einer Kommune sein, die über die erfassten Daten die Straßenbeleuchtung steuert. Beim Menschen als Sensor könnte man von der Datenbank eines sozialen Netzwerks ausgehen. Eine Schnittstelle sollte eine Ausgabemöglichkeit bieten.

## 2.5 Datenmodellierung

Die gespeicherten Daten sind wertlos, sofern Zugriff und Modellierung nicht möglich sind. Zunächst muss eine Ausgabe über ein eindeutiges Format möglich sein. In diesem Fall geht es allerdings nicht wie im vorigen Abschnitt um Datenbankmodellierung, sondern um die Struktur der Datenausgabe. Es muss dabei definiert werden, welche Datensätze und welche Attribute einer Tabelle ausgegeben werden sollen. Weiters muss bekannt sein, in welchem Format dies erfolgt. Zum einen kann ein herkömmliches Textdokument für die Ausgabe verwendet werden, zum anderen können spezielle Dateiformate verwendet werden.

Dieser Arbeitsschritt ist Kernpunkt des praktischen Teils dieser Masterarbeit. Bereits erfasste Daten liegen in einer Datenbank und sollen über eine Schnittstelle abgerufen beziehungsweise weiter aufbereitet werden.

Um den beiden Beispielen aus den bisherigen Abschnitten zu folgen, wäre hier im Fall des Lichtsensors ein Datenabruf über eine Softwareschnittstelle denkbar, über die ein Textdokument generiert werden kann. Beim zweiten Beispiel (Mensch als Sensor) wäre dies ebenfalls denkbar. Die Abfrage könnte über eine Softwareschnittstelle eines sozialen Netzwerks erfolgen.

## 2.6 Analyse

Endpunkt der Verarbeitungskette ist die Analyse. Hierbei können verschiedene Fragen gestellt werden, die anhand der Daten zu beantworten sind. Ein Beispiel wäre: Wie viele Einträge in einer Social-Media-Plattform gibt es über ein bestimmtes Thema? Wo befinden sich die Nutzer, die über ein gewisses Thema Texte verfassen?

Analysen können als Planungsgrundlage dienen. Am Beispiel der Stromtankstellen könnte eine Analyse zeigen, welche Ladesäulen häufig benutzt werden und welche kaum in Verwendung sind. Der Ladesäulenbetreiber kann darauf reagieren und sein Angebot entsprechend adaptieren. In der Geoinformation wären auch Erreichbarkeitsanalysen denkbar. Es könnte herausgefunden werden, welche Regionen oder Stadtteile nicht ausreichend von Ladeinfrastrukturen versorgt werden.

## 3 Elektromobilität

Die vorherigen Abschnitte haben einen Überblick über die in dieser Masterarbeit behandelte Thematik gegeben. Das vorliegende Kapitel gibt einen Einblick in die Elektromobilität und versucht einen Überblick über die verschiedenen Steckertypen herzustellen. Dies ist im Hinblick auf die nachfolgenden Abschnitte nötig, um die ausgelesenen Daten interpretieren zu können. Dieses Kapitel behandelt allerdings ausschließlich die Elektromobilität selbst und kann bei ausschließlicher Interesse an anderen Sensoren übersprungen werden.

### 3.1 Geschichte der Elektromobilität

#### 3.1.1 Die Anfänge der Elektromobilität und der erste große Boom

Im 18. Jahrhundert gelang es erstmals einen Dampfwagen zu bauen. Der französische Militäringenieur Nicolas Cugnot<sup>2</sup> baute einen dreirädrigen Dampfwagen, der als Artilleriezugmaschine verwendet werden sollte. Der erste Wagen mit Verbrennungsmotor wurde im Jahr 1804 vom Schweizer Isaac de Rivaz gebaut. Als Motor wurde ein Zweitakt-Explosionsmotor eingebaut<sup>3</sup>. Schon in den 1830er-Jahren (je nach Quelle 1832 oder 1834) wurde das erste Elektrofahrzeug, ein Elektrokarren vom Schotten Robert Anderson in Aberdeen hergestellt<sup>4</sup>. Im Jahr 1860 wurde von Jean-Joseph Étienne Lenoir das erste Auto mit Gasmotor gebaut<sup>5</sup>. 1886 baute Carl Benz das erste in Serie gefertigte Automobil mit Verbrennungsmotor<sup>6</sup>. Noch vor der „Geburtsstunde“ des „modernen“ Automobils wurde 1881 vom Franzosen Gustave Trouvé das erste Elektroauto gebaut. Die Höchstgeschwindigkeit des Gefährts lag bei 12 km/h<sup>4</sup>. Es wurde ein Bleiakku verwendet.

Im Jahr 1988 wurde der Flockenwagen hergestellt. Der Elektrowagen war das erste deutsche Elektromobil, das eine größere Popularität erreichte<sup>7</sup>.

---

<sup>2</sup> S.I.A., 1989

<sup>3</sup> Wikipedia, 2017

<sup>4</sup> Hassanzada T., 2011

<sup>5</sup> Reschke, J., 2017

<sup>6</sup> Keller, M., 2017

<sup>7</sup> Haag, F., 2014

Im Jahr 1894 wurde von dem Batterieexperten Pedro Salom und dem Ingenieur Henry G. Morris ein Fahrzeug namens „Elektrobat“<sup>8</sup> entwickelt. Die Reichweite der Fahrzeuge lag bei 80-160 km (das entspricht der Reichweite der Elektrofahrzeuge im Jahr 2010). Die Geschäftsidee ihres Unternehmens war eine Taxi-Flotte in New York, die nur aus Elektrofahrzeugen bestehen sollte. Sie verkauften die Firma allerdings wenig später<sup>8</sup>.

Im Jahr 1899 waren 90% aller New Yorker Taxis Elektroautos<sup>8</sup>. Es wurden die von der Electric Vehicle Company gebauten Hansom-Cabs verwendet. Sowohl Privatkunden, als auch Taxibesitzer konnten die Fahrzeuge nicht kaufen, sondern ausschließlich mieten. Ein Ansatz, der auch später versucht wurde (General Motors EV1<sup>9</sup>).

Für die Kunden war das damals allerdings keine Neuerung. Sie kannten das Konzept von Mietställen und Relaisstationen. In Servicestationen wurden die Fahrzeuge gewartet und die Batterien ausgetauscht.

Im Jahr 1899 waren auf den Straßen der USA 1575 Elektroautos unterwegs, während nur 929 Benzinfahrzeuge vorhanden waren. In Berlin hingegen waren im Jahr 1908 971 motorisierte Taxis unterwegs. Davon lediglich 228 mit Elektroantrieb<sup>8</sup>.

Ferdinand Porsche baut das erste Hybridautomobil. Ein Verbrennungsmotor erzeugt über einen Generator den Strom, der in die Batterien eingespeist wird<sup>8</sup>.

Obwohl schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Probleme heutiger Elektroautos vorhanden waren (wenig Reichweite, lange Ladezeiten, schwere Akkumulatoren), hatten die elektrisch betriebenen Fahrzeuge einen Vorteil: Elektrofahrzeuge konnten einfach gestartet werden. Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotor mussten hingegen mit einer Kurbel gestartet werden. Bei Benutzen der Metallkurbel bestand Verletzungsgefahr. 1912 wurde der „Self Starter“ von Charles Kettering in den USA erfunden. Dies ermöglichte einen reibungslosen Start. Durch ein wachsendes Tankstellennetz konnte der Verbrennungsmotor den Elektromotor in Komfort und Reichweite überbieten<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Hassanzada T., 2011

<sup>9</sup> General Motors, 1999

Ein weiterer Umstand war der damals relativ günstige Treibstoff. So kostete ein Liter Benzin 0,90 Mark<sup>10</sup>. Außerhalb der Städte war die Elektrizitätsversorgung nur unzureichend ausgebaut.

Autos mit Verbrennungsmotoren wurden günstiger in der Anschaffung, leistungsfähiger und die Reichweite stellte dank des schnellen Tankvorgangs kein Problem mehr dar.

### 3.1.2 Elektromobilität zwischen 1920 und 1990

Der große Boom der batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge war mit der Erfindung des „Self Starters“ und dem Ausbau der Tankstelleninfrastruktur vorbei<sup>11</sup>. Weiterhin Zuspruch bekamen Elektrofahrzeuge in Bereichen, wo kein Akku eingesetzt werden musste, beispielsweise bei Straßenbahnen, Elektrolokomotiven, dieselektrischen Antrieben oder bei Oberleitungsbussen.

Das „Batterieauto“ hingegen fristete ein Nischendasein. Beispiele sind die milk floats (Abbildung 1) in den USA und in Großbritannien oder diverse Versuche und Projekte.



Abbildung 1: Milchauslieferungswagen mit Elektroantrieb (milk floats) (Wikimedia Commons)

<sup>10</sup> Bürklin, J.-M., 2017

<sup>11</sup> Hassanzada T., 2011

In Japan suchte nach dem zweiten Weltkrieg die Firma Tachikawa Hikoki ein neues Betätigungsfeld. Der einstige Flugzeugbauer musste sich auf Grund des Verbotes Flugzeuge herzustellen auf Kraftfahrzeuge konzentrieren. Allerdings war Kraftstoff sehr teuer, da er in Japan kaum vorhanden war. Man baute daher mit dem Tama ein Kraftfahrzeug mit einem 3,3 kW Elektromotor und Bleiakumulatoren<sup>12,13</sup>.

Die Reichweite lag bei 65 km, das Fahrzeug konnte eine maximale Geschwindigkeit von 35 km/h erreichen. Es wurden danach zwei Nachfolgefahrzeuge gebaut (Tama Junior und Tama Senior). Schon im Jahr 1952 wurden die Fahrzeuge von dem Prince Sedan abgelöst. Dieser hatte wieder einen Verbrennungsmotor<sup>12,13</sup>.



Abbildung 2: Tama, Elektrofahrzeug aus dem Jahr 1947 (Wikimedia Commons)

<sup>12</sup> Nissan Heritage Collection, 2017

<sup>13</sup> Society of Automotive Engineers of Japan, 2017

### 3.1.3 Die Renaissance der Elektrofahrzeuge<sup>14</sup>

Anfang der 1990er Jahre wurde in Kalifornien das California Air Resources Board gegründet. Ziel dieser Einrichtung war in erster Linie die Verbesserung der Luftqualität. Umweltbelastungen und Emissionen von Fahrzeugen sollten eingedämmt werden. Um die Autohersteller auch gesetzlich verpflichten zu können, wurde 1990 das „Clean Air Act“<sup>15</sup> und „Zero Emission Mandate“ in Kraft gesetzt. Dabei war ursprünglich vorgesehen, dass bis zum Jahr 1998 bereits 2% aller neu zugelassenen Kraftfahrzeuge im Betrieb emissionsfrei sein müssen. Bis zum Jahr 2003 hätte diese Zahl auf 10% steigen sollen.

In Bezug auf dieses Gesetz bauten mehrere Hersteller Elektrofahrzeuge. Neben den Umbauten, wie dem Toyota RAV4 EV oder den VW Golf CitySTROMer (dabei wurde ein Verbrennungskraftfahrzeug mit einem Elektromotor ausgestattet), wurden auch Neuentwicklungen auf den Markt gebracht. Ein sehr bekannter Vertreter aus dieser Zeit ist der EV1 von General Motors. Die Produktionskosten der Traktionsbatterie lagen allerdings bei 20.000 US-Dollar<sup>16</sup>.

In den Jahren 1996-1999 wurden insgesamt 1100 GM EV1, 1500 Toyota RAV4 EV und 220 Nissan Hypermini hergestellt<sup>14</sup>.

Nach diesem ersten kleinen Boom der Elektroautos, intervenierte die etablierte Öl- und Automobilindustrie. In Medien wurde berichtet, dass Elektroautos gravierende Nachteile hätten. Ein Großteil der Fahrzeuge (beispielsweise fast alle GM EV1) wurden an die Kunden nur verleast. Nach Ablauf der Vertragslaufzeit wurden die Fahrzeuge von GM zurückgeholt und verschrottet. Neuwagen wurden aus „wirtschaftlichen“ Gründen nicht mehr gebaut. Der Druck der Öl- und Automobillobby führte zum Ende der strengen Vorgaben in Kalifornien. Die Elektroautos waren in den Vereinigten Staaten schnell wieder verschwunden<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Who killed the electric car, 2006

<sup>15</sup> EPA, 1990

<sup>16</sup> General Motors, 1999

Unabhängig von den Fahrzeugen für den nordamerikanischen Markt wurden vom französischen PSA-Konzern in den Jahren 1996 bis 2005 etwa 10.000 Elektroautos hergestellt. Dabei wurden die Modell Peugeot 106, Peugeot Partner, Citroen Saxo und Citroen Berlingo ab Werk mit Elektromotoren ausgestattet. Diese Modelle waren in Frankreich, den Benelux-Staaten und in England erhältlich<sup>17</sup>.

Im Jahr 1997 setzte Toyota neben dem RAV4 EV auf ein anderes Konzept. Statt einem vollelektrischen Fahrzeug, entschied man sich für die Entwicklung eines Hybrid-Fahrzeuges, einer Kombination aus Elektro- und Verbrennungsmotor. Vom damals auf den Markt gebrachten Toyota Prius Hybrid wurden von 1997 bis Ende 2016 mehr als 9 Millionen Fahrzeuge verkauft<sup>18</sup>.

### 3.1.4 Beginn der aktuellen Elektrofahrzeugwelle

Die Rückkehr der Elektrofahrzeuge in Serie gelang dem US-Amerikanischen Unternehmen Tesla Motors. Am 24. Juli 2006 wurde das Modell Tesla Roadster vorgestellt. Ein elektrisch angetriebener Sportwagen, der als erstes Elektroauto auch für längere Autobahnfahrten verwendet werden konnte. Der Roadster kam 2008 auf den Markt. Eingesetzt wurden Lithium-Ionen-Akkus, die auch bei Laptops eingesetzt wurden<sup>19</sup>.

Im Jahr 2009 kam der Mitsubishi i-MiEV auf den Markt<sup>20</sup>. Dieses Auto war das erste Großserienelektroauto der Geschichte. 2010 folgte der Nissan Leaf (Abbildung 3), das bisher meistverkaufte Elektroauto der Welt. Bis Mitte 2016 wurden weltweit bereits 224.000 Fahrzeuge dieses Typs verkauft.<sup>21</sup>

---

<sup>17</sup> Pfeiffer, H., 2017

<sup>18</sup> Toyota Newsroom, 2016

<sup>19</sup> Auto, Motor und Sport, 2008

<sup>20</sup> Mitsubishi Motors, 2017

<sup>21</sup> Nissan Newsroom, 2016



Abbildung 3: Nissan Leaf der ersten Generation ([zh.wikipedia.org/wiki/日产聆风](https://zh.wikipedia.org/wiki/日产聆风))

Der Renault-Konzern bietet seit Beginn des Jahres 2012 drei unterschiedliche Fahrzeuge mit Elektroantrieb an. Den Renault Twizy, Renault Zoe und den Lieferwagen Renault Kangoo Zero Emission<sup>22</sup>.

In der zweiten Dekade des 21. Jahrhunderts haben sich sehr viel Fahrzeughersteller entschlossen, auch elektrisch angetriebene Fahrzeuge zu produzieren. Weitere Hersteller haben zwar keine Serienmodelle, aber Prototypen mit Elektroantrieb (beispielsweise Suzuki Swift EV).

Im Jahr 2010 waren in Österreich 353 Elektroautos und 4792 Hybridfahrzeuge zugelassen. Im Jahr 2016 waren bereits 9071 Elektrofahrzeuge und 20.033 Hybridautos auf den Straßen zu sehen<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Renault, 2017

<sup>23</sup> Gerald König, 2017

Neben den Elektroautos haben sich auch in anderen Bereichen Elektrofahrzeuge etabliert. Es werden Hybrid- und Elektrobusse eingesetzt. In Graz läuft dazu im Jahr 2017 ein Testbetrieb<sup>24</sup>. Auch Elektromotorräder sind mittlerweile erhältlich. Weiters sind auch Elektromopeds und Elektrofahrräder am Markt verfügbar. Die Preise für die Fahrzeuge sinken, die Akkus werden billiger und leistungsfähiger.

### 3.2 Speicherung von Energie zur Nutzung in Elektrofahrzeugen

Kraftfahrzeuge müssen Energie (meist chemische Energie) mit sich führen, die in kinetische Energie umgewandelt werden kann, um eine Fortbewegung des Fahrzeugs zu ermöglichen. Verbrennungskraftfahrzeuge führen Treibstoff in Form von Benzin, Diesel, Erdgas, Wasserstoff oder anderen Kraftstoffen mit sich. Elektrofahrzeuge speichern Energie in unterschiedlicher Form. Die Energie muss daher meist in elektrischen Strom umgewandelt werden. In der Praxis werden fast ausschließlich Akkumulatoren eingebaut, die Energie in chemischer Form speichern. Linienbusse im Stadtverkehr nutzen auch Superkondensatoren als Energiespeicher. Dabei wird die Energie in einem elektrischen Feld zwischen Leiterplatten gespeichert.

Der chinesische Fahrzeughersteller CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation) testet im Jahr 2017 in Graz Linienbusse (Abbildung 4). Mit dem System können kurze Reichweiten erzielt werden, allerdings mit einem sehr schnellen Aufladevorgang (der während eines Stopps an einer Haltestelle ausgeführt werden kann). Der Hersteller spricht von einer Reichweite von 5 km und einer Ladezeit von etwa 10 Sekunden<sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> Holding Graz, 2017

<sup>25</sup> China Buses, 2015



Abbildung 4: Elektrobuss von CRRC in Graz (Flickr)

Eine weitere Alternative zur Energiespeicherung kann die Brennstoffzelle sein. Da aber weiterhin ein Kraftstoff mitgeführt wird und dies entweder zu einer weiteren Umweltbelastung führt oder ein sehr aufwendiges Verfahren voraussetzt (Beispiel Herstellung von Wasserstoff aus Elektrolyse und anschließende Rückumwandlung in elektrische Energie), werden Fahrzeuge dieser Art eher die Ausnahme bleiben.

In nahezu allen Elektrofahrzeugen, die derzeit auf dem Markt verfügbar sind, werden chemische Energiespeicher in Form von Akkumulatoren eingebaut.

Zu unterscheiden sind hierbei die Begriffe Batterie und Akkumulator, die in der Umgangssprache häufig vermischt werden. Im Allgemeinen werden zusammengeschlossene, nicht wieder aufladbare Primärzellen als Batterien bezeichnet, wobei wieder aufladbare Sekundärzellen als Akkumulatoren bezeichnet werden. Da ursprünglich das Wort Batterie für eine Zusammenschaltung von Primärzellen verwendet wurde, hat sich dieser Begriff auch für die Sekundärzellen in

die deutsche Umgangssprache eingeschlichen. So spricht man heute von „Batterieautos“ und einer „Batteriemiete“ bei Elektrofahrzeugen. Gemeint sind hier wieder aufladbare, chemische Energiespeicher, die in dieser Arbeit als Akkumulatoren bezeichnet werden.

In der Geschichte der Elektromobilität wurde lange Zeit auf Bleiakkumulatoren gesetzt. Selbst der in der Geschichte der Elektrofahrzeuge genannte EV1 von General Motors verfügte ursprünglich über einen Bleiakkumulator. Spätere Modelle wurden mit Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulatoren ausgestattet<sup>26</sup>.

Die in den 1990er Jahren gebauten französischen Elektroautos verfügten über Nickel-Cadmium-Akkumulatoren, die mittlerweile in der EU verboten sind.

Bei den meisten heute verfügbaren Serienelektroautos werden Lithium-Ionen-Akkumulatoren eingebaut. Diese Akkumulatoren weisen nur einen geringen Memory-Effekt auf und haben eine sehr hohe Energiedichte. Das bedeutet, dass kleinere und leichtere Akkupacks in Kraftfahrzeuge eingebaut werden können<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> General Motors 1999

<sup>27</sup> Chemie.DE Informationsservice GmbH, 2017

### 3.5 Elektrotechnische Grundlagen<sup>28</sup>

Stromtankstellen besitzen meist Angaben über die zur Verfügung gestellte Leistung, die Spannung und die Stromstärke. Die Stromstärke (oder auch Stromintensität) ( $I$ ) wird mit der SI-Basiseinheit Ampere (A) angegeben. Die Stromstärke gibt an, in welcher Intensität Ladung in Form von Elektronen oder Ionen (Ladungsträger) übertragen wird.

Die elektrische Spannung ( $U$ ) wird in der Einheit Volt (V) angegeben. Dabei wird die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten im elektrischen Feld definiert.

(Elektrische) Leistung ( $P$ ) wird in der Einheit Watt (W) angegeben.

Die drei physikalischen Größen sind über folgenden Zusammenhang definiert.

$$P = U \cdot I$$

Dieser Zusammenhang gilt allerdings nur bei Gleichstrom und Wechselstrom mit einer Phase.

Die maximale, theoretische Leistung einer Schukosteckdose kann somit mit 3680 Watt angegeben werden. Dies erfolgt aus der Multiplikation von 230 Volt mit 16 Ampere.

Bei 3-phasigem Wechselstrom muss der Wert mit der Wurzel aus 3 multipliziert werden.

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

Eine Kraftstromsteckdose (16 A und 400 V) liefert somit maximal 11085,125 Watt, also etwa 11 kW.

---

<sup>28</sup> Neger, T., 2009

### 3.6 Ladestationen<sup>29</sup>

Moderne Akkumulatoren werden generell immer mit Gleichstrom geladen. Ladesäulen und Steckdosen liefern unterschiedliche Stromstärken, Spannungen, und Durchflussmengen.

Am Beginn der Elektromobilität war Elektrizität noch nicht sehr verbreitet. Die E-Fahrzeuge wurden daher hauptsächlich in größeren Städten eingesetzt. Dabei fuhren sie zu Servicestationen und wurden dort aufgeladen.

Nach dem vorübergehenden Niedergang in der 2. Dekade des 20. Jahrhunderts wurden die E-Fahrzeuge, die in Nischen überlebten, meist an ihrer (Flotten-)Basis aufgeladen oder an herkömmlichen Steckdosen angeschlossen.

Eine größere Ladeinfrastruktur war erst wieder erforderlich, als es Anfang der 1990er Jahre zu einem Wachstum des E-Fahrzeugbestandes kam.

Die Modelle General Motors EV1, Toyota RAV 4 EV, Chevrolet S10 EV und weitere Elektrofahrzeuge nutzten das Magne Charge System<sup>30</sup> (J1773). Dabei wurde von einer Wallbox (eine kompakte Stromtankstelle, die fest in der Wand verankert ist) ein dünnes Induktionsteil in den Schlitz im Auto eingeführt und kontaktlos geladen. Es wurden unterschiedliche Stromstärken angeboten. Level 2 – Stationen stellten eine Leistung von 6,6 kW zur Verfügung, während bei Level 3 mit bis zu 50 kW geladen werden konnte. Mittlerweile wird dieses System nur mehr von wenigen Toyota RAV 4 EV der ersten Generation genutzt<sup>30,31</sup>.

Im Jahr 1996 wurde SAE J1772 vorgestellt. Dieser Steckertyp ersetzt die induktive Version und setzt auf Steckerkontakte (konduktives Laden).

---

<sup>29</sup> Ladesäulenverordnung – LSV, 2017

<sup>30</sup> Brain, M., 2017

<sup>31</sup> Who killed the electric car, 2006

## 3.7 Steckertypen<sup>32</sup>

Sämtliche Steckertypen und Lademodi sind in der Norm IEC 62196<sup>33</sup> definiert. Die Kurzbeschreibung der Norm lautet „Steckertypen und Lademodi für Elektrofahrzeuge“.

### 3.7.1 Typ 1 - Stecker SAE J1772<sup>32,34</sup>

Als Nachfolger des Standards J1773, der bei den ersten Elektrofahrzeugen in Verwendung war, wurde der Typ J1772 vorgestellt. Ursprünglich handelte es sich um einen rechteckigen Stecker (J1772-2001). Im Jahr 2009 wurde die Norm revidiert und ein runder Stecker hergestellt (J1772-2009) (siehe Abbildung 5). SAE bedeutet Society of Automotive Engineers und bezeichnet eine Vereinigung, die für die Entwicklung der in diesem Abschnitt entwickelten Standards verantwortlich war.



Abbildung 5: Typ1-Stecker (Wikimedia Commons)

---

<sup>32</sup> The Mobility House AG, 2017

<sup>33</sup> IEC, 2011

<sup>34</sup> itwissen.info – Technologiewissen online, 2017

Es sind 3 sogenannte „Levels“ definiert. Diese Ladebereiche geben an, welche Spannungen und Stromstärken unterstützt werden.

Level 1 ist für die US-amerikanische Haushaltssteckdose entworfen. Mit einer 16 Ampere-Sicherung kann im Stromnetz, das eine Nennspannung von 120 Volt aufweist, mit bis zu 1,9 kW geladen werden. Level 2 wurde für den europäischen Markt kreiert. Dabei sind 19,2 kW bis zu 80 Ampere im 240 V-Netz möglich. Neben den beiden einphasigen Lademodi steht auch ein noch nicht spezifizierter dritter Modus zur Verfügung. Dieser soll ein- und dreiphasiges Laden mit über 20 kW Leistung unterstützen.

Zusätzlich dazu wird auch das Gleichstromladen unterstützt. Die jeweiligen Werte sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

*Tabelle 1: Lademodi bei Gleichstromladung*

| <b>Lademodus</b> | <b>Leistung</b> | <b>Maximaler Strom</b> | <b>Spannung</b> |
|------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| DC 1             | 36 kW           | 80 A                   | 200-450 V       |
| DC 2             | 90 kW           | 200 A                  | 200-450 V       |
| DC 3             | 240 kW          | 400 A                  | 200-600 V       |

### 3.7.2 Typ 2 – Stecker IEC 62196<sup>35</sup>

Im Januar 2013 wurde in der europäischen Union ein Steckertyp standardisiert. Dies wurde unter der Norm IEC 62196-1 definiert. Entwickelt wurde der Stecker vom Energiekonzern RWE gemeinsam mit dem Automobilhersteller Daimler und dem Steckerhersteller Mennekes.

Analog zum Typ 1-Stecker gibt es auch bei den Ladebereichen im Wechselstrombereich insgesamt 3 Modi. Level 1 ist für die europäische Haushaltssteckdose ausgelegt und liefert bei einer Nennspannung von 230 V und 16 Ampere bis zu 3,7 kW. Level 1 arbeitet mit 1 Phase. Mit bis zu 22 kW kann mit Modus 2 geladen werden, wenn ein dreiphasiger 400 Volt-Drehstrom-Anschluss verwendet wird. Alternativ liefert Modus 2 mit einer Phase und 230 Volt 7,4 kW.

Ein nicht spezifizierter Modus 3 soll über 20 kW Leistung bringen.

Das Gleichstrom-Laden funktioniert ident zum Vorgang beim Typ 1-Stecker. Es gibt dabei dieselben drei Gleichstrommodi (siehe Tabelle 1).

### 3.7.3 Combined-Charging-System (CCS)<sup>36</sup>

Die europäische Version des Combined-Charging-Systems (umgangssprachlich als Combostecker bezeichnet) basiert auf dem Typ 2-Stecker. Damit ist sowohl eine Wechselstromladung, als auch eine Gleichstromladung möglich. Der Anschluss ermöglicht es, auch herkömmliche Typ 2-Stecker (Abbildung 5) anzuschließen, um die bisherige Wechselstromladeinfrastruktur zu nutzen. Dabei kann sowohl mit einer Phase, als auch mit drei Phasen geladen werden. Die maximale Leistungsbereitstellung liegt bei 43 kW. Gleichstromladen wird durch einen integrierten Gleichstromanschluss möglich. Mit diesem Verfahren sind Leistungen von bis zu 200 kW möglich. Zukünftig werden 350 kW angestrebt.

---

<sup>35</sup> itwissen.info – Technologiewissen online, 2017

<sup>36</sup> combined-charging-system.org, 2017

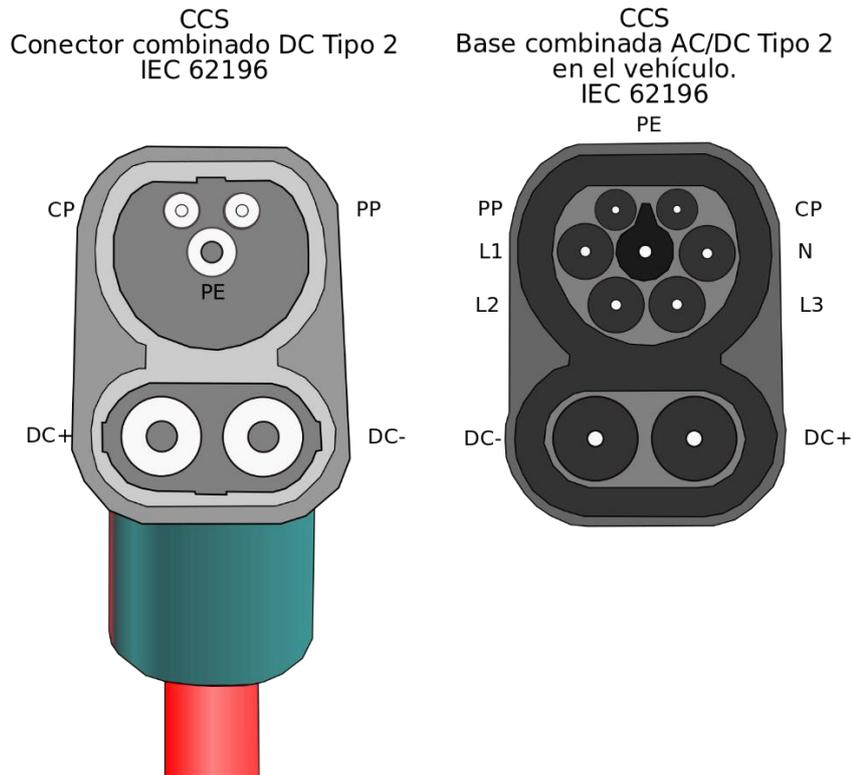


Abbildung 6: Combined Charging Stecker Typ 2 (Wikimedia Commons)

Für den nordamerikanischen Markt existiert ein Kombinationsstecker, der auf dem Typ 1-Stecker basiert. Auch hier kann der reguläre Typ 1-Stecker benutzt werden oder alternativ ein Kombistecker. Im Unterschied zum europäischen System wird systembedingt beim Wechselstromladen nur eine Phase unterstützt.

Alle Stecker der Typen 1, 2, sowie die Kombinationsmodelle kommunizieren mit einem einheitlichen Protokoll.

### 3.7.4 CHAdeMO<sup>37</sup>

Ein Konsortium japanischer Unternehmen schuf mit CHAdeMO eine weitere Ladetechnologie. Beteiligte Unternehmen waren unter anderem der japanische Energiekonzern TEPCO, sowie Autohersteller, wie Nissan und Mitsubishi. Im Gegensatz zu den bisher genannten Wechselstromladekonzepten ermöglicht CHAdeMO ein direktes Laden mit Gleichstrom. Es muss also nicht der Wechselstrom in Gleichstrom konvertiert werden. Zusätzlich kommuniziert dieses System mit dem Batterie-Management-System (BMS) des Elektrofahrzeugs. Dies ermöglicht ein schnelles, akku-schonendes Ladeverfahren. Die Spannung liegt bei maximal 500 Volt. Es werden mehrere Ladesäulen produziert, die derzeit am häufigsten gebaute Ladesäule hat eine Stromstärke von 125 Ampere. Die Nennleistung beträgt 50 kW. Dies bedeutet jedoch nicht, dass permanent 50 kW zur Verfügung gestellt werden. Die Verbindung läuft über ein CHAdeMO-Protokoll, bei dem eine Master-Slave-Konfiguration aufgebaut wird. Das Fahrzeug ist der Master und überträgt dem Slave (der Ladestation) wichtige Informationen zum aktuellen Ladezustand, der maximalen Stromstärke, die zur Verfügung gestellt werden darf, der Lade- und Akkuspannung, sowie Temperatur und weiterer Parameter des Traktionsakkumulators. Die Ladesäule stellt dann die gewünschte Ladespannung und Stärke zur Verfügung. Die Angaben (Spannung, Stärke und Leistung) gelten als Mindestvoraussetzung der Stromtankstelle und des Fahrzeuges. Im Ladevorgang variieren die Werte systembedingt.

Neben den verbreiteten Ladesäulen mit maximal 50 kW Leistung und 125 Ampere, existieren auch Ladesäulen für maximal 20 kW Leistung und 50 Ampere Stromstärke. Diese Säulen werden in Regionen gebaut, wo es keinen höheren Bedarf gibt oder die Herstellung eines 50 kW-Anschlusses nur schwer herzustellen ist. Darüber hinaus existieren Ladesäulen für bis zu 100 kW (200 A oder 250 A). 2017 sollen Stromtankstellen mit Leistungsangeboten bis zu 150 kW zur Verfügung stehen. Weiters wird auch eine Version für 350 kW angedacht.

---

<sup>37</sup> CHAdeMO, 2017



Abbildung 7: CHAdeMO-Stecker (Wikimedia Commons)

### 3.7.5 Tesla Supercharger<sup>38</sup>

Der Autohersteller Tesla Motors betreibt für seine Kunden ein spezielles Ladenetzwerk für schnelles Gleichstromladen von Tesla Fahrzeugen. Das System arbeitet mit einer Gleichspannung von 480 Volt und bietet eine Spitzenleistung von 120 kW. Die Infrastruktur steht ausschließlich Tesla-Kunden zur Verfügung. In den Vereinigten Staaten von Amerika wird ein von Tesla entwickelter Steckertyp verwendet. Die europäischen Ladesäulen weisen einen (von Tesla modifizierten) Typ-2-Stecker auf (Abbildung 8).

---

<sup>38</sup> Tesla Motors, 2017 (Supercharger)



Abbildung 8: Tesla Supercharger-Typ 2-Stecker (Wikimedia Commons)

### 3.7.6 5-polige CEE-Drehstromsteckdose 400 Volt<sup>39</sup>

Neben den bisher genannten Steckertypen können viele Elektrofahrzeuge auch an herkömmlichen Drehstromsteckdosen aufgeladen werden. Generell werden verschiedene Steckertypen im Standard IEC 60309 spezifiziert. Die beiden gebräuchlichsten Stecker aus diesem Standard, die auch für das Aufladen von Elektrofahrzeugen eine große Rolle spielen, sind zum einen die (meist) roten Drehstromstecker und zum anderen der blaue Stecker für eine Phase.

Als „Starkstromsteckdose“ oder CEE-Steckverbindung wird in der Regel in Europa eine Steckerverbindung bezeichnet, die für leistungsfähige Geräte verwendet wird. Die Anordnung der Kontakte wird in dieser Version als 3L+N+PE bezeichnet. Als L werden die drei Außenleiter bezeichnet. N steht für den Neutraleiter. Der Schutzleiter wird als PE bezeichnet. Der 5-polige Stecker wird meist in der Farbe Rot ausgeführt.

---

<sup>39</sup> ABB, 2008

Dies ist die Kennungsfarbe für Steckerverbindungen im Spannungsbereich zwischen 380 und 480 Volt. Zusätzlich wird bei der Bezeichnung eine Angabe der Position des Schutzkontaktes vorgenommen. Diese wird analog zu einer Uhr angegeben. 6h steht somit für den untersten Kontakt. Die korrekte Bezeichnung des Steckers lautet somit 3L+N+PE, 6h (siehe Abbildung 9). Innerhalb dieser Kategorie gibt es eine weitere Einteilung nach der Stromstärke (angegeben in Ampere). Gebräuchlich sind Anschlüsse für 16 A, 32 A, 63 A und 125 A. Im Alltag (Privatbereich und Stromtankstellen) spielen jedoch hauptsächlich die beiden erstgenannten eine Rolle.

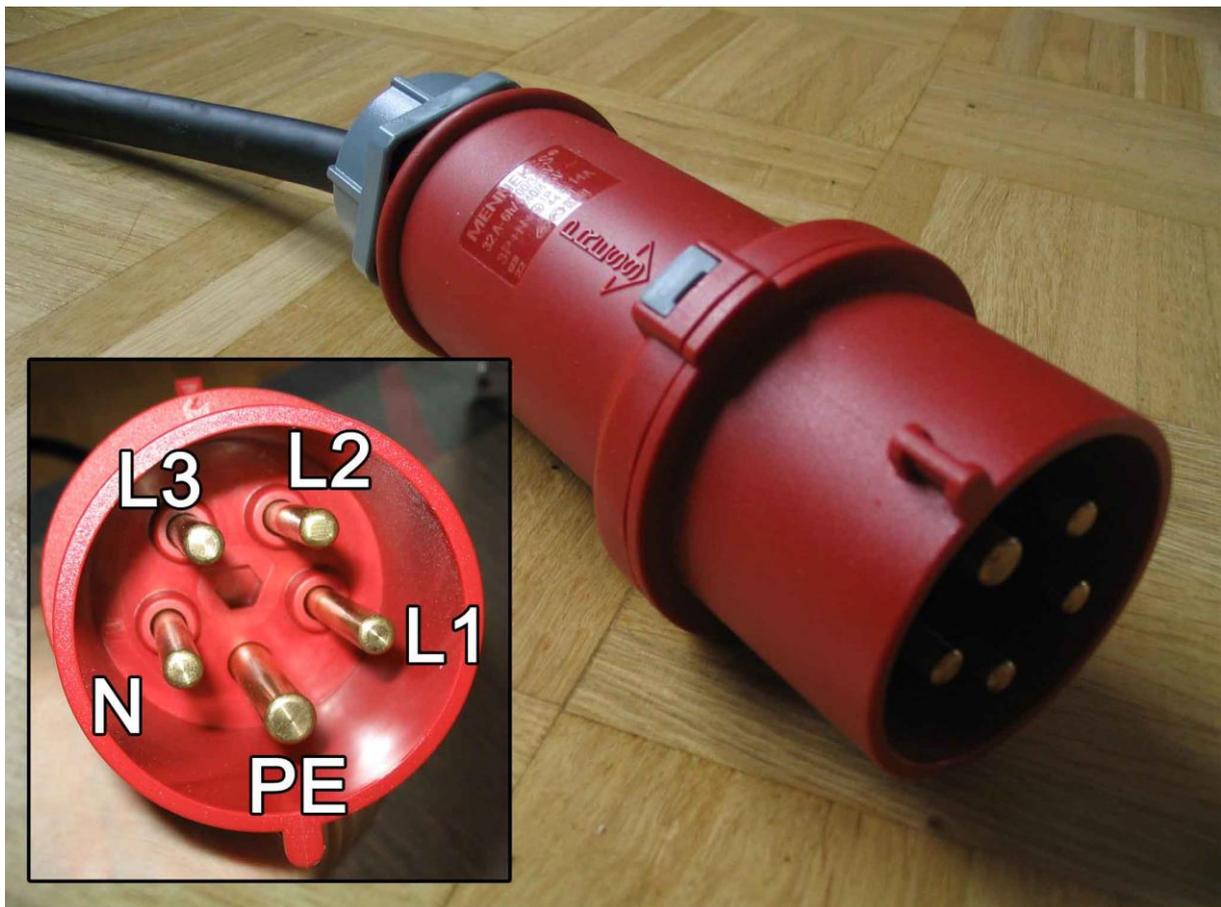


Abbildung 9: 5-polige CEE-Drehstromsteckdose 400 Volt

Alle Steckertypen des Standards 60309 verfügen über eine andere Bauform. Auch die jeweiligen Stromstärken (16 A, 32 A, 63 A und 125 A) haben jeweils andere Stecker. Dies gewährleistet, dass nur passende Stecker in die jeweiligen Anschlüsse gesteckt werden können.

Die beiden gebräuchlichsten 3L+N+PE, 6h-Steckertypen (16 A und 32 A) haben prinzipiell die gleiche Form und ähneln sich optisch, allerdings sind die 32 A Modelle etwas größer.

16 A-Anschlüsse können maximal 11 kW Leistung übertragen. Die Modelle mit 32 A erreichen 22 kW.

### 3.7.7 3-polige CEE-Wechselstromsteckdose 230 Volt<sup>40</sup>

Vor allem im Außenbereich (Camping, Garten, etc.) wird für Geräte, die mit dem in Mitteleuropa üblichem Haushaltsstrom (230 Volt) betrieben werden, ein 3-poliger Stecker verwendet (Abbildung 10).



Abbildung 10: 3-polige CEE-Wechselstromsteckdose 230 Volt

---

<sup>40</sup> ABB, 2008

Dieser Stecker wird als L+N+PE, 6h bezeichnet. Dies bedeutet, er hat nur einen Außenleiter, einen Neutraleiter und einen Schutzleiter, welcher sich an der untersten Position befindet. Im Gegensatz zum sonst verwendeten Schutzkontaktstecker (Schuko), ist der hier beschriebene Steckertyp höherwertiger. Der Stecker ist im Gegensatz zum Schukostecker verpolungssicher, hat größere Kontaktflächen, ist international genormt (auch die zu verwendenden Materialien sind vorgegeben) und ist für eine Dauerbelastung von 16 A ausgelegt (auch wenn dies beim Schukostecker theoretisch möglich ist). Dieser Umstand ist beim (schnellen) Aufladen eines Elektrofahrzeuges wünschenswert. Darüber hinaus existieren Versionen für 32 A, 63 A und 125 A. Die Stecker sind aufgrund der Einordnung in den Spannungsbereich 200-250 V häufig in blauer Farbe gestaltet. Mit diesem Steckertyp sind in der (meist eingesetzten) Version mit einer Stromstärke von 16 A bis zu 3,7 kW Leistung möglich.

### 3.7.8 Schukostecker

Viele kleine Elektrofahrzeuge, wie Elektrofahrräder besitzen einen einfachen Stecker für Schukosteckdosen. Auch moderne Elektrofahrzeuge, wie der Nissan Leaf können über eine Schukosteckdose geladen werden. Theoretisch sind damit bei einer Stromstärke von 16 A und einer Spannung von 230 Volt bis zu 3,7 kW möglich. In der Praxis kann dieser Wert nur selten erreicht werden. Die Ladezeit beträgt dabei etwa 13 Stunden. Zum Vergleich: Der Nissan Leaf ist imstande bis zu 50 kW aufzunehmen, sofern man ihn an einer entsprechend leistungsfähigen CHAdeMO-Ladesäule anschließt.

Die Stecker, die am häufigsten für den Ladevorgang von Elektrofahrzeugen verwendet werden (beispielsweise Typ 2-Stecker oder CHAdeMO) verfügen über ein Übertragungsprotokoll, das zum einen die zur Verfügung gestellte Leistung adaptiert, aber auch für die Sicherheit des Ladevorgangs sorgt. Dies bedeutet, dass bei diesen Steckertypen der Einsatz von Adaptern nicht möglich ist. Möglich wäre dies nur bei CEE-Steckern. So könnte ein Adapter für Caravan-Stecker an einer Schutzkontaktsteckdose angesteckt werden. In der Praxis spielen Adapter und Wandler im Bereich der Elektromobilität allerdings keine Rolle.

## 3.8 Mögliche Nutzer von E-Tankstellen

Nutzer von Stromtankstellen sind nicht nur Elektroautos. Auch Hybrid-Fahrzeuge können die Technik nutzen. Weiters kommen auch einspurige Elektrofahrzeuge in Frage.

### 3.8.1 Hybrid-Fahrzeuge<sup>41,42</sup>

Prinzipiell unterscheidet man zwischen Mikrohybrid, Mildhybrid, Vollhybrid und Plug-In-Hybrid. Beim Mikrohybrid wird lediglich die Starterbatterie (die ebenfalls ein Akkumulator ist) aufgeladen. Zusätzlich wird durch Start-Stopp-Systeme Kraftstoff gespart. Ein Mikrohybrid speist die Energie in eine zusätzliche Batterie ein, die den Verbrennungsantrieb unterstützt. Ein Beispiel hierfür ist der "Honda Insight". Ein Vollhybrid kann auch rein elektrisch fahren. Wenn die Energie nicht extern zugeführt wird, ist die rein elektrische Fahrdistanz sehr begrenzt. Dieses Problem lösen Plug-In-Hybride. Diese Fahrzeuge können neben dem Kraftstoff auch Strom „tanken“. 60-80 km sind rein elektrisch möglich. Ein Beispiel dafür wäre der "Toyota Prius Hybrid+". Eine weitere Erweiterung sind sogenannte Elektrofahrzeuge mit Range Extender. Der Range Extender ist ein mit Kraftstoff betriebener Generator, der den Strom für die Traktionsbatterien liefert, wenn diese nur mehr wenig Kapazität haben. Ein Beispiel wäre hier der „Opel Ampera“. Sowohl Elektroautos mit Range Extender, als auch Plug-In-Hybride können Ladeinfrastrukturen, wie Stromtankstellen nutzen.

### 3.8.2 Einspurige Elektrofahrzeuge

Nicht nur Elektroautos brauchen Strom, auch die einspurigen Pendants. Mittlerweile stellen viele namhafte Motorradhersteller auch Elektromotorräder vor. Obwohl diese einen kleineren Strombedarf haben (kleinere eingebaute Akkumulatoren), müssen sie aufgeladen werden. Elektromopeds und Elektrofahrräder haben oft mobile Akkus, die in den Wohnbereich oder ins Büro mitgenommen werden können und dort entsprechend mit einer herkömmlichen Schuko-Steckdose aufgeladen werden können.

---

<sup>41</sup> Hybrid-Autos.Info, die Plattform für alternative Antriebe

<sup>42</sup> Hassanzada T., 2011

### 3.9 Alternative Konzepte

Elektrofahrzeuge müssen die Energie nicht unbedingt in chemischer Form (Akkumulatoren) oder mittels Kondensatoren mit sich führen. Neben verschiedenen Hybrid-Fahrzeugen und Range Extendern (ein Generator produziert Strom für den Traktionsakkumulator), setzen einige Hersteller auf Fahrzeuge mit Brennstoffzelle. Dabei wird der Strom für das Fahrzeug aus mitgeführtem Wasserstoff umgewandelt. Hauptproblem hierbei ist der aufwendige Umgang mit Wasserstoff, der flüchtig ist und in Kombination mit Sauerstoff explosives Knallgas entstehen lässt. Weitere Konzepte zur Reichweitenverlängerung stellen Elektrofahrzeuge mit integrierten Photovoltaikzellen dar. Der "Sion" vom deutschen Hersteller Sono-Motors greift diese Idee auf und produziert durchschnittlich 30 km Reichweite an einem sonnigen Tag<sup>43</sup>.

#### 3.9.1 Batteriewechselsysteme

Das grundlegende Konzept von einem Großteil der Elektrofahrzeuge ist das Aufladen der Akkumulatoren an Stromtankstellen mittels Steckerverbindung. In seltenen Fällen kann auch kontaktlos mit einer Platte am Boden geladen werden. Eine andere Möglichkeit wäre allerdings, verbrauchte Akkumulatoren gegen geladene Zellen zu tauschen. Dabei würde der Ladevorgang unabhängig vom Fahrzeug vorgenommen und es käme zu ähnlichen Ladezeiten, wie beim Tanken von Öl-basierten Kraftstoffen. Die Firma "Better Place"<sup>44</sup> aus Israel wollte in Zusammenarbeit mit Renault-Nissan ein Netz aus Batteriewechselstationen realisieren. Der Batteriewechsel hätte nur eine Minute gedauert. Das Projekt scheiterte und die Firma wurde 2013 aufgelöst. Auch Tesla wollte neben dem "Supercharger" ein Batterietauschsystem<sup>45</sup> aufbauen. Hierbei wäre der Tausch in unter 2 Minuten vonstattengegangen. Letztlich wurde das System von den Kunden nicht angenommen, da der Batterietausch kostenpflichtig war, während das Laden am "Supercharger" für Tesla S – Fahrzeuge kostenlos ist.

---

<sup>43</sup> Sono Motors, 2017

<sup>44</sup> Automobil Blog, 2009 (Better Place)

<sup>45</sup> Tesla Motors 2013 (Batterietauschsystem)

## 4 Internet of Things IoT

Das letzte Kapitel beschäftigte sich intensiv mit der Elektromobilität und den Steckertypen. Im folgenden Kapitel wird nach einem einleitenden Abschnitt der praktische Ablauf eines Datenabrufs, sowie einer Datenaufbereitung untersucht und durchgeführt.

### 4.1 Der Weg zu den vernetzten Sensoren<sup>46</sup>

Der erste Universalrechner Zuse Z3 wurde im Jahr 1941 von Konrad Zuse erbaut. Die Computer der ersten Generation waren leistungsschwach, teuer, energiehungrig und hatten einen großen Platzbedarf. Über die Jahrzehnte entwickelten sich Computer weiter. Der Preis fiel, sie wurden leistungsfähiger, kleiner und erheblich billiger. Die Miniaturisierung ging so weit, dass nicht nur Heimcomputer oder mobile Endgeräte möglich wurden. Auch in vorhandene Geräte wurde Mikroelektronik eingebaut. Beispiele für diese sogenannten „Embedded Systems“ findet man in Zapfsäulen. War ursprünglich nur ein einfacher Treibstoffzähler eingebaut, sind heutige Zapfsäulen digital vernetzt und ermöglichen beispielsweise auch die bargeldlose Zahlung vor Ort.

Im Jahr 1969 wurde vom US-amerikanischen Militär das Arpanet gegründet. Universitäten und militärische Einrichtungen sollten sich austauschen können und vor allem die damals begrenzten Rechenkapazitäten teilen können. Aus dem Arpanet ging das Internet hervor, Dienste wie E-Mail oder World Wide Web schafften den Durchbruch.

Heute gibt es dank schneller Datenleitungen und leistungsstarker Mobilfunknetze, sowie weiterer Drahtlostechnologien eine starke Vernetzung der Geräte. Dies legt den Gedanken nahe, dass man auch Sensoren im eigentlichen Sinne vernetzen kann. Dies wären Kameras oder ein Temperatursensor, der Daten ins Internet stellt. Doch wenn man den Gedanken weiterverfolgt, können auch Geräte Sensoren sein. Eine Waschmaschine, die über eine Hausautomatisierung mitteilt, wie lange sie schon in Betrieb ist und wie hoch Wasser- und Stromverbrauch sind, ist ebenso ein Sensor.

---

<sup>46</sup> Danek, R. & Kuntze., R., 2017

Selbst ein Mensch, der auf einem sozialen Netzwerk etwas mitteilt, ist im Grunde ein Sensor. Sobald Informationen in ein elektronisches System eingespielt werden, können die „Sensordaten“ benutzt werden.

Eine Problematik ist die Speicherung dieser Daten. Wenn man viele Daten über eine lange Zeit speichert, entstehen große Datenmengen. In den letzten Jahrzehnten sind die Preise für Speichermedien erheblich gesunken.

Dennoch verbleiben Daten, die erst in eine Struktur gesetzt werden müssen. Sensoren liefern unterschiedliche Daten zu unterschiedlichen Zeiten in unterschiedlichen Intervallen. Auch die Größe der Daten variiert erheblich.

Diese vernetzte Welt mit vielen Sensoren wird als Internet of Things bezeichnet. Die große Herausforderung der Zukunft ist, Daten möglichst gut zu nutzen. Als Beispiel könnte eine flächendeckende Erdbebenüberwachung aufgebaut werden.

Österreichweit haben viele Menschen ein Smartphone. Die meisten Modelle haben Erschütterungssensoren integriert. Würde eine fiktive Anwendung gleichzeitig auf alle Smartphones in Österreich zugreifen können, würde man im Fall eines Erdbebens in Echtzeit Daten erhalten. Essenziell wäre hierbei nicht, dass ein einzelner Sensor gut funktioniert, sondern erst die Masse der Geräte würde ein eindeutiges Ergebnis liefern.

## 4.2 OGC<sup>47</sup>

Im Jahr 1994 wurde OGC als "Open GIS Consortium" gegründet und ist ein internationales Industriekonsortium. Mehr als 500 Unternehmen, Regierungs- und Forschungsorganisationen, sowie Universitäten nehmen am Standardisierungsprozess teil. Vorrangiges Ziel ist die Entwicklung von möglichst einheitlichen, offenen Schnittstellen, die als Standard definiert werden. Bereits vereinheitlicht wurden in diesem Zusammenhang beispielsweise Bestandteile, wie Ortsinformationen, Bewegungsinformationen, Koordinatensysteme, Raster- und Vektordarstellungen von Objekten. Die Mitglieder von OGC, die zum Prozess zur Vereinheitlichung beitragen, haben einige Abläufe bereits so vereinfacht, dass Entwickler schnell Anwendungen erstellen und testen können und auch mit Standards von anderen Standardisierungsorganisationen verknüpfen können.

### 4.2.1 Sensor Web Enablement<sup>47</sup>

In der Geoinformation werden Sensornetze beispielsweise bei Hangrutschungen, Katastropheneinsätzen, Precision Farming, Überwachung von Tieren oder auch für Flottenmanagementsysteme eingesetzt.

Grundsätzliche Überlegung des Sensor Web Enablements ist die Möglichkeit, Echtzeitdaten von unterschiedlichen Sensorverbänden gemeinsam in einer Informationsinfrastruktur zu benutzen. Häufiges Problem ist, dass einzelne Sensorverbände proprietär aufgebaut sind und nur speziell für eine Anwendung designt wurden. Durch eine Verallgemeinerung und Standardisierung einer Datenstruktur und der Schaffung offener Schnittstellen, wird eine weitaus größere Sensorumgebung ermöglicht. Entwickler können darauf aufbauend Anwendungen kreieren, die auf diese Datenvielfalt zugreifen.

---

<sup>47</sup> OGC, 2017

Von OGC gibt es im Bereich des Sensor Web Enablement folgende Standards:

### *Observations & Measurements (O&M)*

Inhalt dieses Standards ist die Beschreibung (Observation) und Messung (Measurement) von Sensordaten. Die Beschreibung erfolgt in Form von Standardmodellen und XML-Schemata. Der Standard kann sowohl für Echtzeitinformationen, als auch für im Vorfeld gespeicherte Elemente angewendet werden.

### *Sensor Model Language (SensorML)*

Hauptbestandteil dieses Standards ist die Beschreibung der Abläufe, die mit dem Sensor zusammenhängen. Es werden hierbei Standardmodelle und XML-Schemata erstellt, die Informationen über den Ort, sowie zu Prozessabläufen und einstellbaren Eigenschaften darstellen. Weiters werden Informationen zur Verfügung gestellt, die das Auffinden eines Sensors ermöglichen. Zusätzlich wird angegeben, ob und in welchem Umfang eine Prozessierung auf Abruf möglich ist.

### *Sensor Observation Service (SOS)*

Dieser Standard legt für Web-Services eine Eingabeschnittstelle fest, die es ermöglicht, Daten anzufragen, zu filtern, sowie Beobachtungen daraus abzuleiten. Informationen zum Sensor-System werden hierbei ebenfalls ermittelt. Dieser Standard bezieht sich auf den Teil der Abfragekette, der sich zwischen dem Echtzeitsensor oder der Datenbank und dem Nutzer befindet.

### *Sensor Planning Service (SPS)*

Ein weiterer Standard für Web-Schnittstellen umfasst Benutzerabfragen. Zwischen dem Nutzer, der Informationen abfragt und der Sensorsammlung agiert das Sensor Planning Service als Schnittstelle.

### *Sensor Alert Service*

Hier wird ein Web Service Interface festgelegt, das asynchron Benachrichtigungen über Sensorereignisse liefern kann. Definiert wird hierbei auch, wie Benachrichtigungen bestellt werden können.

### *Web Notification Service*

Dieses standardisierte Webinterface ermöglicht die asynchrone Übertragung von Benachrichtigungen, die über Sensor Observation Service oder das Sensor Planning Service erstellt werden.

## 4.3 REST-API<sup>48</sup>

Der Zugriff auf die Daten der Stromtankstelle wird über eine sogenannte REST-API bewerkstelligt. REST ist ein Akronym für Representational State Transfer. API bedeutet Application Programming Interface und heißt übersetzt Programmierschnittstelle. Eine REST-Programmierschnittstelle bietet die Möglichkeit, über einen Browser Daten abzurufen und Änderungen vorzunehmen (Hinzufügen, Ändern und Löschen). Der Zugriff erfolgt über die Befehle PUT, POST, GET und DELETE. Die jeweiligen Funktionen hinter den Befehlen sind in Tabelle 2 dargestellt. Http bedeutet Hypertext Transfer Protocol und steht für ein Protokoll, das im World Wide Web der Übertragung von Daten dient.

*Tabelle 2: Wichtige http-Methoden*

| <b>Befehl</b> | <b>Funktion</b>                    |
|---------------|------------------------------------|
| POST          | Daten zur Verarbeitung senden      |
| PUT           | Hochladen von Ressourcen (Dateien) |
| GET           | Anforderung von Daten              |
| DELETE        | Löschen von Ressourcen (Dateien)   |

---

<sup>48</sup> Search Enterprise Software.de

Die Anfrageelemente der REST-API stammen aus der RFC 2616<sup>49</sup> der Internet Engineering Taskforce (IETF). RFC steht für „Request for Comments“ und bezeichnet Dokumente, die Internetstandards definieren.

Das REST-Paradigma verfolgt 6 Prinzipien.<sup>50</sup>

#### 1. Client-Server-Prinzip

Ein Server stellt Daten zur Verfügung, ein Client ruft sie mit den http-Anfrageelementen ab.

#### 2. Zustandslosigkeit

Server und Client benötigen keine Zustandsinformationen voneinander. Ein Befehl löst eine Funktion aus und gibt eine Antwort. Um nicht bei jedem Abruf Daten neu eingeben zu müssen (beispielsweise User-ID), kann diese Information clientseitig als Cookie gespeichert werden.

#### 3. http-Caching

Caching soll genutzt werden, um Anfragen einzusparen.

#### 4. Einheitliche Schnittstelle

Der Zugriff erfolgt über eine einheitliche Schnittstelle mit 4 Eigenschaften.

- Adressierbarkeit von Ressourcen

Jede Ressource kann über einen URI (Uniform Resource Identifier) erreicht werden. Alle Dienste sind über einen URL (Uniform Resource Locator) erreichbar.

---

<sup>49</sup> Fielding, R., 1999

<sup>50</sup> Fielding, R., 2000

- Repräsentation zur Veränderung von Ressourcen

Es wird eine Repräsentation gewählt. Dies ist eine Darstellungsart des Ergebnisses. Beispiele sind HTML, JSON oder XML. Diese Entscheidung soll nur einmal gewählt werden und bei jeder Datenanforderung angewendet werden.

- Selbstbeschreibende Nachrichten

Die Kommunikation soll über selbstbeschreibende Nachrichten ablaufen. Das bedeutet, die Nachrichten beziehen sich nicht auf eine Anwendung. Dies bringt den Nachteil, dass spezielle Erfordernisse (die für eine spezielle Anwendung benötigt würden) zugunsten einer einheitlichen, selbsterklärenden Sprache aufgegeben werden. Selbsterklärend wäre beispielsweise ein Status, dessen Beschreibung „OK“ lautet.

- „Hypermedia as the Engine of Application State“ (HATEOAS)<sup>51</sup>

Als HATEOS bezeichnet man ein Designmodell, das in REST-Schnittstellen Anwendung finden kann. Der Client hat dabei keine Informationen über den Ablauf im Server, er bekommt von diesem lediglich sämtliche mögliche Zustandsänderungen in Form von Links übermittelt. Das bedeutet, die komplette Navigation am Server erfolgt aus der Sicht des Clients ausschließlich über Abrufen von Links, die vom Server zur Verfügung gestellt werden.

## 5. Mehrschichtige Systeme

Durch den mehrschichtigen Aufbau eines Systems wird dem Nutzer ermöglicht, über eine einzige Schnittstelle auf die gewünschte Ressource zu gelangen.

## 6. Code-on-Demand

Es kann beispielsweise Java-Script-Code erst bei Bedarf in eine HTML-Seite geladen werden.

---

<sup>51</sup>Adler, J., Würfl, A., 2010

Im Rahmen dieser Arbeit wird hauptsächlich mit den Methoden GET und POST gearbeitet<sup>52</sup>. Die GET-Methode fragt lediglich Daten an. Es wird am Server keine Änderung durchgeführt. Dies entspricht einer einfachen Datenbankabfrage. GET-Abfragen werden im Browserverlauf gespeichert und können als Lesezeichen gesetzt werden. GET-Befehle sollten daher niemals für sensible Daten verwendet werden. Ein GET-Befehl wird immer direkt an die URL angehängt. URLs sind jedoch aus technischen Gründen auf 2048 Zeichen beschränkt.

Im Gegensatz dazu werden POST-Befehle dazu verwendet, Daten einzugeben, die vom Server verarbeitet werden. Ein Beispiel hierfür ist die Authentifizierung eines Benutzers. Der User übermittelt (mittels POST-Methode) Nutzernamen und Passwort. Der Server prüft die Korrektheit und übermittelt bei Erfolg eine Sitzungsberechtigung. POST-Befehle werden nicht im Browserverlauf gespeichert und können nicht als Lesezeichen gesetzt werden. Es handelt sich hierbei nicht mehr um eine simple Datenabfrage, sondern es wird ein Prozess am Server ausgelöst, der mit den übermittelten Daten ausgeführt wird. Die Sicherheit beim POST-Befehl ist im Vergleich zur GET-Abfrage höher, da der übermittelte Inhalt nicht in der URL ersichtlich ist. Die POST-Methode ist nicht auf eine Anzahl von Zeichen beschränkt, als Datentyp können neben ASCII-Zeichen auch Binärdaten eingesetzt werden.

---

<sup>52</sup> w3schools, 2017

## 4.4 Umsetzung der Software

Der Zugriff auf Daten der Stromtankstellen wird über die REST-API bewerkstelligt. Mit Befehlen können dabei Daten übergeben werden.

### 4.4.1 Manuelle Abfrage

Abfragen über die REST-API kann prinzipiell jeder Browser bewerkstelligen. Dazu muss jedoch eine lange Kette von Zeichen eingegeben werden, um die nötigen Parameter zu setzen. Aus Komfortgründen existieren Plug-Ins, wie der http-Requester<sup>53</sup> für den Webbrowser Mozilla Firefox. Dieser ermöglicht die Eingabe der Parameter in Masken, sodass die Benutzerführung wesentlich erleichtert wird.

Zunächst muss eine Sitzungsberechtigung (token) aktiviert werden, um weitere Abfragen zu ermöglichen. Hierbei sind Benutzername und Passwort notwendig.

Mit dieser Sitzungsberechtigung kann nun eine Abfrage gestartet werden. Um alle eingetragenen Stromtankstellen abzufragen, muss folgender Link eingegeben werden:

*[https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/?connector\\_details=TRUE](https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/?connector_details=TRUE)*

Es muss die Sitzungsberechtigung im Header angehängt werden.

```
GET https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/?connectordetails=TRUE
X-api-token: [jeweilige Sitzungsberechtigung]
```

Als Antwort erhält man den Status 200 OK.

---

<sup>53</sup> httprequester, 2017 (Informationen wurden von der Produktbeschreibung entnommen)

Als Ergebnis erhält man die Daten in Textform. In der folgenden Darstellung wird dies ausschnittsweise exemplarisch angezeigt.

```
[
  {
    "uuid": "d582aa71-c99a-4bd4-b968-b6365795a9fe",
    "label": "EST_10000101 - E-Mobil Shop Graz",
    "address": {
      "street": "Elisabethstraße 88",
      "zip": "8010",
      "city": "Graz",
      "country": "AT"
    },
    "coordinates": {
      "lat": 47.078207,
      "long": 15.463389
    },
    "manufacturer": "KEBA AG",
    "model": "KeContact P30",
    [...]
    "connectors_total": 3,
    "connectors_free": 0,
    "connectors_faulted": 0,
    "connectors_reserved": 0,
    "connectors_occupied": 0,
    "connectors": [
```

Die Daten liegen als Text vor und müssen weiterverarbeitet werden, um Informationen in ein Geografisches Informationssystem einzuspielen und die Daten speichern zu können.

## 4.4.2 Automatisierung

Prinzipiell ist der manuelle Ablauf natürlich möglich, verursacht allerdings viel Aufwand, da bei jeder Sitzung eine Sitzungsberechtigung angefordert werden muss, beziehungsweise die bereits vorhandene Berechtigung händisch abgespeichert oder notiert werden muss. Bei der nächsten Sitzung muss diese Berechtigung (in Form des x-api-tokens) wieder eingegeben werden. Da die Ausgabe in Textform erfolgt, müssten weitere händische Schritte erfolgen, um die Daten in einer Datenbank einzupflegen und die Daten letztendlich zu visualisieren. Eine Automatisierung kann diese Arbeitsschritte übernehmen.

Eine Automatisierung oder Semi-Automatisierung kann mit unterschiedlichen Methoden programmiert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei prinzipielle Möglichkeiten erarbeitet.

- Erstellung eines Windows-Programms
- Erstellung einer Java-Script-Webapp
- Erstellung von Add-Ins für ArcMap

### 4.4.2.1 Windows-Programm

Eine mögliche Lösung ist die Erstellung einer Desktop-Anwendung. Die Software kann hierbei lokal ausgeführt werden, unabhängig von den installierten Programmen. Da ein Großteil der Einzelplatzrechner mit dem Betriebssystem Microsoft Windows ausgestattet ist und dies auch für das Energieversorgungsunternehmen Energie Steiermark zutrifft, sollte die Anwendung möglichst nativ in der genannten Betriebssystemumgebung laufen. Ein großer Vorteil wäre hierbei, dass die Möglichkeit besteht, die Anwendung über Aufgabenplaner auf Einzelplatzrechnern und Servern mit Microsoft Windows Server zu betreiben.

#### *4.4.2.2 Java-Script-Programm*

Eine weitere Möglichkeit wäre die Umsetzung einer Webanwendung. Vorteile hierbei wären die Plattformunabhängigkeit und die universelle Verfügbarkeit. Als großer Nachteil erweist sich die Tatsache, dass Funktionen und Design einer Webseite zum Teil unterschiedlich dargestellt werden. Weiters bietet sich mit einer Webanwendung nicht der gleiche Funktionsumfang, wie es eine Desktoplösung ermöglicht. Als Skriptsprache käme in diesem Fall Java-Script zum Einsatz. Java-Script wurde ursprünglich im Jahr 1995 von Netscape entwickelt und sollte dynamische HTML-Seiten ermöglichen.

#### *4.4.2.3 ArcMap Add-In*

Python Add-Ins für ArcMap sind Ergänzungen, die es ermöglichen, zusätzliche Funktionen in eigenständigen Fenstern innerhalb von ArcMap anzubieten<sup>54</sup>.

Der große Nachteil dieser Möglichkeit ist die Bindung auf Produkte von ESRI. Zwar können auch für Quantum-GIS oder andere GIS-Programme Erweiterungen erstellt werden, dies muss dann allerdings jeweils für das Programm erstellt werden. Universaltools für sämtliche GIS-Programme können nicht erstellt werden.

Als weiterer Nachteil kann die aufwendige Änderung von Programmen genannt werden. Es muss jedes Mal bei einer Änderung das Add-In gelöscht werden und das geänderte Programm neu vorbereitet und installiert werden.

Der Nutzer müsste jeweils an einem Desktop-Gerät mit ArcGIS arbeiten, damit Änderungen vorgenommen werden können. Eine Vollautomatisierung wäre außerhalb der Zeiten, in denen ArcGIS geöffnet ist nicht möglich.

---

<sup>54</sup>ESRI ArcGIS Onlinehilfe, 2017

### 4.4.3 Entscheidung

Die dritte Lösung mit ArcGIS Add-Ins ist bereits in einem frühen Planungsstadium ausgeschieden, da ein ständig laufendes ArcGIS einen gravierenden Nachteil darstellt. Weitere Anpassungen an der Software, die zu einem späteren Zeitpunkt umgesetzt werden, würden einen sehr großen Aufwand mit sich bringen.

Die Wahl stand somit zwischen der leistungsfähigen, nativen Desktoplösung oder der universellen Webanwendung. Nach Rücksprache mit dem Energieversorgungsunternehmen Energie Steiermark und der Tatsache, dass in Zukunft viele weitere Funktionen eingebaut werden können, wurde Konzept 1 gewählt, die Umsetzung einer Anwendung für Microsoft Windows.

## 4.5 Umsetzung der Software

### 4.5.1 Wahl der Programmiersprache

Windows-Programme können in unterschiedlichen Programmiersprachen erstellt werden. Da ein Grund der Entscheidung die Leistungsfähigkeit und Erweiterbarkeit war und das Programm nativ auf Windows laufen sollte, stellen Skriptsprachen keine gute Lösung dar. Die Wahl der Programmiersprache fiel auf die 2001 erschienene Programmiersprache C#. Ein C#-Programm kann lokal auf einem Desktop-Computer mit Microsoft Windows ausgeführt werden. Die typischere, objektorientierte Programmiersprache C# basiert auf dem .NET-Framework.<sup>55</sup> C# ist eng mit den Programmiersprachen C und C++ verwandt. Windows installiert automatisch Laufzeitumgebungen für .NET-basierte Anwendungen. Programme können somit meist ohne weitere Installationen ausgeführt werden.

---

<sup>55</sup>Microsoft Dokumentation, 2017

## 4.5.2 Konsole vs. GUI

Die Bedienung des Programms beschränkt sich auf die Eingabe weniger Parameter. Dennoch ist eine Darstellung als Fenster wesentlich nutzerfreundlicher, als eine Eingabe in Konsolenprogrammen. Der Programmieraufwand einer grafischen Benutzeroberfläche liegt zwar höher, als für ein vergleichbares Konsolenprogramm, der Nutzerkomfort steigert sich dadurch allerdings erheblich.

## 4.6 Umsetzung der einzelnen Arbeitsschritte

In einem ersten Schritt muss (sofern nicht schon vorhanden) eine Sitzungsberechtigung angefordert werden. Dafür wird eine Webabfrage (WebRequest) erstellt. Bei dieser Abfrage handelt es sich um einen POST-Prozess, es werden die Nutzerdaten (Nutzername und Passwort) an den Server geschickt. Als Antwort erhält man eine Sitzungsberechtigung. Die Benutzerdaten werden von einem String in ein Bytearray konvertiert. Der Datentyp Bytearray stellt ein Array von 8-Bit-Sätzen dar<sup>56</sup>. Dies bedeutet, dass ein Unicode-Zeichen dargestellt werden kann. 8 Bit entsprechen 1 Byte. Ein Array im Allgemeinen bedeutet ein Feld mit mehreren Werten. In diesem Fall wird sinngemäß eine „Tabelle“ respektive ein „Feld“ übergeben, wobei jedes Zeichen eine Zelle ausfüllt. Der Typ des Dateninhaltes wird auf „Json“ gesetzt, als Kodierung ist utf-8 anzugeben. Json bedeutet JavaScript Option Notation und ist ein Datenformat für den einfachen Datenaustausch. Über einen StreamWriter werden die Daten auf den Server geschrieben. Ein StreamWriter ist eine in C# verankerte Funktion die in Dateien und auf Server Textfiles ausgeben kann. Das Ergebnis wird abgerufen und mittels StreamReader in einen String verwandelt. Das Ergebnis erscheint im Anschluss im Ausgabefeld.

---

<sup>56</sup>Mortensen, P., 2015

Die zu wählenden Parameter sind aus Tabelle 3 zu entnehmen.

*Tabelle 3: Parameter zur Anforderung einer Sitzungsberechtigung*

| <b>Einstellung</b> | <b>Wert</b>                       |
|--------------------|-----------------------------------|
| Methode            | „POST“                            |
| Contenttype        | „application/json; charset=utf-8“ |

Ist eine Sitzungsberechtigung angefordert, kann die eigentliche Abfrage beginnen. Abgefragt werden sollen alle im System vorhandenen Stromtankstellen. Um dies zu bewerkstelligen, muss zunächst eine Webanfrage (webRequest) erstellt werden, wobei bereits die gewünschte URL eingegeben werden muss. Es müssen erneut Parameter gesetzt werden, welche aus Tabelle 4 zu entnehmen sind.

*Tabelle 4: Parameter für eine Abfrage der Stromtankstellen*

| <b>Einstellung</b>         | <b>Wert</b>                         |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Methode                    | „GET“                               |
| Timeout (in Millisekunden) | 14000                               |
| Contenttype                | „application/json; charset=utf-8“   |
| Headerzeile                | „X-api-token“, „[jeweiliger token]“ |

Für die Abfrage wird der Streamreader verwendet. Die Antwort im „Json“-Format wird schlussendlich in ein Textfeld eingetragen. Die Daten beinhalten nun (je nach Einstellung) alle Stromtankstellen mit dem jeweiligen Status und weiteren Informationen.

Es kann sowohl ein XML-Export, als auch ein Export in herkömmlicher Textform gewählt werden. Beide Versionen bedürfen einer Formatierung vor der Weiterverarbeitung.

## 4.6.1 Eigene Formatierung

Über mehrere Schleifen und Verzweigungen wird der ausgegebene Text bearbeitet und in eine Tabelle eingefügt. Dabei wurde eine Variante gewählt, die jedem Standort einer Stromtankstelle eine Zeile zur Verfügung stellt. Die einzelnen Stromtankstellen an einem Standort müssen dementsprechend nummeriert werden, was in der Routine automatisiert geschieht.

### 4.6.1.1 Beschreibung des Datenoutputs<sup>57</sup>

Die abgerufenen Daten beinhalten Informationen zu den Standorten der Stromtankstellen und den jeweiligen Ladepunkten. Jeder Standort ist mit einer eindeutigen ID, einer Bezeichnung, der Adresse, sowie den geografischen Koordinaten angegeben (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Informationen zur Ladeinfrastruktur an einem Standort

| Parameter       | Typ         | Beschreibung  |
|-----------------|-------------|---|
| uuid            | String(36)  | Eindeutige ID der Ladestation (gemeint ist hier ein Standort) |
| label           | String(65)  | Name der Ladestation  |
| address         | AddressType | Adresse   |
| address/street  | String(45)  | Straßenname   |
| address/zip     | String(13)  | Postleitzahl  |
| address/city    | String(45)  | Name der Stadt/Gemeinde                                       |
| address/country | String(2)   | Länderkürzel (Österreich = AT)                                |
| coordinates     | Type        | Koordinaten   |
| coordinates/lat | Float       | Geografische Breite   |
| coordinates/lon | Float       | Geografische Länge  |

Zusätzlich dazu finden sich Informationen zu Namen und Hersteller der Ladestation. Im Bereich "Connectors" (Anschlüsse) werden die einzelnen Ladepunkte (Steckdosen) aufgelistet. Hier werden technische Informationen zur Ladeinfrastruktur angegeben. Diese Parameter sind in Tabelle 6 angegeben.

---

<sup>57</sup> beenergised Dokumentation, 2017

Tabelle 6: Technische Informationen zur Ladesäule

| Parameter                                  | Typ                    | Beschreibung   |
|--|------------------------|--|
| Manufacturer                               | String(45)             | Hersteller der Ladestation   |
| Model                                      | String(54)             | Modellbeschreibung der Ladestation   |
| Connectors                                 | Type                   | Echtzeitübersicht der Ladepunkte   |
| connectors/[n]/uuid                        | String(36)             | Eindeutige ID des Ladepunktes  |
| connectors/[n]/evseid                      | EvseIdType             | EVSE ID of the connector   |
| connectors/[n]/label                       | String(45)             | Name des Ladepunktes   |
| connectors/[n]/status                      | ChargePointStatus Type | Aktueller Status des Steckers (10 Min. Intervall)  |
| connectors/[n]/type                        | ConnectorType          | Steckertyp   |
| connectors/[n]/type/label                  | String(45)             | Beschreibung des Steckertyps   |
| connectors/[n]/type/max_power              | Integer                | Maximale Leistung in Watt  |
| connectors/[n]/type/max_power_string       | String(45)             | Maximale Leistung als Text   |
| connectors/[n]/type/connector_standard     | ConnectorStandard Type | Defined type of the connector standard   |
| connectors/[n]/type/plug_type              | PlugType               | Beschreibung des Steckertyps   |
| connectors/[n]/type/charging_facility_type | ChargingFacilityType   | Charging facility type of the connector  |
| connectors/[n]/type/charging_mode_type     | ChargingModeType       | Lademodus  |
| connectors/[n]/type/charge_point_type      | ChargePointType        | Gleichstrom (DC) oder Wechselstrom (AC)  |
| connectors/[n]/remote_start                | Boolean                | Wenn dieses Feld auf TRUE steht, kann die Ladestation über einen POST-Befehl gestartet werden. |

Für die Vermarktung und den Betrieb mit Kunden von Stromtankstellen sind weitere Felder vorgesehen, in denen Informationen über den Betreiber, Öffnungszeiten oder erlaubte Zahlungsmethoden angegeben werden (Tabelle 7).

*Tabelle 7: Parameter für Vermarktungszwecke*

| <b>Parameter</b>        | <b>Typ</b>  | <b>Beschreibung</b>                              |
|-------------------------|-------------|--|
| Marketing               | Type        | Optionales Array für Marketingzwecke             |
| marketing/description   | String(255) | Beschreibung der Ladestation zur Vermarktung     |
| marketing/contact       | String(60)  | Name eines Servicekontakts                       |
| marketing/payment       | String(255) | Beschreibung der erlaubten Zahlungsmethoden      |
| marketing/hotline       | String(45)  | Telefonhotline, an die sich Kunden wenden können |
| marketing/opening_times | String(255) | Öffnungszeiten und Zugang zur Stromtankstelle    |
| marketing/additional    | String(255) | Zusätzliche Information                          |

Wenn die vorhandenen Felder nicht ausreichen und zusätzliche Informationen eingetragen werden sollen, kann dies im Abschnitt Zusätzliches (Additional) erfolgen (Tabelle 8).

*Tabelle 8: Zusätzliche Parameter*

|                   |        |  |
|-------------------|--------|--|
| Additional        | Type   | Bei der Abfrage muss für die Zusatzfelder “ <i>?include_additional=TRUE</i> ” angegeben werden |
| additional/[slug] | String | Zusätzliche Felder erhalten einen Schlüsselwert für jedes neue Feld.                           |

Für den Kunden sind Informationen über Steckertyp, technische Informationen über die Ladeinfrastruktur (beispielsweise maximale Stromstärke, Spannung), sowie die aktuelle Verfügbarkeit von Bedeutung.

## Plug Types

Die Anschlussbeschreibung (Plug Types) bezeichnet den Anschlusstyp, wobei keine Rücksicht auf elektrotechnische Daten, wie Stromstärke, Stromspannung oder Leistung genommen wird (Tabelle 9). (Hinweis: Auf kursiv gesetzte Steckertypen wird in dieser Masterarbeit nicht eingegangen, da sie in Europa keine Bedeutung haben.)

Tabelle 9: Anschlussbeschreibung der Stromtankstellen

| Wert                              | Beschreibung                         |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Small Paddle Inductive            | Induktionsladung (kleiner Schlitz)   |
| Large Paddle Inductive            | Induktionsladung (großer Schlitz)    |
| <i>AVCON Connector</i>            | <i>AVCON Stecker</i>                 |
| Tesla Connector                   | Tesla Anschluss                      |
| <i>NEMA 5-20</i>                  | <i>NEMA-Stecker</i>                  |
| Type E French Standard            | Französischer Haushaltsstecker       |
| Type F Schuko                     | Deutscher „Schuko“ Stecker           |
| Type G British Standard           | Britischer Haushaltsstecker          |
| Type J Swiss Standard             | Schweizer Haushaltsstecker           |
| Type 1 Connector (Cable Attached) | Typ 1-Stecker (mit Kabel)            |
| Type 2 Outlet                     | Typ 2-Anschluss (Standard in Europa) |
| Type 2 Connector (Cable Attached) | Typ 2-Stecker (mit Kabel)            |
| Type 3 Outlet                     | Typ 3-Anschluss                      |
| IEC 60309 Single Phase            | CEE-Stecker (einphasig)              |
| IEC 60309 Three Phase             | CEE-Stecker (dreiphasig)             |
| CCS Combo 2 Plug (Cable Attached) | Combined Charging System Typ 2 Kabel |
| CCS Combo 1 Plug (Cable Attached) | Combined Charging System Typ 1 Kabel |
| CHAdEMO                           | CHAdEMO Anschluss                    |
| Unspecified                       | Nicht angegeben                      |

Neben den im Abschnitt „Steckertypen“ beschriebenen Anschlüssen, können in der vorliegenden Datenbank auch Haushaltsanschlüsse, sowie Induktionsladeanschlüsse angegeben werden (die vor allem in den 1990er Jahren populär waren).

## Chargepointstatus

Jeder Ladepunkt sendet im 10-Minutentakt eine Meldung über den aktuellen Status. Dies ist sowohl für Kunden wichtig, um schnell eine freie Steckdose für ihr Auto zu finden, als auch für den Stromtankstellenbetreiber, der im Störfall unmittelbar informiert wird und den Betrieb wiederherstellen kann. Die Parameter sind aus Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Chargepointstatus (Angabe des aktuellen Ladestatus)

| Status      | Beschreibung              |
|-------------|---------------------------|
| Available   | Ladepunkt verfügbar       |
| Unavailable | Ladepunkt nicht verfügbar |
| Occupied    | Ladepunkt besetzt         |
| Faulted     | Es liegt ein Fehler vor   |

## Charging Facility Types

Dieser Wert beinhaltet Informationen über die verfügbaren Lademöglichkeiten in Bezug auf Stromspannung, Stromstärke und die Anzahl der Phasen bei Wechselstromsystemen (Tabelle 11), sowie Informationen zur maximalen Leistung bei Gleichstromladesystemen (Tabelle 12). Auch Batterietauschsysteme können in die Cloudumgebung eingebunden werden.

Tabelle 11: Mögliche Spannungen und Stromstärken Wechselstrom

| Spannung | Phase   | Stromstärken |       |       |       |
|----------|---------|--------------|-------|-------|-------|
| 100-120V | 1-Phase | ≤10 A        | ≤16 A | ≤32 A |       |
| 200-240V | 1-Phase | ≤10 A        | ≤16 A | ≤32 A | >32 A |
| 380-480V | 3-Phase | ≤16 A        | ≤32 A | ≤63 A |       |

Tabelle 12: Technische Angaben, sofern kein Wechselstromsystem

| Typ              | Maximale Leistung   |         |        |
|------------------|---------------------|---------|--------|
| Gleichstrom      | ≤ 20 kW             | ≤ 50 kW | >50 kW |
| Battery exchange | Batterieladesysteme |         |        |
| Unspecified      | Nicht spezifiziert  |         |        |

## Connector standards

Der Steckertyp ist ein weiteres entscheidendes Merkmal für Kunden. Da kein einheitlicher Steckertyp vorherrscht, gibt es eine Vielzahl von Anschlüssen. Eine Beschreibung der wichtigsten Anschlüsse findet sich im Abschnitt „Steckertypen“. Die im System unterstützten Steckertypen finden sich in Tabelle 13.

Tabelle 13: Verfügbare Steckertypen in der Cloudlösung

| Steckertyp             | Beschreibung   |
|------------------------|--|
| CHADEMO                | Gleichstromladeanschluss CHAdeMO                           |
| IEC-62196-T1-Combo     | Combines Charging System-Stecker auf Typ 1 basierend (USA) |
| IEC-62196-T2-Combo     | Combines Charging System-Stecker auf Typ 2 basierend (EU)  |
| DOMESTIC-(A-L)         | Verschiedene Haushaltsstecker                              |
| IECO-60302-2-single-16 | IECO-Standardstecker 16 A, einphasig                       |
| IECO-60302-2-three-16  | IECO-Standardstecker 16 A, dreiphasig                      |
| IECO-60302-2-three-32  | IECO-Standardstecker 32 A, dreiphasig                      |
| IECO-60302-2-three-64  | IECO-Standardstecker 64 A, dreiphasig                      |
| IEC-62196-T1           | Typ-1-Stecker  |
| IEC-62196-T2           | Typ-2-Stecker  |
| IEC-62196-T3A          | Typ-3-Stecker  |
| IEC-62196-T3C          | Scame-Stecker  |
| TESLA-R                | Anschluss für Tesla Roadster                               |
| TESLA-S                | Anschluss für Tesla Model-S                                |

Die Steckertypen werden im Grundlagenteil erläutert. In Österreich dominiert der Typ-2-Stecker (IEC-62196-T2). In der Cloudlösung der Energie Steiermark sind 71 von 75 eingetragenen Ladepunkten mit Typ-2-Steckern ausgestattet. Daneben gibt es lediglich 3 eingetragene Gleichstrom-Schnellladepunkte (CHAdeMO) und einen Typ-2-Combo-Stecker.

### *Charging Mode Type*

Laut der Norm 62196-1<sup>58</sup> (Stecker, Steckdosen, Fahrzeugsteckvorrichtungen und Fahrzeugstecker - Ladung von Elektrofahrzeugen) sind Lademodi für Wechselstrom (690 V, 50-60 Hz, maximal 250 A) und Gleichstrom (600 Volt, maximal 400 A) definiert. Die Lademodi folgen der Norm IEC-61851<sup>59</sup> (Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen - Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge). Modus 1 ist auf 16 Ampere beschränkt und somit auch für herkömmliche Schutzkontaktstecker geeignet. Modus 2 deckt den Bereich zwischen 16 A und 32 A ab. Für Elektrofahrzeuge relevant ist hier die Möglichkeit auch Schuko-Stecker zu verwenden, wobei jedoch eine In-Kabel-Kontrollbox zwischengeschaltet werden muss. Modus 3 erreicht bis zu 250 A bei eigenen speziell dafür vorgesehenen Ladesäulen. Der in Europa gebräuchliche Typ-2-Stecker ist für maximal 63 A im dreiphasigen Betrieb ausgelegt, was einer Leistungsabgabe der Stromtankstelle von über 43 kW entspricht. Modus 4 unterstützt den Ladevorgang mit Gleichstrom, wobei maximal 400 A erreicht werden können. CHAdeMO-Ladesäulen können mit einem eigenen Modus dargestellt werden. Sämtliche unterstützte Modi sind in Tabelle 14 aufgelistet.

*Tabelle 14: Lademodi*

| <b>Lademodus</b> | <b>Beschreibung</b>                         |
|------------------|---|
| Mode_1           | Wechselstromladen bis 16 A (auch Schuko)    |
| Mode_2           | Wechselstromladen bis 32 A                  |
| Mode_3           | Wechselstromladen bis 250 A (Typ-2-Stecker) |
| Mode_4           | Gleichstromladen bis 400 A (CCS-Combo-2)    |
| CHAdeMO          | Gleichstromladen                            |

IEC ist die Abkürzung zu International Electrotechnical Commission und steht für eine Normungsinstitution für elektrotechnische Anwendungen. IEC wurde 1906 in London gegründet und befindet sich seit 1948 in Genf<sup>60</sup>.

---

<sup>58</sup> VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik)-Verlag, 2015

<sup>59</sup> IEC, 2017

<sup>60</sup> IEC, 2017

## 4.7 Datenstruktur

Daten sollen im Hinblick auf die Vielfalt der Geräte des Internet of Things möglichst einheitlich verwaltet werden. Proprietäre Standards stellen eine große Behinderung dar.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden verschiedene Konzepte zur Umsetzung zur Datenstruktur überprüft.

- Vorhandene Datenstruktur im Shapefile
- Datenstruktur aus der Cloudlösung
- Ballade-Schema
- Eigene Datenstruktur

Diese Untersuchung ist erforderlich, da sich die Datenstruktur der Cloudlösung nicht mit der internen Datenstruktur deckt, die das Energieversorgungsunternehmen Energie Steiermark für Stromtankstellen vorgesehen hat. Da die Einbindung nur ein Beispiel darstellt, soll das Schema so aufgebaut sein, dass dies auch für verschiedene Sensoren angewendet werden kann.

#### 4.7.1 Datenstruktur des Energieversorgungsunternehmens

Das Energieversorgungsunternehmen Energie Steiermark verfügt über ein eigenes Schema im hauseigenen Geoinformationssystem. Dieses Schema deckt die wichtigsten Informationen zu Steckertyp und Ort ab. Weiters sind viele Felder vorhanden, die nur internen Zwecken dienen. Einige ausgewählte Parameter sind aus den Tabellen 15 und 16 zu entnehmen.

*Tabelle 15: Datenschema der Energie Steiermark*

| <b>Parameter</b> | <b>Typ</b> | <b>Beschreibung</b>   |
|------------------|------------|---|
| INDEX_           | double     | Eindeutige ID der Ladestation (gemeint ist hier ein Standort)   |
| KUNDE            | string     | Kunde der Ladestation (gemeint ist hierbei, bei welchem Kunden, die Ladestation betrieben wird, nicht der Endkunde) |
| SUMME_LP         | double     | Anzahl der Ladesäulen   |
| LADEPUNKTE       | double     | Anzahl der Ladepunkte   |

Zusätzlich zur Anzahl der Ladepunkte wird auch angegeben, wie viele Stecker der jeweiligen Steckertypen vorhanden sind.

Zur Auswahl stehen:

- „Normstecker“
- Typ-1 Stecker
- Chademo Stecker
- Combined Charging System-Stecker

*Tabelle 16: Weitere Parameter des Datenmodells Energie Steiermark*

| <b>Parameter</b> | <b>Typ</b> | <b>Beschreibung</b>                    |
|------------------|------------|--|
| FAHRZEUGAR       | string     | Mehrspurig oder einspurig              |
| ZUGANG           | string     | Öffentlich, halböffentlich oder privat |
| INFOS_ZUM        | string     | Öffnungszeiten/Zusatzinfos             |

Weiters sind Informationen zur Adresse angegeben, hierbei wird der Name der Straße, die Hausnummer, Postleitzahl, Gemeindename, Bezirk und die Modellregion angegeben. Zusätzlich dazu sind die Koordinaten im WGS84 und im Gauß-Krüger System M34 angegeben. Es finden sich außerdem Angaben zur Übertragung, ob die Ladesäule online ist und welcher Status vorliegt, sowie Name des Herstellers und Typ der Ladesäule. Es sind weitere Parameter vorhanden, die internen Zwecken des Energieversorgers dienen und daher hier nicht weiter behandelt werden.

## 4.7.2 Datenstruktur aus der Cloudlösung

Das Unternehmen Energie Steiermark nutzt mit dem Produkt „*beenergised*“<sup>61</sup> von der Firma has.to.be GmbH eine Cloudlösung für die Verwaltung der Stromtankstellen des Konzerns. Dabei können Stromtankstellen über ein Portal bearbeitet und überwacht werden. Die Abrechnung übernimmt „*beenergised*“. Das Produkt kann auch als sogenanntes White-Label-Programm verwendet werden. Das bedeutet, der Endkunde sieht nicht, dass ein Produkt der Firma has.to.be GmbH zur Verfügung gestellt wird. Für Privatkunden gibt es auch eine eingeschränkte Software zur Verwaltung von einer einzelnen Stromtankstelle. „*beenergised*“ bietet von sich aus eine Struktur an, die prinzipiell auch auf andere Sensoren angewendet werden kann.

Das Schema der Ladestationen findet sich in Tabelle 17. Wie im Abschnitt „Beschreibung des Datenoutputs“ angegeben, verfügen einige Felder über weitere Detailfelder. Auch wenn in diesem Fall das Schema für Stromtankstellen ausgelegt ist, erlaubt es mögliche Erweiterungen auf andere Sensortypen.

Tabelle 17: Datenschema der Cloudlösung

| Parameter    | Beschreibung  |
|--------------|---|
| uuid         | Eindeutige ID des Sensors (gemeint ist hier ein Standort) |
| label        | Name des Sensors (hier der Stromtankstelle)               |
| address      | Adresse   |
| coordinates  | Koordinaten   |
| Manufacturer | Hersteller des Sensors                                    |
| Model        | Modellbeschreibung des Sensors.                           |
| Connectors   | Übersicht der technischen Daten des Sensors               |
| marketing    | Parameter für die Vermarktung                             |
| additional   | Zusätzliche Felder  |

<sup>61</sup> beenergised Produktwebseite, 2017

### 4.7.3 Ballade-Schema<sup>62</sup>

Mit dem Ballade-Schema wurde eine Anwendung als OGC Web Feature Service für Internet of Things speziell für Stromtankstellen entworfen. Das System sieht Zahlungen, Wartungsmöglichkeiten, Energiemanagement, sowie Navigationsmöglichkeiten vor. Die Autorisierung gelingt über das Handy (Anruf oder SMS) oder über RFID-Stecker oder RFID-Berechtigungskarten.

Der grundsätzliche Aufbau des Schemas folgt dem Aufbau aus Abbildung 11. Die Ladestationen können über Administratorenzugänge überwacht und editiert werden. Das Ballade System bekommt über die Updatefunktion die verfügbaren Daten. Ein eigenes Zeitmanagement sorgt dafür, dass es nicht zu Systemüberlastungen kommt. Der User kann auf seinem Endgerät Status und Informationen zur gewünschten Ladestation abrufen. Das System ermöglicht außerdem eine Implementierung als Echtzeitsystem für Navigationssysteme. Ein Nutzer kann seine Route daher so planen lassen, dass eine freie Stromtankstelle am Weg liegt.

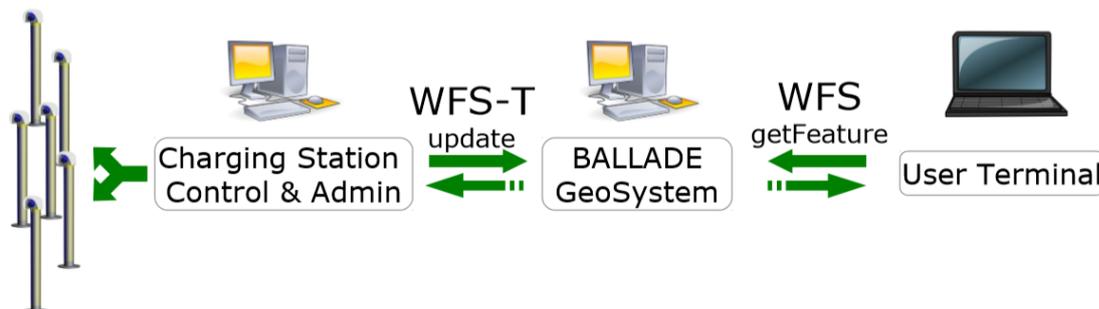


Abbildung 11: Ballade Schema (Santillan)

Es wurde ein Datenschema entworfen, das eher allgemein gehalten ist. Es finden sich viele Informationen zu Ort, Status und Kundeninformationen. Genauere technische Beschreibungen sind jedoch nur in kleinerem Umfang möglich (siehe Tabelle 18). Das Ballade-Schema konnte sich in der Praxis nicht etablieren. Daniel Santillan (Firma Eox IT Services GmbH) stellte für diese Masterarbeit eine Präsentation über das Ballade-Schema, sowie das Schema selbst (als XSD-Datei) zur Verfügung, auf das sich dieser Abschnitt bezieht. Das Schema wurde im Rahmen eines OGC Workshops im November 2011 vorgestellt.

<sup>62</sup>IoT Workshop OGC, 2011

Tabelle 18: Ballade-XML-Schema

| <b>Name</b>           | <b>Datentyp</b>       | <b>Beschreibung</b>                     |
|-----------------------|-----------------------|---|
| Id                    | Integer               | Primärschlüssel                         |
| Brand                 | String                | Name der Stromtankstelle                |
| location_name         | String                | Ortsname                                |
| location_name_lang    | String                | Ortsname (lang)                         |
| the_geom              | gml:PointPropertyType | Koordinaten                             |
| Street                | String                | Straßenname                             |
| houseNumber           | String                | Hausnummer                              |
| postal_code           | String                | Postleitzahl                            |
| City                  | String                | Stadt                                   |
| Region                | String                | Region                                  |
| Country               | String                | Land                                    |
| country_iso           | String                | Land (ISO-Code)                         |
| Email                 | String                | E-Mail-Adresse                          |
| Phone                 | String                | Telefonnummer                           |
| opening_time          | String                | Öffnungszeiten                          |
| building_storey       | String                | Gebäudegeschoss                         |
| special_restrictions  | String                | Einschränkungen                         |
| cpo_name              | String                | Interner Name                           |
| Services              | Integer               | Dienste                                 |
| reservation_amount    | Integer               | Anzahl Reservierungen                   |
| Status                | Integer               | Status                                  |
| payment_method        | String                | Zahlungsmethoden                        |
| charging_capabilities | Integer               | Lademöglichkeiten                       |
| connector_type        | Integer               | Steckertyp                              |
| last_change           | dateTime              | Letzte Änderung                         |
| reservation_url       | String                | URL, die zur Reservierung benötigt wird |

#### 4.7.4 Eigene Datenstruktur

Als alternative Möglichkeit wäre eine eigene Datenstruktur denkbar. Von besonderer Bedeutung sind eine eindeutige ID, Adresse, technische Daten, sowie der aktuelle Status. In diesem Schema wird jeder Anschluss als eigene Stromtankstelle behandelt. Dies hat den Nachteil, dass bei Standorten, mit vielen Ladesäulen eine mögliche Unübersichtlichkeit vorherrscht. Dies kann allerdings durch eine akkurate Visualisierung kompensiert werden. Als Vorteil kann man die Tatsache bezeichnen, dass keine Baumstrukturen verwendet werden. Dies ermöglicht eine einfachere Darstellung.

Das geplante Schema ist Tabelle 19 zu entnehmen und stellt lediglich ein Gerüst für die wichtigsten Daten dar. Weitere Felder könnten bei Bedarf angefügt werden.

*Tabelle 19: Konzept eines eigenen Datenmodells*

| <b>Name</b>   | <b>Datentyp</b>       | <b>Beschreibung</b>      |
|---------------|-----------------------|--------------------------|
| Id            | Integer               | Primärschlüssel          |
| Adresse       | Typ                   | Adresse                  |
| Strasse       | String                | Name der Straße          |
| Hausnummer    | Integer               | Hausnummer               |
| Hausnr_Zusatz | String                | Hausnummernzusatz        |
| PLZ           | Integer               | Postleitzahl             |
| Ort           | String                | Ort                      |
| Koordinaten   | gml:PointPropertyType | Koordinaten              |
| Tech_Info     | Typ                   | Technische Information   |
| Hersteller    | String                | Hersteller der Ladesäule |

## 4.8 Entscheidung

Die gewählte Lösung sollte möglichst einfach zu implementieren sein und gleichzeitig so gewählt sein, dass man mögliche weitere IoT-Objekte mit anderen Attributen einfach einbinden kann. Sowohl das Ballade-Schema, als auch ein eigenes Schema würden eine Konvertierung der Daten voraussetzen. Das Ballade-Schema enthält Datenfelder, die von der Cloudlösung nicht abgedeckt werden. Ebenso gibt es Daten, die wiederum das Balladeschema nicht aufnehmen kann. Ein selbst erstelltes Schema könnte nur die Daten aufnehmen, die verfügbar sind und lediglich weitere Felder ignorieren. Die Datenstruktur der Energie Steiermark wurde als Basis von Points of Interests eingefügt.

Letztendlich wurde die Datenstruktur des Cloudbetreibers „*beenergised*“ verwendet. Dies ermöglicht einerseits die vollständige Nutzung aller Daten, die in der Cloud zur Verfügung stehen, andererseits kann auch auf eine Umwandlung der Datenstruktur verzichtet werden. Eine mögliche Erweiterung von Attributen ist möglich.

Generell wurde versucht, sich möglichst stark nach einem OGC-Standard zu orientieren. Im Rahmen dieser Arbeit wurde allerdings kein Standard und keine Norm gefunden, die eine Datenstruktur im Detail definiert. Die verfügbaren Standards decken nur den allgemeinen Umgang mit Sensordaten ab.

## 4.9. Vorstellung des Programms

In diesem Abschnitt soll die gewählte Umsetzung erläutert werden. Das Hauptfenster (Abbildung 12) besitzt zwei mehrzeilige Textbereiche. Der obere Bereich dient der Eingabe der zugeordneten Adresse. Das untere Textfeld dient der Ausgabe des Ergebnisses. Es können die Befehle GET und POST prozessiert werden. Zusätzlich zu diesen Basisfunktionalitäten wurde eine grobe Aufteilung der Daten in eine Tabelle vorgenommen. Der Knopf FORMAT erledigt diese Umwandlung.

Die Knöpfe, die an der rechten Seite sichtbar sind, wandeln (bis auf „Tabelle“) die JSON-Daten in XML-Daten um. Dies diente im Rahmen der Arbeit als Testmöglichkeit der verschiedenen Schemata.

The screenshot shows a window titled 'Form1' with a text input field at the top. Below it are buttons for 'POST', 'GET', 'FORMAT' (highlighted), and 'Soeichem'. A large text area displays a JSON object with details for an energy station. To the right of the JSON are buttons for 'Tabelle', 'FastConvert', 'XML import', and 'XML format'. At the bottom, a table displays the data from the JSON in a structured format.

|   | id | {uuid              | label0      | name_interna0     | {street0           | zip0 |
|---|----|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|------|
| ▶ | 1  | d582aa71-c99a-...  | Ladepunkt 1 | EST_10000101 -... | Elisabethstraße 88 | 8010 |
|   | 2  | 475c6198-c311-...  | Ladepunkt 1 | EST_10000102 -... | Elisabethstraße 84 | 8010 |
|   | 3  | 680f9773-dbeb-4... | Ladepunkt 1 | X_EST_1000110...  | Leonhardgürtel 10  | 8010 |
|   | 4  | 1a17937b-1e13-...  | Ladepunkt 1 | EST_80001101 -... | Rathausplatz 1     | 8200 |
|   | 5  | f9fc9e16-bea6-4... | Ladepunkt 1 | EST_20029101 -... | Steinberg 58       | 8563 |
|   | 6  | 52d88a9e-a8ae-...  | Ladepunkt 1 | EST_80002101 -... | Hauptstraße 18     | 8502 |
|   | 7  | 3a45e045-c7a0-...  | Ladepunkt 1 | EST_80003101 -... |                    |      |
|   | 8  | 3d505cd5-267a-...  | Ladepunkt 1 | EST_40001101 -... | Hauptplatz 19      | 8700 |

Abbildung 12: Hauptfenster

Der Button „Tabelle“ öffnet eine weitere Ansicht der Daten in Tabellenform.

Wurden die Daten importiert und umgewandelt, so kann damit eine neue Tabelle angezeigt werden (siehe Abbildung 13). Dieses weitere Fenster dient der besseren Übersichtlichkeit. Diese Daten liegen bereits im XML-Format vor, da sie zuvor vom Hauptfenster umgewandelt wurden.

| id | uuid                | label              | street              | zip  | city                 | country | lat        | long     |
|----|---------------------|--------------------|---------------------|------|----------------------|---------|------------|----------|
| 1  | d582aa71-c99a-...   | EST_10000101 - ... | Elisabethstraße 88  | 8010 | Graz                 | AT      | 47.078207  | 15.46338 |
| 2  | 475c6198-c311-...   | EST_10000102 - ... | Elisabethstraße 84  | 8010 | Graz                 | AT      | 47.077711  | 15.46254 |
| 3  | 0a46a39f-3772-4...  | EST_10001102 ...   | Leonhardgürtel 10   | 8010 | Graz                 | AT      | 47.074865  | 15.45488 |
| 4  | 680f9773-dbeb-4...  | EST_10001102 - ... | Leonhardgürtel 10   | 8010 | Graz                 | AT      | 47.074865  | 15.45488 |
| 5  | 1a17937b-1e13-...   | EST_80001101 - ... | Rathausplatz 1      | 8200 | Gleisdorf            | AT      | 47.104739  | 15.71170 |
| 6  | 33ba3f66-c5eb-4...  | EST_20002101 - ... |                     | 8970 | Schladming           | AT      | 47.3987027 | 13.65544 |
| 7  | f9fc9e16-bea6-4...  | EST_20029101 - ... | Steinberg 58        | 8563 | Ligist               | AT      | 46.963797  | 15.21703 |
| 8  | 52d88a9e-a8ae-...   | EST_80002101 - ... | Hauptstraße 18      | 8502 | Lannach              | AT      | 46.943648  | 15.33334 |
| 9  | 3a45e045-c7a0-...   | EST_80003101 - ... |                     |      | Gratwein-Straßen...  | AT      | 47.114476  | 15.33660 |
| 10 | 3d505cd5-267a-...   | EST_40001101 - ... | Hauptplatz 19       | 8700 | Leoben               | AT      | 47.38179   | 15.09504 |
| 11 | 1be82c42-4da8-...   | EST_80004101 - ... |                     |      | Rein                 | AT      | 47.137006  | 15.28532 |
| 12 | 96e3b9bb-6e87-...   | EST_40004101 - ... | Raiffeisen-Platz 11 | 8074 | Raaba                | AT      | 47.027265  | 15.49075 |
| 13 | b3053c6e-3227-...   | EST_30001101 - ... | Kaindorf 15         | 8224 | Kaindorf bei Hart... | AT      | 47.22666   | 15.90899 |
| 14 | b2a445a1-178d-...   | EST_20005101 - ... | Salzburger Strasse  | 8940 | Liezen               | AT      | 47.562636  | 14.24362 |
| 15 | 4241779a-4d37-...   | EST_20044201 - ... | Lagerplatz Weg 67   | 8262 | Ilz                  | AT      | 47.089099  | 15.92237 |
| 16 | 1f43af68-a9a3-4f... | EST_10002101 - ... | Leonhardgürtel 10   | 8010 | Graz                 | AT      | 47.074865  | 15.45488 |
| 17 | 2a42363f-cf7a-4...  | EST_20044101 - ... | Lagerplatz Weg 67   | 8262 | Ilz                  | AT      | 47.089099  | 15.92237 |
| 18 | f424376a-3a8b-4...  | EST_80006101 - ... | Riegersburg 20      | 8333 | Riegersburg          | AT      | 47.001154  | 15.93724 |
| 19 | f327c242-6099-4...  | EST_10003101 - ... | Neuholdaugasse ...  | 8010 | Graz                 | AT      | 47.056753  | 15.43751 |
| 20 | 3b593991-6276-...   | EST_20035101 - ... | Seering 10          | 8141 | Premst\u00e4tten     | AT      | 46.976009  | 15.42737 |
| 21 | cc37b946-52f6-4...  | EST_40005101 - ... | Klosterwiesgasse... | 8010 | Graz                 | AT      | 47.059942  | 15.44803 |
| 22 | 55659c10-c435-...   | EST_20009101 - ... | Donnersbachwal...   | 8953 | Donnersbachwald      | AT      | 47.3754518 | 14.11701 |
| 23 | 2a434c6b-f522-4...  | EST_10005101 - ... |                     |      |                      | AT      | 0          | 0        |
| 24 | 91f89e44-1db8-4...  | EST_10006101 - ... | Schubertstraße 33   | 8720 | Knittelfeld          | AT      | 47.213466  | 14.82285 |
| 25 | ee426c3b-67ca-...   | EST_80007101 - ... | Hauptplatz 9        | 8350 | Fehring              | AT      | 46.93518   | 16.01128 |
| 26 | f127ac90-b2b8-4...  | EST_40007101 - ... | Retznei 34          | 8461 | Ehrenhausen          | AT      | 46.7358533 | 15.57160 |

Abbildung 13: Tabellenfenster

## 4.10 Einbindung in den Integrator

In den bisher genannten Schritten wurden die Daten abgefragt und entsprechend aufbereitet. Um die Daten einfach in das System des Energieversorgungsunternehmens einzubinden ist eine eigene Schnittstelle nötig. Die Energie Steiermark hat dazu einen „Integrator“ erstellt. Dieses Programm erlaubt durch eine Konfigurationsoberfläche die Einbindung von unterschiedlichen Schnittstellen in die unternehmenseigenen Datenbanken.

Der „Integrator“ verfügt über eine grafische Oberfläche. Unterschiedliche Schnittstellen können über Plug-Ins eingebunden werden. Das Programm ist in der objektorientierten Programmiersprache C# geschrieben.

Um im unternehmenseigenen Integrator Befehle aufzurufen, sind über das geschaffene Plug-In Befehle zu definieren. Hintergrund des Integrators ist eine Vereinheitlichung der Schnittstellen zu erreichen. Mittels einheitlichen Strings können Befehle aufgerufen werden. Der erste Teil der Uri beinhaltet den Connection String. Dabei werden sowohl die URL, sowie Authentifizierungsinformationen mitgegeben. In einem weiteren String, dem sogenannten Select String werden die Abfrage-Befehle angegeben. Das geschaffene Plug-In schafft im Verbund des Integrators eine Möglichkeit, mehrere unterschiedliche Datenquellen einheitlich abzurufen.

### 4.10.1 Abfragemöglichkeiten der Stromtankstellen

Im Abschnitt „Umsetzung der Software“ wurde erklärt, welche Parameter gesetzt werden müssen. Als Beispiel wird hier erneut eine Beispielabfrage angegeben, die alle Stromtankstellen zurückgibt.

```
GET https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/?connectordetails=TRUE
X-api-token: [jeweilige Sitzungsberechtigung]
```

Diese Abfrage liefert alle Ergebnisse zurück. Die Schnittstelle bietet jedoch auch die Möglichkeit Filter anzuwenden, um die Suchergebnisse einzugrenzen. Dabei wird hinter dem Fragezeichen ein Filterkriterium angegeben.

Die Möglichkeiten, die zur Verfügung stehen, sind in Tabelle 20 dargestellt.

*Tabelle 20: Abfrageparameter Stromtankstellen*

| Suffix                               | Beschreibung                           |
|--------------------------------------|--|
| ?connectordetails=TRUE               | Alle Ergebnisse mit Detail             |
| ?filter_by_zip={PLZ}                 | Filter nach Postleitzahl               |
| ?filter_by_name={Name des Standorts} | Filter nach Name (Label des Standorts) |
| ?filter_by_street={Straßenname}      | Filter nach Straße                     |
| ?filter_by_city={Ortsname}           | Filter nach Orten                      |

Sämtliche Abfragen können beliebig kombiniert werden. Beispielweise kann nach einem Standort mit einer Postleitzahl und einem Straßennamen gesucht und gleichzeitig alle Ergebnisse mit Detailansicht aller Anschlüsse, deren technischen Details und dem Status abgefragt werden. Eine entsprechende Abfrage würde wie folgt aussehen:

```
GET https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/
?filter_by_zip={PLZ}&filter_by_name={Name}&connectordetails=TRUE
```

Neben diesen Abfragemethoden besteht auch die Möglichkeit der Suche mittels Wildcards. Die bedeutet, dass sich der Suchbegriff nicht mit dem Ergebnis decken muss, sondern das Ergebnis die gesuchten Zeichen nur beinhalten muss.

Angenommen wird eine fiktive Ladestation mit dem Namen (Label) „Steyrergasse 30“. Eine herkömmliche Abfrage nach dem Wort Steyrergasse würde die Stromtankstelle nicht finden.

Die Abfrage würde wie folgt aussehen:

```
GET https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/  
?filter_by_name=Steyrergasse
```

Diese Abfrage liefert kein Ergebnis.

Führt man allerdings bei der Abfrage ein Prozentzeichen (%) ein, wird nach dem Wort innerhalb aller Ergebnisstrings gesucht. Dies sieht wie folgt aus:

```
GET https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps/format/  
?filter_by_name=%Steyrergasse%
```

Diese Abfrage findet die Tankstelle in der Steyrergasse.

#### 4.10.2 Implementierung der Befehle in den Integrator

Bei den Stromtankstellen existieren - wie soeben gezeigt - verschiedene Such- und Filterkriterien. Diese wurden im Rahmen der Masterarbeit in ein erstelltes Plug-In implementiert, um den Integrator mit dieser Funktionalität zu erweitern. Zunächst wurde eine Aufteilung in einen Connection String (Verbindungsstring) und einen Select String (Abfragestring) vorgenommen. Der Connection String beinhaltet die eigentliche Adresse (URL), sowie Authentifizierungsinformationen (Username und Passwort).

Der Verbindungsstring bei den Stromtankstellen sieht wie folgt aus:

```
url=https://energie-steiermark.htb.solutions/api/cps;user={user};pwd={pwd}
```

Die aufgerufene Funktion löst einen POST-Befehl aus, der einen Sitzungstoken anfordert. Token und URL werden in die Abfragefunktion übergeben. Der programmiertechnische Hintergrund wird in diesem Zusammenhang nicht mehr erläutert, da dies dem Ablauf aus dem Abschnitt „Umsetzung der einzelnen Arbeitsschritte“ entspricht.

Im Abfragestring gibt der Nutzer seine Such- und Filterkriterien ein. Eine simple Eingabe des Befehls „all“ ermöglicht die Abfrage aller Standorte. Einzelne Standort können über die Postleitzahl, den Namen (Label), die Straße oder die Stadt abgerufen werden. Diese Abfragen können auch kombiniert werden, um die Filterergebnisse weiter einzugrenzen. Zur Kombination werden mehrere Abfragesegmente mit einem kaufmännischen Und („&“) verknüpft.

Tabelle 21 zeigt die möglichen Abfragen.

*Tabelle 21: Erstellte Schnittstellenbefehle (Stromtankstellen)*

| Befehl                 | Beschreibung                                |
|------------------------|---|
| all                    | Zeigt alle Standorte im System an           |
| plz={plz}              | Standorte nach Postleitzahl                 |
| <i>name={label}</i>    | <i>Label eines Standortes</i>               |
| <i>details={label}</i> | <i>Details eines Standorts (nach Label)</i> |
| <i>street={street}</i> | <i>Standorte nach Straße</i>                |
| city={city}            | Standorte nach Stadt                        |

Bei kursiv beschriebenen Zeilen muss nicht der gesamte Name eingegeben werden, es genügt ein Teil des Suchbegriffs, da mittels Wildcard abgefragt wird. Alle Abfragen (mit Ausnahme von „all“ und „details“) können kombiniert werden. Dazu muss mit „&“ ein weiterer Parameter hinzugefügt werden. Details könnten zwar theoretisch angegeben werden, würden aber zu Problemen mit der Datenstruktur führen (es entsteht eine Baumstruktur).

Aus diesem Grund wurde die Option der Details, nach Absprache mit dem Energieversorgungsunternehmen, auf die Abfrage nach Labels reduziert.

Eine mögliche Abfrage könnte wie folgt aussehen:

```
name=Technikzentrum&plz=8010&street=Neuholdaugasse&city=Graz
```

Hier werden alle Standorte angegeben, die in der Grazer Neuholdaugasse sind und den Namen (bzw. das Label) „Technikzentrum“ besitzen.

## 5 Untersuchung weiterer geeigneter Schnittstellen

Die bisherigen Abschnitte beschäftigten sich mit der Planung und Umsetzung einer Software, die Daten von Stromtankstellen abrufen, aufbereiten und in einer Schnittstelle zur Verfügung stellen kann. Das folgende Kapitel soll nun weitere Anwendungsbeispiele der Datennutzung, die in einem Energieversorgungsunternehmen relevant sind, aufzeigen.

### 5.1 Smart Meter<sup>63</sup>

Stromtankstellen sind nicht die einzigen Sensoren, die ein Energieversorgungsunternehmen benützt. Ein aktuelles Thema sind zurzeit „intelligente“ Stromzähler, auch Smart Meter genannt. Der Vorteil dieser Geräte ist, dass der Strombedarf in Echtzeit analysiert und überprüft werden kann. Dazu zeichnet eine Software direkt am Gerät die Stromverbrauchsdaten auf und übermittelt sie dem Netzbetreiber. Vorteilhaft ist die Möglichkeit, über die Analysegeräte mit erhöhtem Stromverbrauch zu detektieren und über intelligente Steuerungsgeräte zu aktivieren, wenn ohnehin zu viel Strom im Netz vorhanden ist. Netzbetreiber können somit - bei entsprechender Konfiguration - ihre Überschüsse besser verteilen und im Fall von Kapazitätsengpässen Verbraucher vom Netz nehmen, ohne das Netz zu gefährden. Während den Verbrauchsspitzen (beispielsweise in den Stunden zwischen 6 Uhr und 9 Uhr) können so verbrauchsintensive Geräte ruhen, während diese in der verbrauchsarmen Nacht betrieben werden.

Als Nachteil muss jedoch die Tatsache bezeichnet werden, dass der Kunde dadurch zum „gläsernen Verbraucher“ wird. Bisherige Stromzähler zeichnen ohne Datenverbindung den Verbrauch auf, der einmal jährlich dem Betreiber gemeldet wird. „Smarte“ Stromzähler übermitteln je nach Modell die Daten in Echtzeit oder in einem engen Zeitintervall. Dadurch lässt sich ein Nutzerverhalten ableiten. Zusätzlich besteht durch die Datenverbindung ein Risiko, dass Unbefugte auf das Gerät zugreifen. Einerseits ist ein „Ausspähen“ des Kunden theoretisch möglich (der Stromverbrauch

---

<sup>63</sup>Höllinger, M., 2017

kann viel darüber aussagen, ob sich in einem Haus aktuell Menschen aufhalten oder nicht).

Andererseits ist die potenzielle Gefahr vorhanden, dass Cyber-Kriminelle die Infrastruktur für ein gezieltes Black-Out nutzen, wenn viele Smart-Meter manipuliert werden. Aus der Sicht des Sensor Webs betrachtet, sind Smart-Meter typische Vertreter von Sensoren. Eine gesetzliche Verpflichtung<sup>64</sup> bringt die Geräte bis voraussichtlich 2020 in 95% der EU-Haushalte.

Die Sensoren sind stationär, können über den Kunden zu einer Adresse und damit zu Geokoordinaten zugeordnet werden. Aus Datenschutzgründen werden und sollen die aufgezeichneten Daten nur dem Netzbetreiber, sowie dem Kunden (nur sein eigenes Gerät) zur Verfügung stehen. Die Frage „Wo befindet sich der nächste intelligente Stromzähler?“ ist somit nur aus der Sicht des Netzbetreibers relevant.

Die Geoinformation hilft hierbei zusätzlich, räumliche Analysen zu erstellen und Statistiken aufzustellen. Die Smart-Meter-Daten können mit anderen Sensoren verknüpft werden, um damit noch größere Datenwolken entstehen zu lassen.

## 5.2 Wetterdaten

Stromtankstellen und Smart-Meter sind typische Anwendungsfälle von Sensoren in einem Energieversorgungsunternehmen. Es werden bei der Energie Steiermark jedoch auch Daten verwendet, die ein Laie in erster Linie nicht mit einem derartigen Unternehmen in Verbindung gesetzt hätte.

Wetterdaten sind prinzipiell für jedes Unternehmen interessant, welches in irgendeiner Form vom Wetter abhängig ist. Bei einem Unternehmen aus der Strombranche trifft dies sehr stark zu. Auf der einen Seite beeinflusst das Wetter die Stromproduktion. Laufkraftwerke können nur bei entsprechendem Wasserstand Strom produzieren, Photovoltaik und Windkraft sind noch intensiver vom Wetter beeinflusst. Ein Energieerzeugungsunternehmen profitiert daher stark davon, das Wetter an seinen Kraftwerksstandorten zu kennen, um eine bessere Planbarkeit zu ermöglichen.

---

<sup>64</sup>Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments, 2006

Auf der anderen Seite steht der Verbraucher, dessen Strombedarf ebenfalls sehr stark vom Wetter abhängt. Sehr kalte Winter führen zu einem erhöhten Heizbedarf (und damit zu einem erhöhten Strombedarf). Die warme Jahreszeit veranlasst viele Menschen Gebäude zu kühlen, was in den meisten Fällen mit einer Wärmepumpe geschieht. Für einen Energienetzbetreiber, der sein Netz stabil halten muss, bedeuten Informationen über das Wetter gleichzeitig auch eine bessere Planbarkeit. Wetterprognosen und aktuelle Werte erleichtern die Arbeit innerhalb eines Stromkonzerns.

Eine dritte Anwendung der Wetterinformationen in einem Energieversorgungsunternehmen sind Instandhaltungsaufgaben. Bei prognostizierten Stürmen, Unwettern oder Blitzeisgefahr kann die Alarmbereitschaft der Techniker erhöht werden, um im Schadenfall den Strom in den betroffenen Gebieten schneller wiederherzustellen.

### 5.2.1 Zugriff auf die *openweathermap*-Schnittstelle<sup>65</sup>

Der zuvor beschriebene Integrator ermöglicht die Einbindung von unterschiedlichen Sensordaten. Das gilt auch für Wetterdaten, die über eine entsprechende Schnittstelle verfügen. *openweathermap* ist ein Open-Source-Dienst, der Daten von Wetterstationen über eine Schnittstelle zur Verfügung stellt.

Der Zugriff erfolgt über einen so genannten API-Key, den man mittels Account anfordern kann. Es ist sowohl möglich, Informationen über die aktuelle Temperatur, als auch über die Wetterprognose der nächsten Tage zu erhalten. Dabei gibt es verschiedene Optionen. Neben der Vorhersage für 7 Tage gibt es auch eine Vorhersage für 16 Tage. Bei kostenlosen Accounts werden Daten geboten, die alle 2 Stunden aktualisiert werden. Das teuerste Service-Level bietet Updates im Minutentakt.

Abgefragt werden können Wetterstationen nach Postleitzahl, Identifikationsnummer, Stadt oder Koordinaten.

---

<sup>65</sup>Openweathermap, 2017

Die Abfragen laufen, analog zu den Stromtankstellen über eine REST-Schnittstelle. Eine mögliche Abfrage kann lauten:

```
api.openweathermap.org/data/2.5/weather?lat=47&lon=15&appid={token}
```

Dabei würden die aktuellen Wetterinformationen des Ortes Pack abgerufen werden. Der String besteht aus einem allgemeinen Teil (bis einschließlich der Versionsnummer 2.5), einer Abfrage und einer Authentifizierungsinformation.

Innerhalb der Abfrage wird vor dem Fragezeichen bekannt gegeben, ob nach dem aktuellen Wetter gesucht wird (*weather*) oder ob es sich um eine Vorhersage (*forecast*) handelt. Nach dem Fragezeichen kommt die Abfrage der jeweiligen Wetterstation. In diesem Beispiel finden sich Daten des Ortes Pack westlich von Graz. Dies passt zu den getesteten Koordinaten. Es finden sich keine Informationen von Seiten der *openweathermap*, wie es zur Berechnung des nächsten Standortes kommt. Eine Berechnung über Luftlinie scheint wahrscheinlich, kann aber bei Nichtbeachtung von klimatischen Bedingungen (eine Wetterstation an einem Berggipfel liegt näher, der gesuchte Ort liegt aber noch im Tal) zu groben Fehlern führen.

Das Ergebnis der Abfrage lautet wie folgt.

```
{"coord":{"lon":15,"lat":47},
"weather":[{"id":802,"main":"Clouds","description":"scattered
clouds","icon":"03d"}],
"base": "stations",
"main":{"temp":298.66, "pressure":1018,"humidity":53,
"temp_min":298.15, "temp_max":299.15},
"visibility":10000,
"wind":{"speed":2.1},
"clouds":{"all":40},
"dt":1497527400,
"sys":{"type":1, "id":5929, "message":0.0041, "country":"AT",
"sunrise":1497495860, "sunset":1497553025},
"id":2769300,
"name":"Pack",
"cod":200}
```

### 5.2.2 Einbindung der Daten aus openweathermap in den Integrator

Im Integrator wurden die Befehle so eingebunden, dass eine einfache Nutzung mittels Abfrage- und Verbindungsstring möglich ist.

Der Verbindungsstring lautet:

```
url=http://api.openweathermap.org/data/2.5/?token={token}
```

Der Token muss von der Homepage von *openweathermap* nach Registrierung angefordert werden.

Auch bei den Wetterdaten muss ein Abfragestring erstellt werden. Hierbei wird zum einen festgestellt, welcher Ort gesucht ist, zum anderen muss übergeben werden, ob es sich um die aktuellen Werte handelt oder eine Prognose abgefragt werden soll.

Die Auswahlmöglichkeiten für die Definition des Ortes, sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22: Auswahlmöglichkeiten des Orts bei der Wetter-Abfrage

| Befehl              | Beschreibung                    |
|---------------------|---------------------------------|
| plz={plz}           | Stationsdaten nach Postleitzahl |
| id={id}             | Stationsdaten nach Id           |
| city={city}         | Stationsdaten nach Stadt        |
| lat={lat};lon={lon} | Stationsdaten nach Koordinaten  |

Es ist möglich, sowohl aktuelle Wetterdaten, als auch Prognosen zu erhalten. In der Implementierung die im Rahmen dieser Masterarbeit erstellt wurde, wird dazu mittels Backslash ein Wert angehängt. Die nötigen Appendizes sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Auswahl Wetter oder Prognose

| Befehl            | Beschreibung                 |
|-------------------|------------------------------|
| /now              | aktuelles Wetter             |
| /forecast         | Vorhersage (stündlich)       |
| /forecast-daily16 | 16 Tage Vorhersage (täglich) |

Ein Abfragestring könnte damit wie folgt aussehen:

|                    |
|--------------------|
| city=Graz/forecast |
|--------------------|

In diesem Fall würde für Graz eine stündliche Wettervorhersage der nächsten 7 Tage abgefragt werden.

Die Ergebnisprotokolle verzeichnen viele Einträge, von denen nur die wichtigsten behandelt werden sollen (Tabellen 24 und 25).

*Tabelle 24: Auszug aus dem Ergebnisprotokoll (Wetterdaten) [1]*

| <b>Bezeichnung</b> | <b>Erklärung</b>              |
|--------------------|-------------------------------|
| dt                 | Zeitpunkt                     |
| temp               | Temperatur [K]                |
| temp_min           | Minimaltemperatur [K]         |
| temp_max           | Maximaltemperatur [K]         |
| Pressure           | Luftdruck [hpa]               |
| sea_level          | Luftdruck in Meereshöhe [hpa] |
| grnd_level         | Luftdruck in Bodenhöhe [hpa]  |
| humidity           | Luftfeuchtigkeit [%]          |

*Tabelle 25: Auszug aus dem Ergebnisprotokoll (Wetterdaten) [2]*

| <b>Bezeichnung</b> | <b>Erklärung</b>                        |
|--------------------|---|
| id                 | Identifikationsnummer                   |
| main               | Wetterbeschreibung (klar, bewölkt, ...) |
| description        | Ausführliche Beschreibung               |
| icon               | Verwendendes Icon für die Wetterkarte   |
| clouds             | Wolkenbedeckung                         |
| wind speed         | Windgeschwindigkeit [m/s]               |
| wind deg           | Windrichtung [Grad]                     |
| dt_txt             | Zeitstempel [yyyy-mm-dd hh:mm:ss]       |

Zusätzlich beinhaltet das Datenpaket Informationen über den Status der Nachricht und geografische Informationen. Die wichtigsten Einträge sind in Tabelle 26 dargestellt.

*Tabelle 26: Auszug aus dem Ergebnisprotokoll [3]*

| <b>Bezeichnung</b> | <b>Erklärung</b>                         |
|--------------------|--|
| city               | Stadt (Standort der Wetterstation)       |
| name               | Geografische Bezeichnung (Altstadt, ...) |
| lat                | Geografische Breite                      |
| lon                | Geografische Länge                       |
| country            | Land                                     |

## 5.3 Twitter-Schnittstelle

Ein weiteres Anwendungsfeld berücksichtigt auch den Menschen als Sensor im weiteren Sinn. Personen stellen Informationen ins Internet, die ebenfalls zur Analyse verwendet werden können. Neben Blogs erfreuen sich vor allem Social-Media-Plattformen großer Beliebtheit. Ein sehr bekanntes Beispiel aus diesem Bereich ist der Kurznachrichtendienst Twitter.

Twitter bietet ebenfalls eine Möglichkeit, Postings (bei Twitter Tweets genannt) über eine Schnittstelle abzurufen. Dabei muss ein Token während der Sitzung angefordert werden. Es ist dabei auch möglich, nach Koordinaten zu filtern und nur Ergebnisse aus einem begrenzten Bereich auszulesen. Für einen Energieversorger kann dies aus Marketinggründen interessant sein. Werbeaktionen mit Teilen von Links und Hashtags (kurzer Suchbegriff, zu dessen Thema der Tweet passt) können Neukunden zum Unternehmen bringen. Ein anderes Beispiel für Anwendungen wäre die Nutzung im Bereich Katastrophenmanagement. Nutzer, die online über Stromausfälle oder Unwetter, sowie Störfälle posten, können als Sensor im weiteren Sinn verwendet werden und damit im optimalen Fall Techniker zum richtigen Ort bringen.

### 5.3.1 Authentifizierungsverfahren<sup>66</sup>

Bei den Stromtankstellen gelang die Authentifizierung über eine Nutzer-Passwort-Kombination, wobei in der Verbindungsfunktion ein Berechtigungstoken erstellt wird. Im Fall der Wetterdaten wird von der Homepage ein Token in das Programm übergeben. Twitter benützt allerdings ein komplexeres Sicherheitslevel.

Der Zugriff auf die REST-Schnittstelle kann entweder über eine sogenannte Nutzerauthentifizierung oder über eine Application-only-Authentifizierung erfolgen. Bei der Nutzerauthentifizierung erstellt ein Nutzer einen eigenen Zugang bei Twitter selbst und bei der Entwicklerseite von Twitter. Dort kann man eine Anwendung erstellen, für die man eine Nutzer-Passwort-Kombination erhält. Während des Programmaufrufs wird ein Token asynchron erstellt, der für die Abfragen verwendet werden kann.

---

<sup>66</sup>Twitter Hilfeseite für Entwickler (Authentifizierungsverfahren), 2017

Die Application-only-Methode ist für größere Projekte geeignet. Dabei muss die Anwendung selbst bei Twitter registriert werden. Der Programmieraufwand und die Einschränkungen sind ein deutlicher Nachteil gegenüber der Nutzerauthentifizierung, die deshalb gewählt wurde.

Die REST-Schnittstelle<sup>67</sup> von Twitter bietet sehr viele Möglichkeiten und Einstellungen, die allerdings weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen würden. Deshalb wird bei den Abfragen ausschließlich die Möglichkeit behandelt, Tweets nach Koordinaten abzufragen.

Die Suche nach dem Hashtag „Elektroauto“ im Umkreis von 2km der Koordinaten 47N, 15E sieht folgendermaßen aus:

```
https://api.twitter.com/1.1/search/tweets.json?q=%40Elektroauto&geocode=47,15,2km
```

Wie in diesem Beispiel sichtbar, können verschiedene Filterkriterien kombiniert werden. Alternativ könnte auch nur nach einem Hashtag (weltweit) oder nach beliebigen Tweets im Umkreis von gegebenen Koordinaten gesucht werden.

---

<sup>67</sup>Twitter Hilfeseite für Entwickler (REST-Schnittstelle), 2017

### 5.3.2 Einbindung in den Integrator

Wie schon bei den Stromtankstellen und den Wetterdaten wird ein Verbindungsstring und ein Abfragestring erstellt. Der Verbindungsstring sieht wie folgt aus.

```
url=https://api.twitter.com/1.1/search/tweets.json?q=%40;  
userkey={USERKEY};secret={SECRET}
```

Als *Userkey* wird der Key bezeichnet, der dem Benutzer zugeordnet ist. Dies ist nicht der Benutzername. Mit *Secret* wird das Passwort umschrieben.

Der Abfragestring hat folgende Form:

```
hashtag={Suchbegriff};lon={geogr. Länge};lat={geogr. Breite};range={Umkreis}km
```

Tabelle 27 zeigt die Abfragemöglichkeiten, die im Integrator-Plug-In implementiert wurden.

*Tabelle 27: Mögliche Twitter-Abfragen im Integrator*

| <b>Befehl</b>   | <b>Beschreibung</b>                |
|---|------------------------------------|
| hashtag={city}  | Suche nach Hashtag                 |
| lon={lon};lat={lat};range={range}km                           | Suche nach Tweet aus Koordinaten   |
| hashtag={city};lon=15;<br>lon={lon};lat={lat};range={range}km | Suche nach Hashtag und Koordinaten |

## 6 Mögliche Anwendungsbeispiele

Die bisherigen Abschnitte dieser Arbeit beschäftigten sich mit der Einbindung von verschiedenen Sensordaten in Schnittstellen, die in weiterer Folge in Datenbanken verwendet werden können. Dies ist allerdings nur ein erster Schritt am Weg zur Nutzung von Big Data. Es ergeben sich dadurch viele Anwendungsbeispiele, die in diesem Abschnitt behandelt werden sollen.

### 6.1 Verschiedene Nutzungsszenarien der verfügbaren Daten

#### 6.1.1 Szenario 1: Stromtankstellen und Wetterdaten

Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Einbindung von Stromtankstellen in den „Integrator“, eine Software, die es ermöglicht, verschiedene Sensordaten zu bündeln. Diese Daten werden in weiterer Folge in ein geografisches Informationssystem eingefügt. Die Daten können annähernd in Echtzeit angezeigt werden (im praktischen Teil wurde ein 10-Minutentakt verwendet). Eine Anwendungsmöglichkeit wäre die Darstellung der Stromtankstellen in einer mobilen Applikation. Die Anwendung könnte auch im integrierten Fahrzeugnavigationssystem laufen.

##### *6.1.1.1 Kunden und Nutzer*

In erster Linie würden Benutzer von Elektroautos profitieren. Über die fahrzeugeigenen Navigationssysteme oder über mobile Endgeräte wäre die nächste freie und passende Stromtankstelle leicht und schnell gefunden. Die Wetterdaten können die Berechnung der Restreichweite weiter optimieren. Stromtankstellenbetreiber haben ebenfalls einen Nutzen aus dem System, da die Beanspruchung des Stromtankstellennetzes besser planbar wird.

##### *6.1.1.2 Technische Voraussetzungen*

Der Stromtankstellenbetreiber muss sowohl die technischen Daten, als auch die geografischen Daten und den Status (frei, besetzt oder außer Betrieb) öffentlich zugänglich machen. Weiters müssen Wetterdaten von möglichst vielen Standorten zur Verfügung stehen. Dies lässt sich über Open-Source Lösungen bewerkstelligen. Ein Beispiel dafür wäre die in dieser Arbeit verwendete *openweathermap*.

Der Nutzer muss für dieses Szenario über ein internetfähiges (mobilfunktaugliches) Endgerät verfügen, um die aktuellen Sensordaten dargestellt zu bekommen. Wie bereits erwähnt, handelt es sich dabei um ein fest im Fahrzeug verbautes Gerät (Navigations- bzw. Multimediasystem) oder ein Mobilgerät (Smartphone, Tablet, Laptop), das über eine Positionsbestimmungsmethode verfügt.

#### *6.1.1.3 Die Abfrage im Detail<sup>68</sup>*

Eine Abfrage kann im Sinne eines Pull-Dienstes erfolgen. Der Nutzer würde dabei auf seinem Gerät die nächsten oder passenden Tankstellen anfordern. Dies kann über einen Sprachbefehl, mittels einer Geste (beispielsweise auf einem Touchscreen) oder mit einem Knopfdruck erfolgen. Bei mit dem Fahrzeug verbundenen (verbunden im Sinne der Netzwerktechnik) Geräten kann die Abfrage allerdings auch über eine Push-Benachrichtigung erfolgen. So kann das Fahrzeug melden, dass sich die Batteriekapazität dem Ende neigt.

In weiterer Folge muss der Standort abgefragt werden. Dies wird grundsätzlich mit einem satellitengestützten Positionierungssystem (zum Beispiel GPS, GLONASS, Galileo, Beidou) umgesetzt. Möglich ist auch die Mobilfunkortung. Um die Genauigkeit zu verbessern, können Verfahren aus der Navigation eingesetzt werden, wie das Map Matching oder das Map Aiding. Beim Map Matching wird die Position, die bereits ermittelt wurde, auf den korrekten Straßenabschnitt verschoben. Eine fehlerhafte Position (eventuell 10 Meter neben einer Straße) kann somit korrigiert werden. Beim Map Aiding können zusätzliche Sensoren zur Positionierung herangezogen werden. Sind bei einer Satellitenpositionierung zu wenige Satelliten sichtbar, sodass nur eine Position in der Ebene bestimmt werden könnte, ermöglicht eine zusätzliche Höhenangabe (von einem Barometer) eine Positionierung. Mittels verschiedenen Filtern aus der Navigation kann gewährleistet werden, dass eine Positionsbestimmung auch bei kurzen Ausfällen der Satelliten-Positionierung (zum Beispiel in der Tiefgarage oder im Tunnel) zu Positionsdaten führt. Eine alternative Positionierungsmethode wäre die Ortung über Mobilfunkzellen.

---

<sup>68</sup> Hofmann-Wellenhof, et. al., 2003

Eine weitere Voraussetzung ist eine digitale Karte. Diese muss navigierbar, aktuell, genau, vollständig, geometrisch und topologisch korrekt sein. Auf dieser digitalen Karte können Routingalgorithmen wie beispielsweise der Dijkstra-Algorithmus, zwischen mehreren Punkten einen Weg im Sinne der Geoinformation berechnen.

Für die Routenberechnung muss auch ein Zielpunkt bekannt sein. Im vorliegenden Fall ist dies eine geeignete Stromtankstelle. Um diese Eignung zu prüfen, muss das Endgerät über Informationen der kompatiblen Steckertypen verfügen. Zusätzlich sollte noch bekannt sein, wie viel Zeit zum Laden zur Verfügung steht. Sucht der Elektrofahrzeugbenutzer eine Lademöglichkeit, wo das Fahrzeug mehrere Stunden stehen soll oder soll die Fahrt in 30 Minuten fortgesetzt werden? Im zweiten Fall muss eine Schnellladesäule gesucht werden (zum Beispiel Tesla Supercharger, CHAdeMO).

Nun erfolgt die Datenbankabfrage, die lautet, finde alle Stromtankstellen, die zu meinem Fahrzeug kompatibel sind und innerhalb der verfügbaren Restreichweite des Fahrzeugs liegen.

Ist nur ein Standort geeignet, muss ohnehin dieser gewählt werden. Im gegenteiligen Fall könnte das Navigationssystem auch danach suchen, welche Lademöglichkeit den geringsten Umweg zum eigentlichen Ziel aufweist. Weitere Kriterien können auch der Strompreis an der jeweiligen Ladesäule, die Zahlungsmodalität (Nutzerkarte, Bankomatkarte, Barzahlung) oder die Service-Einrichtungen vor Ort (siehe Szenario 2) sein. Letztendlich muss vom Gerät (über eine Nutzerinteraktion oder automatisiert) eine Ladesäule gewählt werden, die dann angesteuert werden kann. Als letzter Schritt kann noch ein Befehl abgegeben werden, der die gewünschte Ladesäule reserviert.

Die Wetterdaten können zusätzlich noch verwendet werden, um mögliche Änderungen der Restreichweite zu bestimmen. Sind die Temperaturen sehr niedrig oder sehr hoch, sinkt die Reichweite, da Verbraucher, wie Heizung oder Klimaanlage Strom benötigen. Ein Schneechaos kann dazu führen, dass das Fahrzeug in einen Verkehrsstau kommt und durch das häufige Anfahren mehr Strom benötigt, was die Reichweite weiter reduziert.

## 6.1.2 Szenario 2: Stromtankstellen als Service-Punkt

Herkömmliche Kraftstofftankstellen verfügen meist über Service-Einrichtungen, wie kleine Tankstellen-Shops oder kleine Gastronomiebereiche. Im Normalfall nutzt dabei der Kunde die Zapfsäule und die Zusatzmöglichkeit zeitlich unabhängig voneinander, da der Tankvorgang sehr schnell vor sich geht. Bei Elektrofahrzeugen muss man diesen Zusammenhang allerdings differenzierter ansehen. Je nach Lademöglichkeit kann ein Ladevorgang 30 Minuten, aber auch über 10 Stunden dauern. Das führt dazu, dass der Kunde zunächst den Ladevorgang beginnt und währenddessen die Service-Möglichkeiten nutzt. Da in der Regel mehr Zeit zur Verfügung steht, sind die Service-Einrichtungen nicht auf das Tankstellengelände zu reduzieren. Der Stromtankstellenbetreiber muss daher nicht die Infrastruktur zur Verfügung stellen. Ein Parkplatz und eine Ladesäule sind ausreichend. Service-Einrichtungen können somit im Umkreis liegen, ein Restaurant in 10 Minuten Fußwegdistanz würde bei einem Ladevorgang von 2 Stunden durchaus in Frage kommen. Auch Unterhaltungsmöglichkeiten (ein Kino) oder Dienstleistungsbetriebe (Friseursalon) können dabei in Betracht gezogen werden. Im touristischen Bereich können auch Sehenswürdigkeiten in Frage kommen. Für sehr lange Ladezeiten über Nacht wird auch die Hotellerie interessant.

### *6.1.2.1 Kunden und Nutzer*

Wie bei Szenario 1 sind die Kunden in erster Linie Elektrofahrzeugbenutzer, die während der Ladezeit einer Tätigkeit nachgehen möchten. Nutzer können auch verschiedene Unternehmen im Dienstleistungsbereich sowie im Handel sein. Neue Kunden können damit leicht gewonnen werden.

### *6.1.2.2 Technische Voraussetzungen*

Wie bereits in Szenario 1 werden ein internetfähiges, mobiles oder im Fahrzeug verbautes Endgerät mit integrierter Positionsbestimmung, sowie der Datenbankzugriff zu den Stromtankstellen vorausgesetzt. Eine digitale Karte, sowie eine Datenbank mit Einrichtungen im Umkreis der Stromtankstelle wäre ebenso erforderlich.

### *6.1.2.3 Die Abfrage im Detail*

Analog zu Szenario 1 muss zunächst der Wunsch bekannt gegeben werden, den Zugriff zu ermöglichen. Dies kann wie im ersten Szenario dann erfolgen, wenn sich die Restreichweite dem Ende zuneigt, es kann aber auch bewusst bei einem bedeuteten Point of Interest aufgeladen werden. Beispielsweise könnte der Nutzer angeben, dass eine Ladestation neben einer wichtigen Sehenswürdigkeit oder neben einem Restaurant gesucht werden soll.

Die Positionsbestimmung und die Abfragen der Stromtankstellen erfolgen analog zu Szenario 1, mit der Änderung, dass von den Ladepunkten eine weitere Abfrage durchgeführt wird. Diese soll den Fußweg zu den nächstgelegenen Service-Einrichtungen berechnen und dies ins Ergebnis miteinbeziehen.

### **6.1.3 Szenario 3: Management eines Netzbetreibers**

Für einen Netzbetreiber steht die Stabilität des Stromnetzes an vorderster Stelle. Kommt es zu Ausfällen, kann dies große wirtschaftliche, aber zum Teil auch lebensgefährliche Folgen haben. Neben dem Netz selbst ist allerdings auch der Betrieb der Endgeräte zu gewährleisten. In diesem Szenario soll angenommen werden, dass der Netzbetreiber Stromtankstellen und Smart Meter überwachen möchte. Dies dient einerseits der Detektierung von möglichen Störungen, andererseits kann dadurch das Nutzungsverhalten festgestellt werden. Wird eine Ladestation kaum genutzt, kann sie abgebaut werden, andere stark ausgelastete Standorte können durch zusätzliche Zubauten erweitert werden. Im Bereich der Smart Meter kann das Netz entsprechend adaptiert werden, sollten zu starke Stromspitzen in einem lokalen Bereich zu Netzproblemen führen. Zusätzlich kann durch die Netzgebühren auch eine Lenkungsfunktion eingerichtet werden, in dem der Strompreis zu unterschiedlichen Uhrzeiten entsprechend angepasst wird. Dies wurde bisher mit Nachtstrom prinzipiell umgesetzt, mit den Smart Metern kann dieses Modell jedoch sekundengenau angepasst werden.

#### *6.1.3.1 Kunden und Nutzer*

Die Nutzer ist zum einen das Energieversorgungsunternehmen selbst, das über den Status, Ausfälle und Nutzung der Geräte informiert wird, auf der anderen Seite sind dies natürlich auch die Kunden des Anbieters. Ihnen wird ein funktionierendes Netz an Smart Metern und Ladestationen geboten und es kann bedarfsgerecht ausgebaut werden. Endkunden profitieren auch von den günstigen Stromangeboten, bei denen über Smart Meter gesteuert, verbrauchsintensive Geräte nur dann eingeschaltet werden, wenn es im Netz einen Produktionsüberschuss gibt und der Netzbetreiber diesen Überschuss um geringes Geld abgeben möchte.

#### *6.1.3.2 Technische Voraussetzungen*

In diesem Szenario muss der Netzbetreiber über Zugriff auf die aktuellen Daten der Stromtankstellen, sowie der Smart Meter verfügen. Soll das Wetter mitberücksichtigt werden, so ist eine Einbindung eines Wetterdienstes ebenfalls erforderlich. Die in dieser Arbeit eingebundenen Social-Media-Daten (Twitter) können ebenso verwendet werden, um Ereignisse, welche von einer Vielzahl von Menschen gemeldet werden, zu überwachen.

#### *6.1.3.3 Die Abfrage im Detail*

Da es sich um ein Managementsystem handelt und nicht ein einzelner Datensatz gesucht werden soll (wie bei den beiden vorherigen Szenarien), findet in diesem Fall keine Positionierung statt. Für Analysen wird in jedem Fall eine Abfrage vom Mitarbeiter des Unternehmens gestartet (Pull-Dienst). Hier kann abgefragt werden, ob es beispielsweise in einem Einzugsbereich genügend Stromtankstellen gibt. In Kombination mit einer digitalen Karte können auch Weganalysen erstellt werden. Eine Anwendung könnte lauten: „Gibt es für jede Adresse einer Stadt einen Ladepunkt, der in 15 Minuten zu erreichen ist?“ Push-Benachrichtigungen können abgegeben werden, wenn sich ein Unwetter oder eine ungünstige Wetterlage ankündigt, die zum Ausfall von Infrastruktur führen kann. Auch Nutzermeldungen von Social-Media-Kanälen können Informationen liefern, die Genaueres über Vorfälle zeigen.

## 7 Ausblick und Fazit

Die letzten Jahrzehnte haben gezeigt, wie rasant sich die Informationstechnologie, aber auch die Geoinformation weiterentwickelt. Waren vor zehn Jahren viele Anwendungen Fiktion, so ist heute bereits sehr viel möglich. Die behandelten drei Szenarien verdeutlichen dies. Allerdings verspricht die Zukunft weitere Neuerungen und Verbesserungen.

Heute stehen uns digitale Karten zur Verfügung, auf denen es möglich ist, Routen zu berechnen und wichtige Punkte (Points of Interests) darzustellen. In Zukunft werden noch mehr Informationen verfügbar sein. Fahrzeuge vernetzen sich und können Informationen über die Verkehrslage mitteilen. Restaurants könnten ihre Speisekarte online stellen und über eine Abfrage könnte ein Elektrofahrzeugbenutzer eine Ladestation finden, neben der ein Restaurant mit der gewünschten Speise im Angebot steht. Anders gesagt, zukünftig werden viel mehr Daten eingebunden werden. Die Abfragekomplexität kann dabei erhöht werden.

Einen weiteren interessanten Aspekt könnten autonome Fahrzeuge bringen. Die Fahrzeugcomputer würden einen Routenvorschlag bringen, der die Fahrgäste zum Ziel führen könnte und danach das Auto fahrerlos zur nächsten Ladestation bringen könnte.

Interessant ist auch die Entwicklung der Energieversorgungsunternehmen von der Bereitstellung von Strom zu komplexen Monitoring- und Vermarktungsaufgaben. In Zukunft ist zu erwarten, dass sich viele Unternehmer vernetzen werden und damit ein größeres, einheitliches Angebot für Kunden entsteht.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde versucht, Szenarien über Möglichkeiten aufzuzeigen, wie vorhandene Daten über eine Schnittstelle abrufbar und für eine entsprechende Weiterverarbeitung verwendbar gemacht werden könnten. Die gewählten Sensoren (Stromtankstellen, Wetterdaten, Twitter) dienen nur als Beispiel und sollen zeigen, welche Möglichkeiten sich ergeben. Eine engere Standardisierung im Bereich Sensor Web wäre wünschenswert, da es sonst zu Interoperabilitätsproblemen kommen kann. Die REST-Schnittstelle hat sich als leistungsfähiges Werkzeug erwiesen. Abfragen sind damit plattformunabhängig und streng reglementiert möglich.

Auch die Programmiersprache C# hat sich als zuverlässige Wahl herausgestellt. Viele Plug-Ins und Module sind bereits vorhanden und beschleunigen den Programmiervorgang.

Interoperabilität war allerdings nicht nur beim Kernpunkt dieser Arbeit, dem Sensor Web von Bedeutung. Gerade Normen und Standards für Steckerverbindungen kommen in einer fast unüberschaubaren Größe vor. Dies stellt dann auch die berechnete Frage nach der Sinnhaftigkeit einer Vorgabe. Kurzfristig gelöst kann diese Problematik nur dann werden, wenn Stromtankstellen möglichst viele Anschlüsse zur Verfügung stellen. Langfristig sollten nur sehr wenige, im Optimalfall ein tatsächlich genutzter Standard für Ladestecker zur Verfügung stehen. Dass dies möglich ist, hat die Vereinheitlichung der Ladestecker für Smartphones gezeigt. Es liegt allein am Willen von Industrie und Politik.

## Quellenverzeichnis

Energie Steiermark (Kooperationspartner dieser Masterarbeit)

Abteilung Geoinformation (Energie Netze Steiermark)

Anschrift: Neuholdaugasse 56, 8010 Graz

URL: [www.e-netze.at](http://www.e-netze.at)

Microsoft IoT-Veranstaltung

URL: <https://news.microsoft.com/de-at/internet-der-dinge-microsoft-vereinfacht-geratemanagement/#sm.0006rjnq71dgzeydy1p28hunr6mla>

### **Gedruckte Quellen**

Auto, Motor und Sport, Ausgabe 18/2008, S. 64: Volta Renn. Fahrbericht Tesla Roadster

Hassanzada, T., 2011, Marktübersicht Elektroautos – Technologische Herausforderungen im Elektroautomarkt, Diplomica Verlag GmbH., Hamburg 2011, S, 16ff. (Hybridfahrzeuge), S.31ff. (Geschichte der Elektromobilität)

Hofmann-Wellenhof, B., Wieser M., Legat K., 2003. Navigation, Springer Verlag Wien

Neger, T., 2009, Physik M, Kap. 19, Technische Universität Graz

### **Quellen aus dem Internet**

ABB Industrie-Steckverbindungen IEC 60 309-2, 2008

URL: [http://www02.abb.com/global/atabb/atabb104.nsf/0/c85003496b0c02dbc12577ff003f06b8/\\$file/07B\\_Industrie-Steckverbindungen+IEC+60+309-2.pdf](http://www02.abb.com/global/atabb/atabb104.nsf/0/c85003496b0c02dbc12577ff003f06b8/$file/07B_Industrie-Steckverbindungen+IEC+60+309-2.pdf)

[Zugriff am 30. Jänner 2017]

Adler, J., Würfl, A., 2010

URL: <https://www.heise.de/developer/artikel/Hoehcster-Reifegrad-fuer-REST-mit-HATEOAS-3550392.html>

[Zugriff am 3. März 2017]

Automobil Blog, 2009 (Better Place)

URL: <http://www.automobil-blog.de/2009/05/18/better-place-feldversuch-mit-batterie-wechselanlage-startet/>

[Zugriff am 27. Februar 2017]

beenergised Produktwebseite, 2017

URL: <https://beenergised.com/>

[Zugriff am 11. Februar 2017]

beenergised Dokumentation, 2017

URL: <http://documentation.has-to-be.com/display/ENERGISED/>

[Zugriff am 1. März 2017]

Bürklin, J.-M., 2017 (Webseite über historische Benzinpreise)

URL: [http://www.was-war-wann.de/historische\\_werte/benzinpreise.html](http://www.was-war-wann.de/historische_werte/benzinpreise.html)

[Zugriff am 17. Februar 2017]

Brain, M., 2017

URL: <http://auto.howstuffworks.com/electric-car6.htm>

[Zugriff am 7. März 2017]

CHAdEMO, 2017

URL: [chademo.com](http://chademo.com)

[Zugriff am 9. Februar 2017]

Chemie.DE Informationsservice GmbH, 2017

URL: <http://www.chemie.de/lexikon/Traktionsbatterie.html>

[Zugriff am 4. März 2017]

China Buses, 2015

URL: [http://www.chinabuses.org/news/2015/0810/article\\_9060.html](http://www.chinabuses.org/news/2015/0810/article_9060.html)

[Zugriff am 2. März 2017]

combined-charging-system.org, 2017 (Informationen zum CCS-System)

URL: <http://combined-charging-system.org/ccs-at-a-glance/what-is-the-ccs/>

URL: <http://combined-charging-system.org/ccs-at-a-glance/ccs-specification/>

[Zugriff am 9. Februar 2017]

Danek, R. & Kuntze., R., 2017

URL: <http://www.computerwissen-online.de/?page=history>

[Zugriff am 3. Februar 2017]

EPA (United States Environmental Protection Agency), 1990

URL: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text>

[Zugriff am 6. Februar 2017]

ESRI ArcGIS Onlinehilfe, 2017

URL: <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/guide-books/python-addins/what-is-a-python-add-in.htm>

[Zugriff am 10. März 2017]

Fielding, R., 1999

URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>

[Zugriff am 26. Februar 2017]

Fielding, R. T., 2000 (REST-Paradigmen)

URL: [http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest\\_arch\\_style.htm](http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm)

[Zugriff am 7. März 2017]

General Motors, 1999

URL: <http://www.elweb.info/data/ev1/datenblatt.htm>

[Zugriff am 24. Februar 2017]

Gerald König, 2017 (GK Websolutions)

URL: <http://www.geldmarie.at/energiesparen/liste-elektroautos.html>

[Zugriff am 25. Februar 2017]

Haag, F. 2014 (Informationen über den Flocken-Elektrowagen)  
URL: [http://franz-haag.ibk.me/1888\\_Flocken\\_Elektrowagen.html](http://franz-haag.ibk.me/1888_Flocken_Elektrowagen.html)  
[Zugriff am 3. Februar 2017]

Höllinger, M., 2017  
URL: [smartmeter.at](http://smartmeter.at)  
[Zugriff am 3. Juni 2017]

Holding Graz, 2017  
URL: <http://www.holding-graz.at/elektrobusse.html>  
[Zugriff am 28. Februar 2017]

httprequester, 2017 (Informationen wurden von der Produktbeschreibung entnommen)  
URL: <https://addons.mozilla.org/de/firefox/addon/httprequester/>  
[Zugriff am 4. März 2017]

Hybrid-Autos.Info, die Plattform für alternative Antriebe  
URL: <http://hybrid-autos.info/hybrid-fahrzeuge/>  
[Zugriff am 6. Februar 2017]

IEC, 2011  
URL: <http://www.iec.ch/newslog/2011/nr0411.htm>  
[Zugriff am 25. Februar 2017]

IEC, 2017  
URL: <http://www.iec.ch/about>  
URL: <https://webstore.iec.ch/publication/33644>  
[Zugriff am 17. Februar 2017]

IoT-Workshop OGC, 2011

Link auf der OGC-Webseite (nur für Mitglieder zugänglich):

URL: [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=47071](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47071)

Übersicht aller IoT-Dokumente des Workshops 2011, wo auch das Ballade-Schema vorgestellt wurde.

URL: [http://www.ogcnetwork.net/learn/iot\\_workshop\\_Nov2011](http://www.ogcnetwork.net/learn/iot_workshop_Nov2011)

[Zugriff am 2. Mai 2017]

itwissen.info – Technologiewissen online, 2017

URL: <http://www.itwissen.info/62196-IEC-62196.html>

[Zugriff am 25. Februar 2017]

Keller, M., 2017

URL: <http://www.meine-auto.info/historien/die-geschichte-der-mobilitaet.html?showall=&start=2>

[Zugriff am 26. Februar 2017]

Ladesäulenverordnung – LSV, 2017 (abgerufen über buzer.de)

(Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile)

URL: <https://www.buzer.de/s1.htm?g=Lades%C3%A4ulenverordnung&f=1>

[Zugriff am 3. März 2017]

Microsoft Dokumentation, 2017

URL: <https://msdn.microsoft.com/de-de/library/kx37x362.aspx>

[Zugriff am 12. März 2017]

Mitsubishi Motors, 2017

URL: <https://www.mitsubishi-motors.de/electric-vehicle/>

[Zugriff am 26. Februar 2017]

Mortensen, P., 2015

URL: <http://stackoverflow.com/questions/3089004/what-is-a-byte-array>

[Zugriff am 10. März 2017]

Nissan Heritage Collection, 2017

URL: [http://www.nissan-global.com/EN/HERITAGE/tama\\_electric.html](http://www.nissan-global.com/EN/HERITAGE/tama_electric.html)

[Zugriff am 6. März 2017]

Nissan Newsroom, 2016

URL: <http://newsroom.nissan-europe.com/eu/en-gb/media/pressreleases/147527>

[Zugriff am 25. Februar 2017]

OGC, 2017

URL: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe>

URL: <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorwebdwg>

[Zugriff am 3. März 2017]

Pfeiffer, H., 2017

URL: <http://www.emission-zero.de/peugeot.php>

[Zugriff am 7. Februar 2017]

Renault, 2017

URL: <https://www.renault.at/modellpalette/ze-elektrofahrzeuge.html>

[Zugriff am 7. Februar 2017]

Openweathermap, 2017

URL: <http://openweathermap.org/api>

[Abgerufen am 17. Mai 2017]

Reschke, J., 2017

URL: <http://www.eine-frage-der-technik.de/1860-1861.htm#zweitakt-gasmotor>

[Zugriff am 1. Februar 2017]

Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments, 2006

URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=URISERV:l27057>

[Zugriff am 3. Juni 2017]

S.I.A. - Société des Ingénieurs de l'Automobile, 1989 (archivierte Seite)

URL: <http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http%3A%2F%2Fwww.ile-de-france.drire.gouv.fr%2Fvehicules%2Fhomolo%2Fcnrv%2Fhistoire.htm>

[Zugriff am 2. Februar 2017]

Search Enterprise Software.de, 2015 (Erklärung zur REST-Schnittstelle)

URL: <http://www.searchenterprisesoftware.de/definition/RESTful-API>

[Zugriff am 7. März 2017]

Society of Automotive Engineers of Japan, 2017

URL: [http://www.jsae.or.jp/autotech/data\\_e/1-12e.html](http://www.jsae.or.jp/autotech/data_e/1-12e.html)

[Zugriff am 6. März 2017]

Sono Motors, 2017

URL: <https://www.sonomotors.com>

[Zugriff am 9. April 2017]

Tesla Motors, 2013 (Batterietauschsystem)

URL: <https://www.tesla.com/videos/battery-swap-event>

[Zugriff am 19. März 2017]

Tesla Motors, 2017 (Supercharger)

URL: [tesla.com https://www.tesla.com/de\\_AT/supercharger](https://www.tesla.com/de_AT/supercharger)

[Zugriff am 8. März 2017]

The Mobility House AG, 2017

URL: <http://www.mobilityhouse.com/de/ladekabelarten-und-steckertypen/>

[Zugriff am 13. März 2017]

Toyota Newsroom, 2016

URL: <http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/12077091/>

[Zugriff am 25. Februar 2017]

Twitter Hilfeseite für Entwickler, 2017 (Authentifizierungsverfahren)

URL: <https://dev.twitter.com/oauth.html>

[Zugriff am 1. Juni 2017]

Twitter Hilfeseite für Entwickler, 2017 (REST-Schnittstelle)

URL: <https://dev.twitter.com/oauth.html>

[Zugriff am 1. Juni 2017]

VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik)-Verlag, 2015

URL: <https://www.vde-verlag.de/normen/0600083/din-en-62196-1-vde-0623-5-1-2015-06.html>

URL: <https://www.vde-verlag.de/normen/0623013/din-en-62196-1-vde-0623-5-2004-06.html>

[Zugriff am 3. April 2017]

w3schools, 2017 (Beschreibung der HTTP-Methoden)

URL: [https://www.w3schools.com/tags/ref\\_httpmethods.asp](https://www.w3schools.com/tags/ref_httpmethods.asp)

[Zugriff am 27. Februar 2017]

Who killed the electric car? (Warum das Elektroauto sterben musste). Chris Paine.

USA 2006 [Film]

Informationen dazu können unter diesem Link nachgelesen werden:

URL: <https://www.zeitenschrift.com/artikel/das-elektroauto-das-nicht-ueberleben-durfte>

URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Warum\\_das\\_Elektroauto\\_sterben\\_musste](https://de.wikipedia.org/wiki/Warum_das_Elektroauto_sterben_musste)

Wikipedia, 2017 (über Isaac de Rivaz)

URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_de\\_Rivaz](https://de.wikipedia.org/wiki/Isaac_de_Rivaz)

[Zugriff am 7. Februar 2017]