

Elektrofahrzeuge:

# Chancen und Herausforderungen der Reichweitenprognose

Für einen reibungslosen Betrieb von Elektrofahrzeugen ist es wichtig, zu jedem Zeitpunkt über den Batterie-Ladezustand Bescheid zu wissen – und darüber, ob die Energie bis zum Umlaufende ausreicht. Diese Information ist besonders relevant, um den Disponenten bei voraussichtlich nicht ausreichender Restreichweite genügend Zeit zu geben, um gezielte Maßnahmen zu ergreifen, aber auch für das Management von Ladevorgängen und für Umlaufzuweisungen. Mit MOBILerange bietet INIT eine Lösung für die Reichweitenprognose an, die für alle nachgelagerten Systeme Reichweiten zuverlässig kalkuliert und zur Verfügung stellt. Dazu erzeugt MOBILerange ein Modell für den Energieverbrauch des jeweiligen Fahrzeugs und berechnet als zentraler Dienst die für das jeweilige Subsystem erforderliche Reichweitenprognose, z.B. für das Lademanagement-, das Depotmanagementsystem oder das ITCS.

Verwendet werden dazu je nach Bedarf historische Fahrzeug- und Betriebsdaten aus dem Auswertungssystem MOBILEfficiency sowie aktuelle Daten wie das Wetter. Mit MOBILerange lässt sich der Ausfall von Fahrzeugen vermeiden und die Planung und Fahrzeugdisposition effizienter gestalten. Das System befindet sich bereits im produktiven Einsatz und unterstützt bereits einige Kunden dabei, die Kosten für den Einsatz der E-Bus-Flotte zu optimieren.

**Vorteile einer Reichweitenprognose**

Eine gute Prognose ist im Alltag der Elektrobusse umso wichtiger, als die Batteriekapazität nicht linear abnimmt. Im Idealfall bildet die Prognose den tatsächlichen Energiebedarf im Laufe des Betriebstags möglichst gut ab. Dementsprechend sollte der prognostizierte Verbrauch möglichst nahe am tatsächlichen Verbrauch liegen. Das hat Vorteile für alle Unternehmensbereiche – und beginnt schon bei der Einsatzplanung: Eine gute Prognose ermöglicht, Planungsreserven zu reduzieren und die Elektrofahrzeuge effizienter einzusetzen. Dadurch, dass weniger Planungsreserven einkalkuliert werden müssen, kann der Anteil der Energie, die produktiv auf Lastfahrten eingesetzt werden kann, vergrößert werden.

Bei großen Flotten ermöglicht eine hochwertige Prognose sogar die Reduzierung des Fahrzeugbedarfs und bietet so die Chance, die Kosten durch eine effizientere Nutzung der Elektrofahrzeuge zu reduzieren. Auch in der Leitstelle bringt eine gute Reichweitenprognose zahlreiche Vorteile: Die Disponenten müssen weniger in den geplanten Ablauf eingreifen und haben, wenn die Reichweite tatsächlich einmal knapp wird, mehr Zeit, die entsprechenden Maßnahmen zu ergreifen. Am Ende des Umlaufs liefert eine gute Reichweitenprognose eine verlässliche Datenbasis für das Lademanagementsystem, das auf Basis der Restreichweite die erforderliche Ladung für den nächsten Tag planen kann. Für den nächsten Betriebstag kann auch das Depotmanagementsystem für die Umlaufzuteilung auf die Informationen der Reichweitenprognose zurückgreifen.



MOBILerange erzeugt ein Modell für den Energieverbrauch des jeweiligen Fahrzeugs und berechnet als zentraler Dienst die für das jeweilige Subsystem erforderliche Reichweitenprognose, z.B. für das Lademanagement-, das Depotmanagementsystem oder das ITCS (Bild: INIT).

Central Platformaktivität

**Autor:**

**Sebastian Bassler,**  
System Designer, INIT

### In die Prognose einfließende Parameter

Eine valide Prognose, die den tatsächlichen Verbrauch annähernd abbildet, ist das Ergebnis komplexer Rechenprozesse. Der Energieverbrauch hängt nämlich von einer großen Anzahl von Einflussfaktoren ab. Dazu zählt die Temperatur während des Betriebstags, denn Nebenverbraucher wie Heizung und Kühlung wirken sich stark auf den Energieverbrauch aus. Ebenfalls eine Rolle spielen Fahrzeugtyp, Fahrgastaufkommen, Topologie usw. Die meisten dieser Informationen sind bereits vor Umlaufbeginn für den zu prognostizierenden Umlauf bekannt und können in die Prognose einfließen. Dabei können beispielsweise die Temperaturinformationen über einen Wetterservice abgerufen werden. Betriebliche Informationen wie Umlauf, Linie und Fahrt sind natürlich ebenso vorab bekannt. Viele dieser Faktoren hängen stark von den Rahmenbedingungen des Verkehrsbetriebs ab: Ein Elektrofahrzeug, das in den Alpen eingesetzt wird, hat einen anderen Energieverbrauch als ein Fahrzeug desselben Typs in der Rheinebene. Auf der Basis der aufgezeichneten Verbrauchs-

daten auf den einzelnen Streckenabschnitten prognostiziert MOBILrange unter Berücksichtigung der aktuellen Bedingungen die erwarteten Verbräuche für die Umläufe, Fahrten und Streckenabschnitte.

Ein Faktor, der sich ebenfalls auf den Energieverbrauch auswirkt, ist das Fahrgastaufkommen. Hier könnten künftig über eine Schnittstelle Besetztgradprognosen aus MOBILguide, dem INIT System zur Steuerung von Besetztgraden und Fahrgastlenkung, genutzt werden, um die Reichweitenprognose noch weiter zu verfeinern.

### Notwendige Planungsreserven

Unvorhergesehene Ereignisse wie Unfälle oder alle anderen nicht vorab bekannten Parameter machen gewisse Planungsreserven erforderlich, die so klein wie möglich und so groß wie nötig einkalkuliert werden müssen, um die Fahrzeuge so effizient wie möglich einsetzen zu können.

Tendenziell wirkt sich ein zu hoch prognostizierter Verbrauch weniger auf den Betrieb aus als ein zu gering prognostizierter Verbrauch. Denn falls ein Fahrzeug mehr verbraucht, als prognostiziert wurde, kann dies im Zweifelsfall dazu führen,



Die Information über die Reichweite ist wichtig für den Betrieb der E-Flotte, zum Beispiel für das Management von Ladevorgängen und für Umlaufzuweisungen (Bild: INIT/Ulrike Kabel).

dass ein Fahrzeugtausch durchgeführt werden muss und im schlimmsten Fall, dass das Fahrzeug nicht eigenständig die nächste Ladestation erreicht.

Wichtig für die Bestimmung der optimalen Planungsreserve ist auch der Planungshorizont. Deshalb ist zu beachten, dass die unterschiedlichen Systeme, die zum Verwalten der Elektrofahrzeuge verwendet werden, unterschiedliche Planungshorizonte/Zeiträume abbilden. Das Planungssystem plant für die nächsten Wochen, Lade- und Depotmanagement planen für die nächsten ein bis zwei Betriebstage, und das ITCS betrachtet in der Regel nur den aktuellen Betriebstag. Je größer der Planungshorizont, umso größer sollte auch der Planungspuffer für die verfügbare Energie sein, da es hier größere Unsicherheiten gibt – beispielsweise beim Temperaturbereich. MOBILerange kann diesen Planungspuffer durch entsprechende Faktoren individuell für jedes System anpassen.

Generell gilt: Je mehr Elektrobusse eines Fahrzeugtyps auf derselben Linie bzw. demselben Umlauf unterwegs sind, umso schneller wird die notwendige Datenmenge erreicht, um die Prognose so weit verfeinern zu können, dass nur noch minimale Planungsreserven erforderlich sind.

### Grundlage für die Prognose: Fahrzeugdaten über die FMS-Schnittstelle

Grundlage für die Prognose sind die aufgezeichneten Daten, die vom Bordrechner des Fahrzeugs über die FMS-Schnittstelle bereitgestellt werden. Hierbei handelt es sich um ein von einem Konsortium von Fahrzeugherstellern entwickeltes Kommunikationsprotokoll für die einheitliche, herstellerunabhängige Übergabe von Fahrzeugdaten an den Bordrechner. Für die Aufbereitung dieser Daten ergeben sich jedoch einige Herausforderungen, denn die FMS-Schnittstelle

wurde ursprünglich für Dieselfahrzeuge entwickelt und enthält noch nicht genügend E-Mobilitätsparameter. Dies führt unter anderem dazu, dass nicht alle Fahrzeughersteller dieselben Daten liefern. Überdies liefern einige Fahrzeughersteller die Verbrauchsdaten in einer sehr groben Auflösung (beispielsweise in 0,5%- beziehungsweise 1,5 kWh-Schritten).

Aus diesem Grund kann der Verbrauch auf kurzen Streckenabschnitten nicht explizit zugeordnet werden. Wenn beispielsweise der Haltestellenabstand sehr gering ist, erfolgt auf den Streckenabschnitten dazwischen keine Änderung des Ladezustands, und erst nach der dritten oder vierten Haltestelle ergibt sich eine Änderung. Die erforderliche Glättung und Aufbereitung der Daten beziehungsweise Aufteilung des Verbrauchs auf die kurzen Streckenabschnitte erfolgt in MOBILEfficiency.

Nicht immer sind die über die FMS-Schnittstelle gelieferten Daten plausibel. Nicht plausible Sprünge in den Verbrauchsdaten (beispielsweise 85% -> 5% -> 84% auf einem Streckenabschnitt von 300 Metern) werden aus den Daten herausgefiltert und nicht für die Prognose berücksichtigt, weil sie das Ergebnis stark verfälschen würden. Eine weitere Herausforderung ergibt sich dadurch, dass Verbräuche von Nebenverbrauchern wie Klimaanlage, Heizung oder Bordelektrik häufig nicht explizit ausgegeben werden.

Die Notwendigkeit zur Verbesserung der Qualität der Fahrzeugdaten wurde vom VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) bereits erkannt. Derzeit ist die VDV Schrift 238 in Arbeit, die unter anderem einen standardisierten Datensatz für Elektrobusse definieren wird. Bereits jetzt leistet MOBILerange einen wichtigen Beitrag für den effizienten Einsatz von E-Bussen. Mit Verbesserung der Datengrundlage wird es künftig möglich sein, die Reichweitenprognosen noch weiter zu verfeinern.