

Reichweitenprognose für Elektromobile

Automotive 4

Marvin Beese, mabeese@uni-potsdam.de, 786300

Universität Potsdam

Abstract. Durch zahlreiche Bemühungen der weiten Verbreitung von Elektromobilen ist das Thema der Reichweite ein kritisches Thema im aktuellen als auch in zukünftigen Kontexten. Für eine zielführende Betrachtung der Prognosemöglichkeiten der Reichweite ist die Analyse notwendiger Parameter und theoretische Modellierungen ebenso wichtig wie die technische Erfassung elektrischer Größen, die Prognose des Fahrstils und Community Solutions.

1 Einleitung

Da die Automobilität in stetem Wandel ist und die Brennpunkte begrenzter Ölreserven und Schadstoff-neutraler Mobilität aktueller denn je sind, liegt der Fokus vieler Automobilhersteller und Käufer bei der Elektromobilität. Neben der kommerziellen Nutzung durch Car-Sharing Anbieter gibt es auch steigende Tendenzen bei individuellen Käufern für die Nutzung von Elektromobilen anstatt Verbrennungsmotoren im urbanen Raum. [1]

Aktuelle Hindernisse für die weitere Verbreitung von Elektromobilen ist neben hohen Anschaffungskosten auch der limitierte Fahrradius, durch den eine exakte und verlässliche Abschätzung der Reichweite notwendig ist.

2 Parameter für Reichweitenprognosen

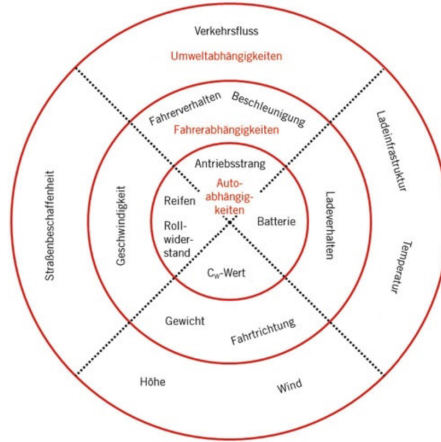
Für die Berechnung der Reichweite spielen verschiedene Faktoren eine wichtige Rolle. Damit der Energieverbrauch bei Höhensteigungen angenähert werden kann, gibt folgende Formel eine Auskunft.

$$\text{Energie} = 0,3 \cdot \text{Gewicht in Tonnen} \cdot \text{vertikale Höhe in Hundertmeter-Schritten}$$

Für Windeinflüsse aus Wetterdaten ist die Berechnung des Strömungswiderstandskoeffizienten respektive des cw-Koeffizienten von besonderer Bedeutung. [3] Eine große Herausforderung stellen hingegen lokale Windsituationen dar, die nicht leicht berechnet werden können.

Bei herkömmlichen Reichweitenprognosen das Batteriemanagementsystem ausschlaggebend, bei dem Ladung und Traktion gesteuert und der Ladezustand als noch verfügbare Kapazität zum Nominalwert, das sogenannte State-of-Charge (SoC) überwacht wird. Zukünftig sollen für die Reichweitenprognosen

zudem die elektronischen Verbraucher an Bord, das Fahrerverhalten, die Topographie der Umgebung, Wetterdaten und Batterie- und Umgebungstemperaturen analysiert und verarbeitet werden. Notwendige Datenquellen wären dafür Wetter- und Geoinformationssysteme und Stadtpläne, die durch Serverkommunikation in Echtzeit bereitgestellt werden sollen. [2]



Ursachendiagramm möglicher Einflüsse, [2] S.181

3 Graphentheorie für die Modellierung von Reichweitenprognosen

Für die Modellierung von Reichweitenprognosen werden gerichtete Multigraphen verwendet, wobei die Kanten befahrbare Straßen mit entsprechenden Straßendetails, Steigungen und Windwerten und die Knoten Straßenkreuzungen modellieren. An jedem Knoten ist die verbleibende Akkuennergie notiert, die nach Befahrung noch vorhanden wäre. Windangaben an den Kanten werden von Wetterstationen bezogen, wohingegen Höhenunterschiede in einer Granularität von 90 Metern der Shuttle Radar Topologie Mission (SRTM) durch die NASA und NGA bereitgestellt werden. Die SRTM ist eine Fernerkundungsmission der NASA im Jahre 2000 gewesen, die durch ausführliche GPS-Messungen eine globale Höhenkarte generieren konnte [4]. Als Ergebnis der Rechenergebnisse wird ein Polygonzug um das Fahrzeug erzeugt, wobei die Knoten mit verbrauchter Energie die Grenzmarkierungen der Reichweite darstellen. Für die Routenführung wird diejenige Route ausgewählt, dessen Höhenbewältigung am geringsten ist und dessen Straßenführung mit der niedrigsten Traktionsenergie gefahren werden kann.

4 Erfassung elektrischer Größen

Damit elektrische Automobile von Kenngrößen der Reichweitenprognose profitieren können, gibt es verschiedene Ansätze mit unterschiedlicher Tiefe der Integration in das Fahrzeug. In der *Basic Application* bietet eine mobile App als Begleitsoftware eine Reichweitenprognose, die den SoC nur linear annähern kann. Eine tiefere Integration ermöglicht die Stufe des *Advanced Application using the car model*, bei der mittels Herstellerangaben fahrzeugspezifische Daten verwendet werden können. Diese Stufe ist allerdings im Kontrast zur *Application with physical adaption* frei von der Verwendung von Fahrzeugelektronik [1]. Bei dieser tiefsten Integrationsstufe ist einer Installation einer Datenverbindung vonnöten, damit die Übertragung des SoC aus dem Batteriemanagementsystem zum Smartphone stattfinden kann. Dies geschieht im Falle der *Case GmbH* über den Controller-Area-Network (CAN)-Bus, dessen Daten mittels On-Board-Diagnose (OBD-2)-Adapter über Bluetooth an eine mobile App übertragen wird.

Example of a data frame assembly to send a CAN Message:

1 Byte	1 Byte	4 Byte	1 Byte	1-8 Byte	1 Byte
Start	Configuration	Identifier	Number of databytes	Data	Checksum

Datenframe für CAN-Nachrichten, [5] S.7

Das Kommunikationsprotokoll verwendet hierfür eine bidirektionale Verbindung, bei der das Datenframe in einzelne Blöcke unterteilt ist. Zunächst geben Start-Byte, Configuration-Byte und Identifier den Beginn der Nachricht und die Information an, ob eine Datenübertragung über den CAN-Bus oder eine Konfigurationsnachricht stattfindet. Bei einer Datenübertragung wird dann die Datengröße und die Daten angegeben. Für die Erkennung von Abweichungen der empfangenen Nachricht zur abgesendeten Nachricht wird auch eine Checksumme angegeben, die aus der Summe aller verwendeten Bytes berechnet wird [5].

Send a Standard frame

- @ Address 433
- With 8 data bytes
- byte values: 0x21 0x32 0x43 0x11 0x9E 0xF4 0x87 0x77
- and start timestamp

String to send:

0x55 0x10 0x00 0x00 0x04 0x33 0x08 0x21 0x32 0x43 0x11 0x9E 0xF4 0x87 0x77 0xDB

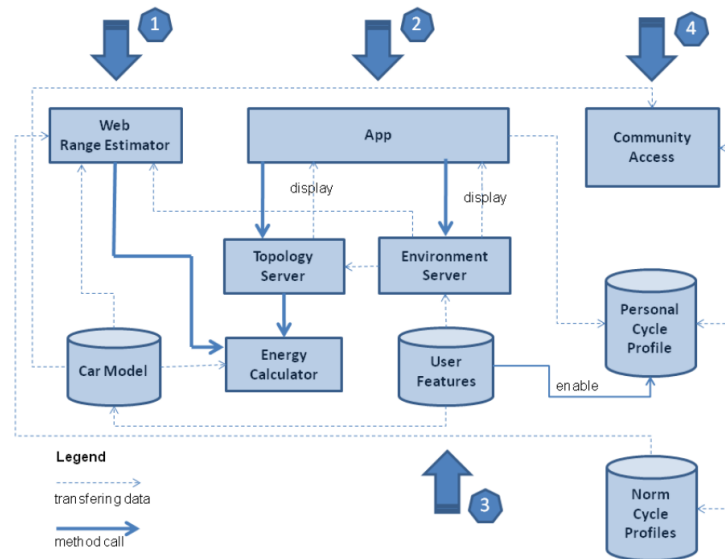
Beispiel eines versendeten Standard-frames mit Checksumme, [5] S.18

Alternativ zur Verwendung der Daten des CAN-Busses kann auch der Energieverbrauch mit einem Stromwandler berechnen, der zwischen Traktionsbatterie und Inverser montiert werden muss.

5 Prognose des Fahrstils

Durch die Verwendung von tageszeitabhängigen Durchschnittsgeschwindigkeiten, typischen Straßenverhältnissen und bisher aufgezeichnetem Nutzungsverhalten ist eine benutzertypisches Fahrverhalten abschätzbar. Für eine tiefergreifendere Analyse der Reichweitenberechnung greift die Software neben Batteriekapazität, Energieverbrauch, Fahrverhalten auch auf routenspezifische Umwelteinflüsse zu. Topografische Umwelteinflüsse sind in diesem Fall der Einfluss von Wind und Höhendifferenzen für den Energieverbrauch, nutzerbasierte Durchschnittsgeschwindigkeiten und zugelassene Höchstgeschwindigkeiten. Im Bereich der topologischen Einflüsse werden nächste Straßenkreuzungen berechnet. Dies erfolgt, wie in Kapitel 3 näher erläutert, durch Suchalgorithmen auf Graphen, womit auch die Berechnung aller möglichen Routen und deren jeweiliger Energieverbrauch auch möglich ist.

Das System von *mapZero* ist grundsätzlich in vier Bereiche untergliedert, die von einer grundlegenden Funktion bis hin zu besonders personalisierten Informationen einen stetig steigenden Service ermöglichen soll. Mit der Nutzung des *Web Range Estimators* werden vordefinierte Standardprofile für die Berechnung des Energieverbrauchs verwendet, hierbei werden Parameter wie Fahrzeugladung, Temperatur und Alter der Batterie herangezogen. Wird eine *mobile App* mit *mapZero* verwendet, so findet eine TCP/IP-Serverkommunikation für die genaue Berechnung der erreichbaren Bereiche statt, die dann auf dem Gerät gerendert werden können. Bei der Umsetzung von *mapZero* mit *User-Features* sind mittels Add-ons personalisiertere User-Interfaces und zusätzlich anwendbare Berechnungen möglich, allerdings ist der höchste Freiheitsgrad erst durch *Community-Access* möglich. [1]



Architektur von mapZero, [1] Fig.2

6 Community Solutions

Bei Community Solutions wie dem *Community-Access* von *mapZero* sind Reichweitenberechnungen möglich, die unter Umständen bessere Annäherungen an Realwerte darstellen als die Herstellerangaben. Hierbei können Nutzer dieses Service individuelle Nutzungsprofile für verschiedenste Fahrzeugmodelle und auch spezifische und nicht vom Hersteller getestete Gebiete erstellen und diese an andere weitergeben. Dadurch verbessert sich der Service stetig, je mehr Nutzer diese Software verwenden, was als *Crowd-Wisdom* bezeichnet wird [1].

7 Fazit

Im Jahr 2020 sind eingebaute Navigationssysteme in ausgelieferten Elektromobilen unersetzlich, da die Kommunikation des Batteriemanagementsystems mit dem Boardsystem nicht mehr in Widerspruch steht mit dem Komfort, das Boardsystem mit Serverkommunikation auszustatten. Die aktuelle beispiellose Verbreitung von Autos mit Elektromotoren durch international agierende Konzerne wie *Tesla*, *Daimler* oder *Volkswagen* ist zudem undenkbar ohne die Verbesserungen der Batteriefertigung. Interessante Konzepte wie das *Community Solutions* sind in verschiedensten Ausprägungen vorhanden, *Crowd-Wisdom* wird zudem durch Produkte wie *Waze* oder *Google-Maps* für die Auslastung von Verkehrswegen verwendet, da hierdurch die verbundenen Nutzer Echtzeitdaten über Serverkommunikation an andere Nutzer weitergeben.

References

1. Conradi, Bouteiller, Hanßen: Dynamic Cruising Range Prediction for Electrical Vehicles. Meyer, G.; Valldorf, J.: Advanced Microsystems for Automotive Applications 2011 Smart Systems for Green Cars. Springer, 2011
2. Siebenpfeiffer: Vernetztes Automobil. Springer, 2014
3. <https://de.wikipedia.org/wiki/Strömungswiderstandskoeffizient>
4. Rodriguez, E.C.S.; Morris, J.E.; Belz, E.C.;- Chapin, J.M.; Martin, W.; Daffer, S.: Hensley 2005, An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp.
5. www.case-gmbh.de/DS4113D.pdf