

Elektromobilität ganzheitlich denken

Wie führt die integrierte Planung und Steuerung der IVU.suite zu einem optimalen Einsatz von Elektrobussen?

Dr. Claudia Hein, Berlin; Dr. Torsten Franke, Aachen

Kürzere Reichweiten, komplexe Ladevorgänge und eine Ladeinfrastruktur mit begrenzter Kapazität – Elektrobusse bringen zahlreiche neue Herausforderungen für Verkehrsunternehmen mit sich, die sich nur mithilfe von speziellen IT-Lösungen beherrschen lassen. Eine solche Lösung sollte im Regelbetrieb für perfekte Einsatzpläne und eine optimale Netzauslastung sorgen, aber auch im Störfall jederzeit Lösungen bereitstellen. Worauf es dabei besonders ankommt und wie ein solches System aussehen kann, beschreiben wir im Folgenden am Beispiel der IVU.suite.

Regelbetrieb

Die Planung sowie der Betrieb von Elektro- und Dieselnissen findet integriert in den

folgenden drei Produkten der IVU.suite statt:

- IVU.run für die Umlaufplanung,
- IVU.vehicle für das Betriebshofmanagementsystem (BMS),
- IVU.fleet für die Leitstelle (ITCS).

Die IVU-Lösungen integrieren sich nahtlos mit den Produkten EBS.forecast und EBS.charge, die das Unternehmen ebusolutions (ein Joint Venture von IVU und ebusplan) gemeinsam mit der IVU entwickelt hat. Somit kommen die Prognosedaten für E-Busse in jedem Prozessschritt aus einer einzigen Quelle und sind konsistent – von der Planung über die Disposition bis zum Betrieb. Diese Konsistenz ist wichtig, damit beispielsweise Reichweitenprognosen auf einer einheitlichen Grundlage basieren. So

lässt sich vermeiden, dass das BMS einen Umlauf als fahrbar für eine bestimmte Batteriekapazität bewertet, dieser im ITCS dann aber direkt eine Warnung erzeugt.

EBS.charge und EBS.forecast basieren auf innovativen Modellierungsansätzen und liefern zuverlässig die Grundlagen für operative Entscheidungen. EBS.forecast berechnet Prognosen für den Energiebedarf, das Ladeverhalten und die Batteriekapazität. Dabei werden neben den technischen Eigenschaften der Fahrzeuge alle wichtigen Einflussfaktoren wie Wetter, Streckentopologie und Besetzgrad berücksichtigt. Auf Basis aufgezeichneter Verbrauchs- und Ladedaten wird die Prognose mit Hilfe selbstlernender Algorithmen nachjustiert und kann so zum Beispiel auch die Batteriealterung berücksichtigen. EBS.charge erzeugt Ladepläne unter Berücksichtigung von Restriktionen der Ladeinfrastruktur wie die Leistungsgrenzen der Stromversorgungsinfrastruktur, die Leistungsfähigkeit der Ladegeräte oder die aktuelle Auslastung des Stromnetzes. Zudem berücksichtigt die Software zeitliche Einschränkungen wie Sperrzeiten. Bei jeder Ladeplanung erfolgt eine Priorisierung der Ladeleistung, um die Fahrzeugflotte bestmöglich zu laden und die Betriebsstabilität zu maximieren. Gleichzeitig lassen sich die Energiekosten durch zusätzliche Funktionen wie Peak Shaving minimieren.

Planung im Regelfall

In der Umlaufplanung kommt es darauf an, die Elektrobusse auf Grundlage von deren Reichweite und Energieverbrauch optimal einzusetzen. Dabei sollten stets mögliche und notwendige Ladevorgänge beachtet werden. So fahren die Busse für Ladungen auf den Betriebshof oder es werden bei entsprechender Infrastruktur zwischen

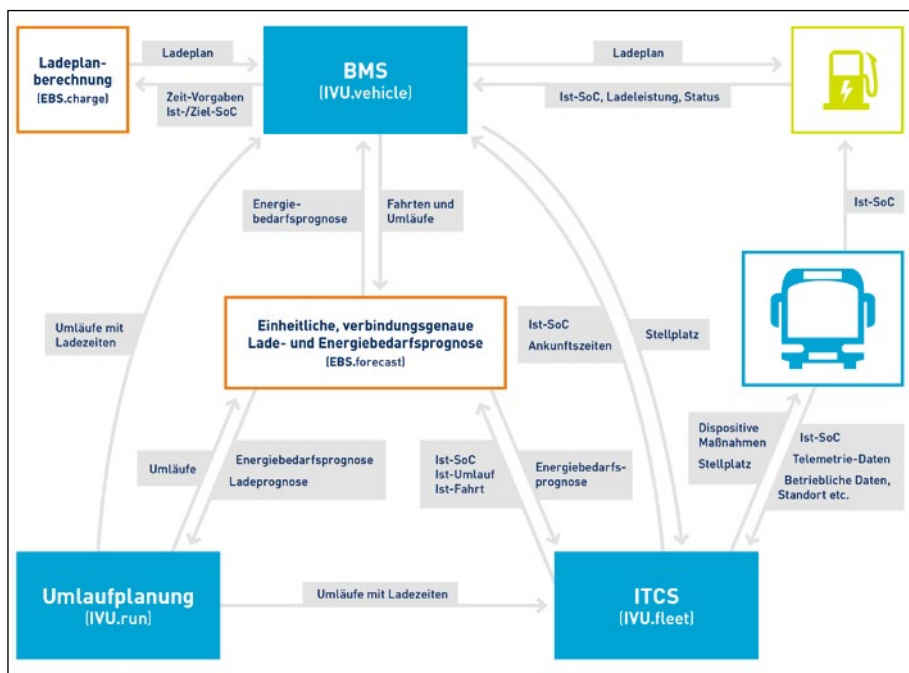


Abb 1: Datenflüsse für den Betrieb von Elektrobussen am Beispiel der IVU.suite.

Grafik: IVU Traffic Technologies AG

den Fahrten Gelegenheitsladungen an den jeweiligen Endhaltepunkten durchgeführt.

Die meisten Verkehrsunternehmen streben über längere Zeit einen Mischbetrieb von Elektro- und Dieselantrieben an. Daher unterstützt die E-Bus-Optimierung von IVU.run die Umlaufplanung bei der Entscheidung, welche Fahrten mit welcher Antriebsart geleistet werden sollten. Die Optimierungslösung verteilt die Fahrten entsprechend der verfügbaren Busse und sagt mithilfe von EBS.forecast potenzielle Einflüsse auf die Reichweite voraus. Darauf aufbauend plant sie dann alle notwendigen Ladephasen.

BMS im Regelfall

Das BMS hat die Aufgabe, alle Umläufe unter Berücksichtigung der aktuellen Fahrzeugzustände, wie beispielsweise dem State of Charge (SoC) bei Elektrobussen, optimal auf die Fahrzeuge zu verteilen. Dabei muss das BMS die Fahrzeugabstellungen so managen, dass auch die auf dem



Zur Autorin

Dr. Claudia Hein (39) ist promovierte Mathematikerin und seit zehn Jahren im Produkt- und Projektmanagement für IT-Lösungen tätig. Seit 2015 arbeitet sie bei der IVU AG, wo sie zunächst die Produkteinführung bei internationalen Bus- und Bahnkunden betreute. Später übernahm sie das fahrzeugseitige Produktmanagement der Planungs- und Dispositionslösungen der IVU. In diesem Zusammenhang kümmert sie sich auch um übergreifende Elektrobusthemen.



Zum Autor

Dr. Torsten Franke ist promovierter Physiker und arbeitet seit 2005 bei der IVU in Aachen, zunächst als Systemingenieur, später als Projektmanager in nationalen und internationalen Projekten. Seit 2010 ist er im Produktmanagement der IVU tätig, wo er zunächst Forschungsprojekte sowie Messe- und Vertriebssysteme betreute. Unter anderem hat er 2014 den IBIS-IP-Standard mitentwickelt und sich als Experte für ITxPT-Themen einen Namen gemacht. Inzwischen ist er für das übergreifende Management der Fahrbetriebsprodukte der IVU verantwortlich.

Betriebshof durchzuführenden Tätigkeiten, wie Reinigung oder Wartung, reibungslos erledigt werden können.

Mit IVU.vehicle können Disponenten einlaufenden Bussen automatisch einen Stellplatz und den je nach Kriterium

ANZEIGE



HEUTE NEU DENKEN. Wir elektrifizieren Busse (IMC® - In Motion Charging), Straßen- und Stadtbahnen, U-Bahnen und Regionalbahnen. Mit innovativen und zuverlässigen elektrischen Systemen sind wir Ihr Partner für die sofortige Umsetzung nachhaltiger Verkehrskonzepte. Denn in unseren kompletten elektrischen Ausrüstungen steckt einmalige Systemkompetenz: ELECTRIFIED BY KIEPE ELECTRIC. | www.kiepe.knorr-bremse.com |



Nutzung unter www.ivu.de zeitlich unbefristet genehmigt durch DVV Media GmbH, 2021

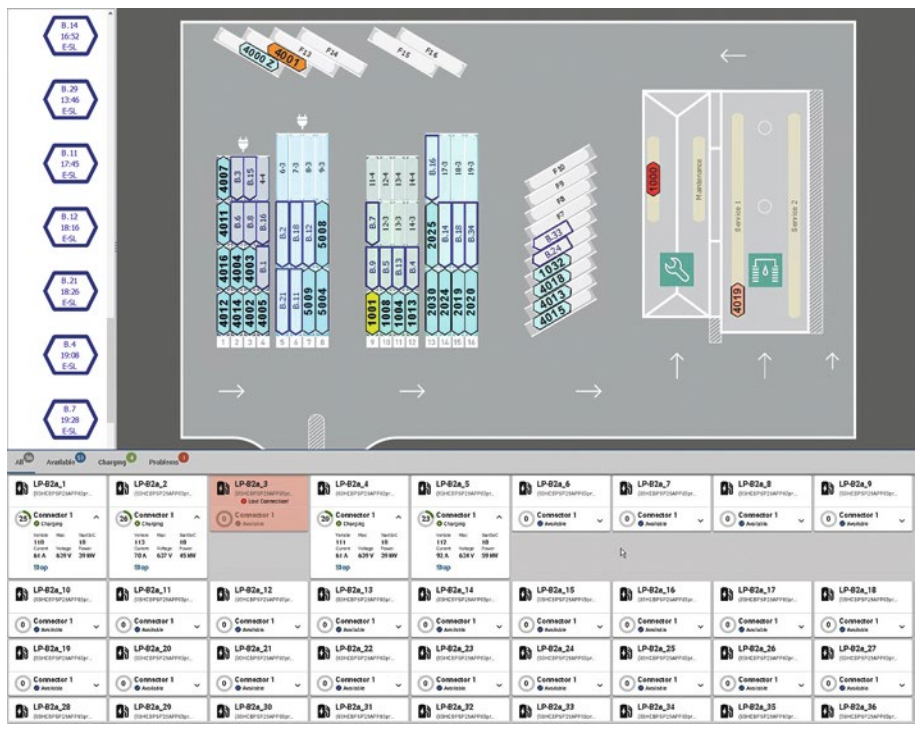


Abb. 2: Stellflächenansicht und Ladepunktmonitor in IVU.traffic. Grafik: IVU Traffic Technologies AG

bestmöglichen Folgeumlauf zuweisen. Dabei lassen sich Elektrobusse automatisch Stellplätzen mit Ladesäulen zuweisen. Diese Stellplätze können direkt auf einem Einfahrtsanzeiger oder im Bus angezeigt werden. Eine automatisierte Neuberechnung des Ladeplans steuert die Ladevorgänge unter Einbindung von EBS.charge, so dass alle Busse bis zu ihrer nächsten Ausfahrt auf den benötigten SoC geladen werden. Hierbei berücksichtigt das BMS die maximale Kapazität der Ladeinfrastruktur und reagiert flexibel auf kurzfristige Änderungen. So be-

kommt ein verspätet eingefahrener Bus beispielsweise eine höhere Ladeleistung zugewiesen, um ihn für die nächste Ausfahrt vorzubereiten.

Da solche Änderungen auch Auswirkungen auf bereits abgestellte Busse haben können, werden bei der Ladeplanberechnung immer die Anforderungen aller Busse berücksichtigt und gegebenenfalls geändert. Die Ladesäulen werden über die OCPP-Schnittstelle gesteuert und überwacht, damit auch hier eine reibungslose Integration gewährleistet ist.

ITCS im Regelfall

Das ITCS stellt nicht nur den Fahrbetrieb der gesamten Flotte sicher, sondern gewährleistet zusätzlich, dass Elektrobusse stets ausreichend für den geplanten Umlauf geladen sind. Dank einer zuverlässigen Umlaufplanung und flexiblen Ladeplanung muss das ITCS im Regelbetrieb nur selten dispositiv eingreifen. Darüber hinaus kann erhöhter Verbrauch auftreten, zum Beispiel durch Verspätungen, extreme Temperaturen oder ein erhöhtes Fahrgastaufkommen.

Um kritische Ladezustände von den Fahrzeugbatterien der Elektrobusse zu verhindern, ist es notwendig, den SoC und die Restreichweite zu überwachen und Dispositionen bei Unterschreitung bestimmter Schwellwerte zu warnen. Zudem ist es wichtig, sich abzeichnende Reichweitenprobleme frühzeitig zu erkennen, um genügend Zeit für geeignete Gegenmaßnahmen zu haben (beispielsweise die Übernahme einzelner Fahrten durch andere, ausreichend aufgeladene Fahrzeuge). Die technischen und betrieblichen Daten vom Fahrzeug (zum Beispiel über den Bordrechner IVU.box/IVU.cockpit) müssen mit den Informationen zum verbleibenden, gegebenenfalls dispositiv geänderten Umlauf (IVU.fleet), und mit dem zu erwartenden Energieverbrauch unter Berücksichtigung relevanter Einflüsse (EBS) entsprechend verknüpft werden.

Diese Verknüpfung geschieht in der umlaufbezogenen Ladungs(zustands)prognose von IVU.fleet. Ob und wann der Ladungszustand auf einem Umlauf kritisch wird, lässt sich dabei mit einem Blick ablesen: Durch intelligente Sortierfunktionen können diejenigen Umläufe, die zuerst in einen kritischen Ladungszustand geraten, stets als oberste angezeigt werden.

Störfall

Wie ändern sich die Anforderungen an die Software im Falle einer Störung? Betrachten wir beispielsweise folgendes Szenario: Auf einer Hauptverkehrsstraße ist ein Wasserrohr gebrochen, was eine Umfahrung erfordert, die mehrere Minuten in Anspruch nimmt. Viele Busse sind betroffen und müssen entsprechend längere Strecken zurücklegen. Schnell wird klar, dass der Rohrbruch vorerst nicht repariert werden kann, sondern eine mehrwöchige Baustelle verursachen wird.

Dieser Anwendungsfall ist schon bei einer konventionellen Flotte mit Dieselnissen

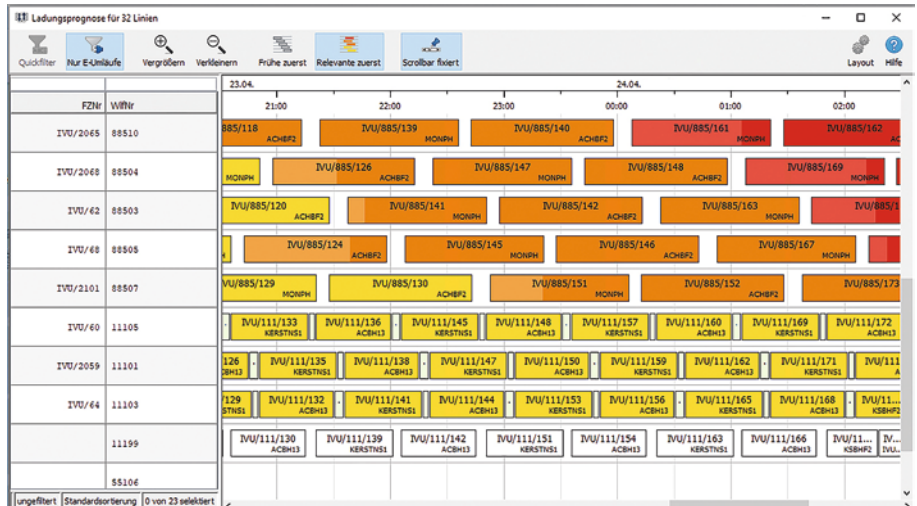


Abb. 3: Ladungsprognose: Auf einen Blick lässt sich ein kritischer Ladungszustand auf einem Umlauf erkennen. Grafik: IVU Traffic Technologies AG

nicht leicht zu meistern. Die Umleitung führt kurzfristig zu Verspätungen, auf die möglicherweise mit Fahrtausfällen oder Kurzwenden reagiert werden muss. Das Personal muss entsprechend umgeplant und die Fahrgäste informiert werden. Wenn auch Elektrobusse Teil der Flotte sind, ist die Herausforderung ungleich größer und ohne eine ideale Integration der einzelnen Programme fast nicht beherrschbar.

ITCS im Störfall

Im ITCS werden die Fahrwegänderungen für die betroffenen Linien, Fahrzeuge und Umläufe eingerichtet. Sowohl die Fahrer als auch die Fahrgäste werden automatisch über die dispositiven Änderungen und potenziellen Verspätungen informiert. Die Ladungszustandsprognose (vgl. oben) ermittelt, wie sich diese Änderungen auf den prognostizierten Ladungszustand für alle Restumläufe auswirkt. Durch die Umleitung ergibt sich ein Mehrverbrauch, der bei einigen Umläufen dazu führt, dass die letzten Fahrten nicht mehr sicher durchgeführt werden können. IVU.fleet zeigt die betroffenen Umläufe und Fahrten mit langem zeitlichem Vorlauf an und macht so deutlich, wo dringender Handlungsbedarf besteht. Nach Möglichkeit werden verlängerte Ladezyklen an Gelegenheitsladestellen dispositiv eingeplant. Wo es erforderlich ist, werden die Umläufe zudem durch weitere dispositive Maßnahmen um die betroffenen Fahrten gekürzt. Diese Fahrten werden alternativen Fahrzeugen zugeordnet. Das BMS wird über die geänderten Ankunftszeiten und den erwarteten SoC der Busse im Betriebshof sowie über das notwendige Ausrücken zusätzlicher Fahrzeuge informiert.

BMS im Störfall

Auf dem Betriebshof kommt es darauf an, auch für unplanmäßig einfahrende Busse

schnell Stellplätze zu finden – für Elektrobusse entsprechend mit passender Ladeinfrastruktur. Dabei hilft IVU.vehicle, indem es automatisch mit der Einfahrtsmeldung einen passenden Stellplatz berechnet und dem Fahrzeug zuweist. So wird verhindert, dass sich teure Warteschlangen bilden, die die kostbare Ladezeit verringern, oder Stellplätze durch ungünstige Abstellungen blockiert werden. Außerdem sucht das BMS automatisch nach passenden Folgeumläufen und versorgt die Ladesäulen mit einem neuen, passenden Ladeplan. Durch die enge Verzahnung mit IVU.fleet ist der durch die Umleitung verringerte SoC auch dem BMS bekannt, um vor Verspätungen frühzeitig warnen zu können. Dabei achtet IVU.vehicle darauf, dass durch die Zuweisung der Umläufe und Stellplätze keine Ein- und Ausfahrtblockaden entstehen.

Planung im Störfall

Um für die Dauer der Umleitung gerüstet zu sein, kann die Umlaufplanung sehr flexibel auf die neuen Gegebenheiten reagieren. Durch das Anlegen einer neuen Linienvariante lassen sich alle betroffenen Fahrten effizient anpassen. Die E-Bus-Optimierung berechnet auf Basis dieser veränderten Fahrten die neue, optimale Verteilung auf Elektro- und Dieselbusse und die notwendigen Ladevorgänge. Das kann sowohl zu verkürzten Umläufen als auch zu verlängerten oder zusätzlichen Ladephasen zwischen Umläufen und Fahrten führen. Alternativ können Elektrobusse während der Baustelle auch vermehrt auf Fahrten eingesetzt werden, die von der Umleitung nicht betroffen sind. Aus diesen verschiedenen Lösungsmöglichkeiten wird mit minimalem manuellen Aufwand durch die Optimierung die beste Wahl getroffen. Die neue Planung kann dann an BMS und ITCS übergeben werden, so dass in Zukunft keine kurzfristigen Änderungen aufgrund der Baustelle mehr notwendig sind.

Fazit

Sowohl im Regelfall als auch im Störfall müssen Informationen zwischen den Lösungen für Planung, BMS und ITCS ausgetauscht werden. Dafür ist eine nahtlose Integration unerlässlich. Es sollte dabei jederzeit auf eine einheitliche Prognose des Energieverbrauchs und der Ladevorgänge zugegriffen werden. Anderenfalls kommt es zu konkurrierenden Aussagen, die insbesondere im Störfall den Arbeitsalltag aller Beteiligten erschweren. Dabei muss die Prognose nicht nur einheitlich, sondern auch stets zutreffend sein. Selbstlernende Algorithmen können dabei helfen, die komplexe Prognose automatisch zu aktualisieren.

Die Busflotten werden noch über mehrere Jahre sowohl aus Diesel- als auch aus Elektrobusen bestehen. Sie können nicht isoliert betrachtet, sondern müssen in Planung, BMS und ITCS gleichzeitig berücksichtigt werden. Zusätzlich müssen die Besonderheiten der Elektrobusse in vielen betrieblichen Belangen (zum Beispiel Reichweite oder Zuordnung von Ladesäulen im Depot) hinreichend beachtet werden. Das BMS gewinnt durch die Anbindung an die Leitstelle und das Lademanagement an Bedeutung und unterstützt beispielsweise bei der Abstellung in der richtigen Reihenfolge unter Berücksichtigung der Ladepunkt-Zuordnung.

Die Herausforderungen beim Einsatz von Elektrobusen sind vielfältig. Integrierte IT-Systeme unterstützen zuverlässig den Regelbetrieb und helfen im Störfall.

Zusammenfassung/Summary

Elektromobilität ganzheitlich denken

Die Einführung von Elektrobusen bringt neue Herausforderungen mit sich. Insbesondere durch die begrenzte Reichweite und die erforderliche Berücksichtigung der Ladevorgänge steigt die Komplexität. Dadurch gewinnt die Integration von Umlaufplanung, Betriebshofmanagement und ITCS stark an Bedeutung. Zudem ergeben sich zahlreiche weitere Vorteile durch eine einheitliche Verbrauchs- und Ladeprognose. Das alles bietet die integrierte IVU.suite, die optimale IT-Lösung für Elektro- und Dieselbusflotten.

Thinking about electromobility holistically

The introduction of electric buses brings new challenges. Especially the limited range and the need to plan and monitor the charging process leads to a new form of complexity. This makes the integration of vehicle working planning, depot management and ITCS fundamental. The usage of a uniform forecast for energy consumption and charging processes creates additional advantages. This is exactly what the integrated IVU.suite offers, the optimal IT solution for fleets of electric and conventional busses.