

Infrastruktur mit Verstand – Wie heute eRound als Lademanagementsystem auf Busbetriebshöfen eingesetzt wird

Cagla Langkamp*

Stromnetz Hamburg GmbH

Innovationsmanagement

Hamburg, Deutschland

*cagla.langkamp@stromnetz-hamburg.de

Kurzfassung – Im Zuge der Elektromobilität sehen sich auch Verkehrsbetriebe mit den Herausforderungen der Umstellung der Busflotte sowie Änderungen in den betrieblichen Abläufen und sich daraus ergebenden Anforderungen an die IT-Systeme konfrontiert. Stromnetz Hamburg GmbH erweitert die Funktionalitäten seines IT-Backends „eRound“ für Ladeinfrastruktur im Kontext des Flottenbetriebs für Verkehrsbetriebe. Das sogenannte Modul „Lademanagement“ schafft mit zusätzlich integrierten Schnittstellen an die betrieblichen Informationssysteme BHMS bzw. ITCS eine busbetriebshofübergreifende Koordination, Überwachung und Steuerung von Ladevorgängen. Weitere Potenziale ergeben sich durch die Integration von Datenanalyse-Tools, welche zur höheren Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur beiträgt.

Stichworte – Ladeinfrastruktur, Busbetriebshof, IT-Backend

NOMENKLATUR

BHMS	Betriebshofmanagementsystem
BI	Business Intelligence
EMP	Elektromobilitätsprovider
CPO	Charge Point Operator
ITCS	Intermodal Transport Control System
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
OCPP	Open Charge Point Protocol
SNH	Stromnetz Hamburg GmbH
SoC	Ladezustand (engl.: State of Charge)
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VAS	Value Added Services

I. EINLEITUNG

In Hamburg wird die öffentliche Ladeinfrastruktur für E-Autos seit Jahren über das „eRound“, das IT-Backend der Stromnetz Hamburg GmbH (SNH), betrieben. Auch viele weitere Städte und Kommunen in Deutschland nutzen bereits diese Plattform im Rahmen dieses innovativen Anwendungsfalls. Mit den wachsenden technischen Anforderungen an die Flottenbetreiber (wie z.B. Verkehrsbetriebe) in der Stadt Hamburg in Bezug auf die Beschaffung und den Betrieb ihrer (Lade-)Infrastruktur, wurde eRound als smarte Plattform dahingehend

weiterentwickelt, dass sie auch auf Busbetriebshöfen zum Einsatz kommen kann. Seit 2020 dürfen die Verkehrsbetriebe in der Freien und Hansestadt Hamburg nämlich nur noch emissionsfreie Busse beschaffen. Busbetreiber müssen sich daher auf weitgehende technische Umstellungen auf elektrisch betriebene Busse vorbereiten. Zur Bewältigung der Anforderungen der Elektromobilität, ist ein klassisches Betriebshofmanagementsystem nicht mehr ausreichend. Es werden erweiterte Funktionalitäten und technische Schnittstellen in Bezug auf Energienetzmanagement, Bus-Disposition und Ladeinfrastrukturbetrieb benötigt. Dieser Beitrag zeigt, mit welchen technischen Funktionalitäten das eRound Busbetriebshöfe bedient, welche Produkt-erweiterungen in diesem Kontext geplant sind und welche aktuellen und zukünftigen Herausforderungen bewältigt werden müssen.

II. EROUND – DAS IT-BACKEND DER SNH

Seit 2014 ist SNH im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg für den Ausbau und den Betrieb der öffentlichen Ladeinfrastruktur verantwortlich. Eine Besonderheit ist das IT-Backend der Ladeinfrastruktur – das eRound. Stromnetz Hamburg GmbH hat es entwickelt, um in erster Linie eine intelligente und maximale Vernetzung der Marktakteure zu gewährleisten – auch über die Landesgrenzen hinaus. Die Funktionalität des eRound lässt sich heute zusammenfassen in der intelligenten Verknüpfung von Infrastruktur und deren Überwachung, Vernetzung und Steuerung innerhalb unterschiedlichster Use Cases. Das SNH-IT-Backend ist somit eine Plattformlösung für sämtliche Funktionalitäten rund um den Betrieb von Ladeinfrastruktur. Hierunter fallen klassische Funktionen wie:

- Das Verwalten von Ladeinfrastruktur, Ladekarten, Ladevorgängen
- Das Steuern und Monitoren von Ladeinfrastruktur (in Echtzeit)
- Abrechnungsmodelle für unterschiedliche Anwendungsfälle (Flottenlösung, Carsharing, Mitarbeiterladen, Zuhause-Laden und öffentliches Laden)
- Remote-Steuerung: Starten und Beenden eines Ladevorgangs durch einen Ladeinfrastrukturbetreiber (CPO) oder Freigabe durch externe Applikationen zur Steuerung von Ladevorgängen über das Backend

- Spontan-Zugang via Direct-Payment, z.B. App, SMS oder Giro-e
- Verbindung zu weiteren Plattformen zum überregionalen Anbieten der Ladeinfrastruktur

Darüber hinaus schafft die modulare Architektur des eRound mittels weiterer Schnittstellen eine maximale Flexibilität zur Ausdehnung der Anwendungsfälle. Dies umfasst u. a. den Einsatz von Parkplatzsensorik für Parkraumüberwachung via Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) oder die Anbindung an Betriebs Hofmanagementsysteme zur betriebs Hof-übergreifenden Überwachung und Steuerung der Fahrzeuge bzw. Ladeinfrastruktur.

III. RELEVANZ DES EROUND IM BUSBETRIEB

Mit der Umstellung des Flottenbetriebs auf Elektromobilität verändern sich betriebliche Abläufe und Anforderungen an die gesamte IT-Systemlandschaft eines Busbetriebshofes. Die Besonderheit liegt in der intelligenten Verknüpfung und Steuerung der Ladeinfrastruktur mit den sogenannten Vorsystemen des Busbetriebs. Dazu gehören das Betriebs Hofmanagementsystem (BHMS), welches die Steuerung und Kontrolle der Betriebsabläufe im Betriebs Hof übernimmt und das Betriebsleitsystem (ITCS) und weitere Planungssysteme, welche Fahr- und Umlaufpläne der Busse erstellen. Das eRound dient hierbei als ein Bindeglied – als sogenanntes Lademanagementsystem, welches gemäß der Ladeanforderungen des Vorsystems die Ladeinfrastruktur aktiv im Rahmen ihrer Realisierbarkeit (bestehende Konnektivität zu Ladeinfrastruktur und Fahrzeuge sowie verfügbare physikalische Netzkapazität am Standort) steuert. „Parameter, die Ladeanforderungen beeinflussen, sind Abfahrtszeiten und Ladeziele einzelner Fahrzeuge, sich daraus ergebende Priorisierungen oder eine maximale Gesamtlast über alle Ladevorgänge. Dem übergeordnet bestehen weitere Einflussfaktoren durch physikalische Netzrestriktionen vertraglicher Zielgrößen“ [1].

Unter die Ladeanforderungen fällt u. a. die Vorkonditionierung in Form von Vortemperierung des Fahrgastraumes bzw. Temperierung der Fahrzeugbatterie. Über die sogenannten Value Added Services (VAS) werden die dafür benötigten Daten gemäß empfohlener Norm Verband Deutscher Verkehrsunternehmen VDV 261 / ISO15118 vom eRound an die Ladeinfrastruktur übergeben [2]. Um weiteren Anforderungen aus dem Flottenbetrieb gerecht zu werden, waren neue funktionale Entwicklungen im eRound notwendig. So entstand das Produkt „Flottenmanagement“, welches aktuell folgende Features umfasst:

- 2D-Visualisierung des gesamten Ladeparks, die einen Überblick von laufenden Ladevorgängen (inkl. Ladekurven), Fahrzeugortung sowie die Anzeige von Fehlermeldungen ermöglicht (siehe ABBILDUNG 1)
- Direkte Remote-Eingaben zur schnelleren Fehlerbehebung
- Anzeige weiterer Parameter über den Ladepunktstatus hinaus, wie z.B. Ladezustand (engl.: State of Charge, SoC), aktuelle Ladeleistung und Reichweite sowie voraussichtliche Ladedauer des Elektrobusses
- Über die spezifische Fahrzeugkommunikation (VDV 261, ISO 15118) werden erweiterte Daten im Rahmen

der Vorkonditionierung dargestellt, wie z.B. der aktuelle Energiebedarf für die Vorkonditionierung des Elektrobusses

- Übersicht über Auslastung des Betriebshofes und Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur
- Standortübergreifendes Last- und Lademanagement (z.B. Flotte, Besucher und Mitarbeiter) inkl. Integration von Batteriespeichern

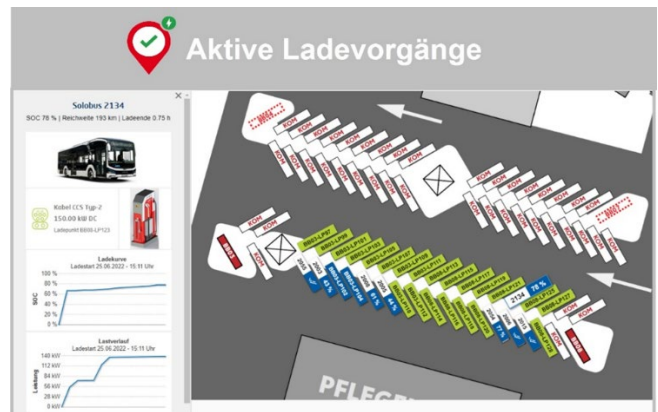


ABBILDUNG 1: BEISPIELHAFTES 2D-VISUALISIERUNG EINES BUSBETRIEBSHOFES IM EROUND.

Die aufgeführten Weiterentwicklungen verdeutlichen, dass eine Betrachtung und damit IT-seitige Abbildung nur im gesamten Kontext Sinn macht. Deshalb wird eRound stets gemäß wachsenden Anforderungen im Flottenbetrieb weiterentwickelt, so auch im Bereich Big Data. Im Busbetrieb ist die Verfügbarkeit der Busflotte und Ladeinfrastruktur unabdingbar. Deshalb hat die SNH die zusätzliche Daten-Plattform eRound-Datalytics, implementiert, die in Form von Dashboards relevante Ladeinfrastruktur-Daten übersichtlich und schnell verständlich darstellt.

A. Mit eRound-Datalytics die Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur überwachen und erhöhen

Die Herausforderungen des Flottenbetriebers im täglichen Betrieb von Ladesäulen umfasst insbesondere die Verfügbarkeit der Elektrobusse und die damit zusammenhängende Ladeinfrastruktur. Ausfälle von Ladestationen beeinträchtigen die Einsatzbereitschaft von Bussen und verzögern damit den gesamten Busbetrieb. Der Einsatz unterschiedlicher Ladeinfrastruktur führt in Fehlerfällen dazu, dass die Fehlercodes herstellerspezifisch sind und die manuelle Fehlersuche in den Ladesäulenlogs unübersichtlich und damit aufwändig werden kann. Um eine schnelle Fehleridentifizierung und -analyse zu ermöglichen, verfügt die erweiterte Datenanalyseplattform eRound-Datalytics über visuelle Datenauswertungen in aggregierter Form. Das sogenannte Monitoring-Dashboard (siehe ABBILDUNG 2) liefert eine Übersicht über jeweils allgemeine und auffällige Transaktionen in Form von Zeitreihen und aggregierten Kennzahlen, wie z. B. die technische Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur innerhalb eines gewählten Zeitraums. Weitere Kennzahlen wie Transaktion ohne Energiemenge oder Transaktionen mit weniger als 60 Sekunden können erste Frühwarnindikatoren und erste Risiken im Betrieb aufzeigen. Hierzu liefern auch die aggregierten Zeitreihen über Statuswechsel und Konnektivität der Ladesäulen eine schnelle Übersicht von Fehlerverläufen.

Insgesamt sorgt die Nutzung von eRound-Datalytics für kürzere Entstörungszeiten und mehr Stabilität im laufenden Betrieb. Durch das bessere Verständnis von Problemursache und Fehlerbehebungen durch den Einsatz dieses Monitoring-Tools, werden die Betriebsverantwortlichen in die Lage versetzt, zukünftige Probleme effizienter zu lösen. Des Weiteren liefert diese Form der Auswertung im Rahmen der Gewährleistung ein besseres Feedback an Ladesäulenhersteller zur Fehlerbehebung (z.B. durch Firmware-Aktualisierungen).

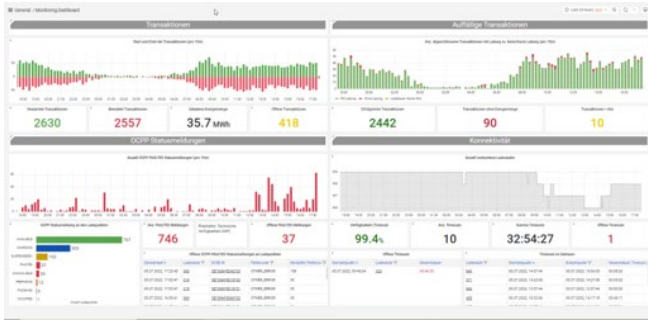


ABBILDUNG 2: MONITORING DASHBOARD IM EROUND-DATALYTICS.

Zuletzt optimiert das automatisierte Alerting Reaktionszeiten bei Ausfällen der Ladeinfrastruktur, indem der Flottenbetreiber beim Auftreten von Fehlern bzw. Anomalien an der Ladeinfrastruktur auf seinem Endgerät informiert wird. Dabei kann der Schwellwert der Anomalie individuell eingestellt werden.

B. Last- und Lademanagement auf Busbetriebshöfen

Auch das Zusammenspiel zwischen lokalen Netzrestriktionen und der entsprechenden Steuerung der Ladeinfrastruktur bedient das eRound. Durch die Erfassung der Messdaten aller angeschlossenen Verbraucher, inkl. Batteriespeicher, wird die Ladeinfrastruktur und E-Busflotte im Sinne eines übergeordneten Gesamtziels koordiniert, überwacht und gesteuert. Dabei werden Fahr- und Einsatzpläne berücksichtigt, Lastspitzen bzw. Überlasten des Netzanschlusses oder weitere Betriebsmittel vermieden. Das Besondere hierbei: die eRound Steuerung erfolgt hersteller- und flottenübergreifend. Der Busbetreiber kann Ladeinfrastrukturen unterschiedlichster Hersteller einsetzen, vorausgesetzt diese sind über das Kommunikations-Standardprotokoll OCPP 1.6 (Smart Charging) im eRound angebunden. Darüber hinaus wird die Ladeinfrastruktur außerhalb der E-Bus-Flotte, wie z. B. Mitarbeiter-Ladesäulen, in der Steuerungslogik der Gesamtlast berücksichtigt.

C. Priorisierungslogik der Fahrzeuge gemäß betrieblicher Anforderungen

Je nach benötigter Reichweite oder geplanten Abfahrtszeiten, kann eine priorisierende Ladung der jeweiligen E-Busse durch den Busbetreiber im eRound vorgegeben werden. Dies kann entweder automatisiert über die VDV 463 Schnittstelle zum externen Betriebshofmanagement / ITCS System oder statisch über CSV-Imports ins eRound erfolgen. Über die E-Bus-Flotte hinaus können Priorisierungslogiken ebenfalls nach RFID-Karten oder Ladepunkten für weitere Fahrzeuge im oder außerhalb des Fuhrparks (z.B. Mitarbeiter, Besucher) vorgegeben werden.

D. Standardisierte Schnittstellen zur Automatisierung: Optimaler Busbetrieb unter Berücksichtigung der Daten aus Energienetz, BHMS und weiteren Vorsystemen

Eine große Herausforderung stellt die Interoperabilität der verschiedenen IT-Systeme innerhalb des Busbetriebs. Die Schnittstellenvielfalt in der Kommunikation der Systeme, sorgt für enorme Pflegeaufwände – proprietäre Schnittstellen sorgen für Abhängigkeit. So wirkt die SNH proaktiv im Gremium des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) in der Gestaltung von Normen und Standards, welche den Datenaustausch über standardisierte Schnittstellen ermöglicht.

1) VDV 261 als Rahmenempfehlung für standardisierte Kommunikation in Bezug auf Vorkonditionierung der Elektrobusse

Innerhalb des BHMS werden u. a. Fahrzeuge und Fahrer auf Umläufe bzw. Stellplätze für Busse zugewiesen, Service- und Werkstattaufenthalte geplant und vor allem die Planung der Vorkonditionierung erstellt. Die Internationale Standardisierung ISO 15118 behandelt umfassend die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation, jedoch nicht vollständig die betriebshofübergreifende Kommunikation, wie z. B. das Dispositionssystem, das Abfahrtszeiten plant und entsprechende Vorkonditionierungspläne vorgibt. Um die speziellen Anforderungen von Verkehrsunternehmen ebenso auf einer standardisierten Kommunikationsbasis zu erfüllen, ist die Rahmenempfehlung VDV261 zur einheitlichen Kommunikation zwischen Elektrobus und den verschiedenen IT-Backends für Ladeinfrastruktur, im Rahmen des VDV-Gremiums entstanden. Diese ist gerichtet an Verkehrsunternehmen, Bushersteller und damit zusammenhängende Anbieter von Softwarelösungen.

2) VDV 463 – Ist-Daten-Schnittstelle für automatisierten Betrieb zwischen Depot- und Lademanagement im Busbetrieb

Das eRound mit dessen integrierter Funktion des Last- und Lademanagements, spielt als Bindeglied zwischen den betrieblichen Vorsystemen BHMS bzw. ITCS und Ladeinfrastruktur eine zentrale Rolle. Bislang lag noch kein standardisiertes Austauschformat zwischen Lademanagement und Verkehrssystemen vor. Im Rahmen des VDV 463 besteht die Hauptaufgabe des Lademanagements in der „Koordination, Überwachung und Steuerung von Ladevorgängen im Sinne eines oder mehrerer Ziele, bspw. der Berücksichtigung von Fahr- und Einsatzplänen, der Einhaltung lokaler Netzrestriktionen oder der Minimierung der Spitzenlast.“ [1]. Hierfür werden z.B. Echtzeitdaten aus dem ITCS verarbeitet, um aktuelle Ist-Zustände der Busse (z. B. SoC) mit dem Plan-Zustand abzugleichen und daraus den operativen Einsatz zu optimieren.

Die erstmals implementierte VDV 463 Schnittstelle zwischen eRound und dem Betriebshofmanagementsystem löst große Herausforderungen des Busbetreibers auf einer standardisierten und herstellerneutralen Basis. Am Beispiel des Referenzprojektes mit dem Verkehrsverbund Hamburg Holstein (VHH) wird über das eRound die gesamte Ladeinfrastruktur an drei Standorten in Hamburg technisch betrieben. Hier ist allerdings ein sogenanntes Elektrobus Dispositionssystem (EDS) im Einsatz, welches über die klassischen Funktionen eines Betriebshofmanagementsystems hinausgeht. Neben der Steuerung bzw. Überwachung der Betriebshöfe sowie Anbindung zu weiteren

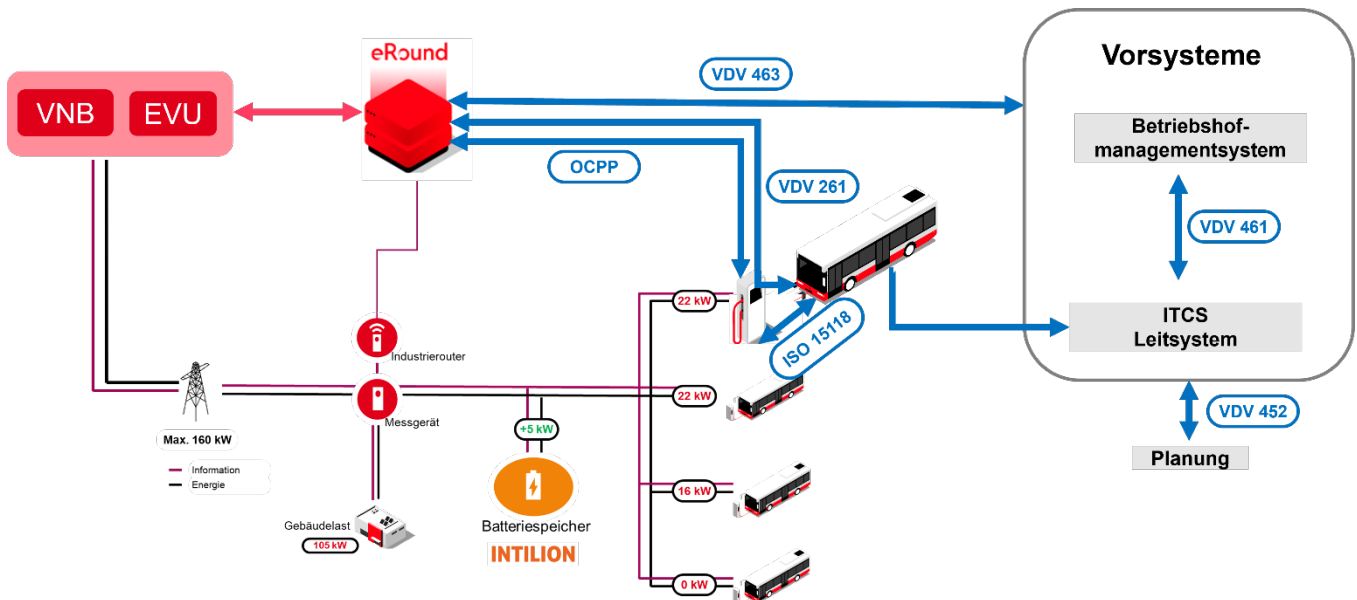


ABBILDUNG 3: ÜBERSICHT ALLER RELEVANTEN IM SYSTEM BETEILIGTEN PROZESSTEILNEHMER SOWIE DIE ENTSPRECHENDEN KOMMUNIKATIONSPROTOKOLLE.

Planungssystemen, besteht der innovative Ansatz in der zusätzlichen Verarbeitung der Daten zu Verkehr und Luftqualität. Diese werden im Umlaufplan insoweit berücksichtigt, dass gezielt emissionsfreie Busse auf betreffenden Linien eingesetzt werden. Berücksichtigt wird sowohl ein Laden im Betriebshof als auch ein Laden auf der Strecke während des Umlaufs.

Über die Schnittstelle werden folgende Vorgänge realisiert:

- eRound erkennt die E-Busse, und sendet die Statusinformationen der Ladestationen und die Batteriefüllstände der E-Busse an das EDS
- Das EDS plant auf Basis der Zustände die Umläufe der E-Busse
- Das EDS teilt die Anforderungen, wie Abfahrzeiten und Batteriefüllstände, an das eRound.
- Das eRound verarbeitet die Vorgaben, damit die E-Busse geladen und vorkonditioniert (nach VDV 261) abfahrbereit sind, und es zur keinen Überlastsituation kommt.

IV. AUSBLICK

Um die betrieblichen Prozesse im Leitstellenbetrieb zu optimieren, sind in der 2D-Ansicht weitere Anpassungen geplant. Zum Beispiel sollen Fehlerfälle in der Ladeinfrastruktur in Verbindung mit konkreten Handlungsanweisungen sichtbar dargestellt werden.

In Bezug auf Fehleranalysen sind im eRound-Datalytics weitere Features geplant, die zur höheren Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur beitragen sollen. Dies beinhaltet u. a.:

- Weiterentwicklung eines proaktiven Monitorings, um die Ausfallszeit durch schnelle Entstörungsprozesse gering zu halten
- Aufbau von aussagekräftigem Alerting (wie z.B. innerhalb der letzten N Minuten ist Fehler Y an Z Ladesäulen aufgetreten)

- Visualisierung von Langzeit-Trendentwicklung (Wochen/Monats/Jahresweise), um auf wiederkehrende Muster (z.B. bei saisonalen Schwankungen) besser vorbereitet zu sein

Im Bereich des Last- und Lademanagements werden zukünftig weitere technische Einheiten im eRound (lokale Erzeugung sowie Speicher) berücksichtigt sowie Schnittstellen zu externen Marktteilnehmern implementiert (siehe ABBILDUNG 3). Konkret geht es um das Zusammenspiel zwischen Strommarkt und Netzbetrieb in Verknüpfung mit Busbetriebshöfen. Erstmals soll im Rahmen des Förderprojekts KoLa („Koordinierungsfunktion des Verteilnetzes und Lastmanagement für den elektrifizierten Personenverkehr“) eine sogenannte „Koordinierungsfunktion (KOF)“ in Kombination eines Lastmanagement-Optimierungsmodul eingeführt werden. Das Optimierungsmodul wird im eRound entwickelt und dient dabei als Bindeglied zwischen der Koordinierungsfunktion, die die Netzseite steuert und überwacht, des Busbetriebshofes, der als flexible Anlage im Verteilnetz dient, sowie des Stromlieferanten, der die Beschaffungssituation optimiert. Die Entwicklung eines solchen stromnetz- und strommarktorientierten Lastmanagements sorgt dafür, dass Flexibilitätspotentiale bei der Ladung der E-Busse sowie die Prognosefähigkeit des Strombezugs für die Ladevorgänge der E-Busse verbessert werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Das Flottenprodukt des eRound (auch: Lademanagement) zeichnet sich bisher insbesondere durch seine flexible und anwendungsorientierte Eigenschaft aus. Die zusätzlichen Anforderungen aus dem Zusammenspiel der Vorsysteme des Busbetreibers erforderten weitere technische Anbindungen zwischen eRound und die betrieblichen Informationssysteme BHMS bzw. ITCS. Dabei setzt die SNH auf standardisierte Schnittstellen und gestaltet proaktiv in den relevanten Gremien die Normen und Standards mit. Ein wichtiger Aspekt für den Busbetreiber mit der Wahl des eRound als das IT-Backend für Ladeinfrastruktur ist das hohe Maß an Flexibilität in seiner Wahl der Ladeinfrastruktur und Fahrzeuge sowie der Vorsysteme. Denn im Zuge der fortschreitenden

Elektromobilität auf Busbetriebshöfen bestehen die Herausforderungen für Verkehrsbetriebe, insbesondere in der Vereinbarkeit der bestehenden IT-Systemlandschaft und der neuen Infrastruktur.

Der E-Busbetrieb erfordert eine erweiterte Form der Koordination, Überwachung und Steuerung der Ladeinfrastruktur und Flotte. Dabei spielt das Lademanagement des eRound eine zentrale Rolle. Das eRound liefert zum einen auf visueller Ebene notwendige Darstellungen über Lade- und Fehleraktivitäten in der Ladeinfrastruktur und Flotte, zum anderen werden Informationen im Sinne von Ladeanforderungen mit den Vorsystemen ausgetauscht. Die im eRound entwickelten Steuer- und Regelungsalgorithmen optimieren gemäß der Übergabewerte den Ladeplan, Netzauslastung und damit einhergehende Energiekosten. In Bezug auf die Überwachung der Ladeinfrastruktur, unterstützt eRound-Datalytics in der schnellen Fehleridentifizierung und -auswertung. Dashboards in Form von aggregierten Kennzahlen verhelfen zur schnellen Übersicht von relevanten Ladeinfrastruktur-Daten. Mit dem zusätzlichen automatisierten Alerting trägt eRound-Datalytics insgesamt zur höheren Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur bei.

Mit der Elektrifizierung der Flotte herrschen für Busbetreiber besondere Anforderungen, die über den Einsatzbetrieb hinausgehen. Die hohen Lasten, die durch das Laden der E-Flotten entstehen, bergen ein großes Potential in der Operabilität mit externen Akteuren des Energiemarktes und netzes. Im Rahmen eines Pilotprojektes soll erstmals das Zusammenspiel Netzbetrieb, Energieversorger und Busbetriebshof als flexible Anlage im Sinne einer Gesamtoptimierung erprobt werden - ein Forschungsprojekt für den wichtigen Schritt in Richtung Smart Grids.

LITERATUR

- [1] V. D. Verkehrsunternehmen, VDV-Schrift 463: Ist-Daten-Schnittstelle zum Lademanagementsystem - Betriebshofmanagement & ITCS [PDF], 2021, p. 11.
- [2] V. D. Verkehrsunternehmen, Empfehlung zur Anbindung eines dispositiven Backends an einen Elektrobus, ergänzend zur ISO-Norm 15118, 2021, p. 3.