



Abschlussbericht

„Verbundprojekt: Schnellladesystem für Elektrobusse im ÖPNV (SEB) – Teilvorhaben:
Einspeisesystem für Elektrobusse“

Zuwendungsempfänger: Schunk Bahn- und Industrietechnik GmbH	Förderkennzeichen: 16N11613
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Schnellladekontaktsystems für Elektrobusse	
Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2012 – 30.04.2015	
Berichtszeitraum: 01.02.2012 – 30.04.2015	



Dieser Zwischenbericht folgt aus der Mustervorlage des Dokuments „Nebenbestimmungen für Zuwendungen auf Kostenbasis des Bundesministeriums für Bildung und Forschung an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben“ (Anlage 1 - NKBF 98)

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokumentes, Verwertung und Mitteilung ihres Inhaltes sind ausschließlich nur mit der Zustimmung der Schunk Bahn- und Industrietechnik GmbH gestattet, alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	2
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	3
<i>Tabellenverzeichnis</i>	3
1. <i>Allgemeine Darstellung</i>	4
1.1. <i>Aufgabenstellung</i>	4
1.2. <i>Voraussetzungen</i>	4
2. <i>Planung und Ablauf des Vorhabens</i>	5
2.1. <i>Lastenheft erstellen / Spezifikationen definieren</i>	5
2.2. <i>Grobkonzeptentwicklung inkl. Konzeptbewertung</i>	6
2.3. <i>Detailkonstruktion (Komponententests, Modell)</i>	6
2.4. <i>Prototypenmontage + erste Testdurchführung</i>	7
2.5. <i>Testphase auf dem Fahrzeug</i>	8
2.6. <i>Produktoptimierungen</i>	10
3. <i>Wissenschaftlicher und Technischer Stand</i>	11
4. <i>Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte</i>	12
5. <i>Angaben der verwendeten Fachliteratur</i>	14
6. <i>Eingehende Darstellung – Schunk Smart Charging</i>	15
6.1. <i>Erzieltes Ergebnis</i>	15
6.2. <i>Nutzen, Verwertbarkeit</i>	16
6.3. <i>Erkenntnisse über Fortschritt anderer Stellen</i>	16
6.4. <i>Veröffentlichung des Ergebnis</i>	17
6.5. <i>Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises</i>	18
<i>Anhang I – Projektablaufplan Fraunhofer IVI</i>	19
<i>Anhang II – Projektablaufplan Fahrzeugumbau</i>	20
<i>Anhang III – Bewertungsmatrix</i>	21
<i>Anhang IV – Inhalt Lastenheft</i>	22
<i>Anhang V – Pantographensystem</i>	23
<i>Anhang VI – Verwertungsnachweis</i>	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rapid-Prototyping	6
Abbildung 2: Prototypen Kontaktkopf	7
Abbildung 3: Montage erster Prototyp auf dem EDDA-Bus	8
Abbildung 4: Austausch optimierter SA	8
Abbildung 5: Testergebnisse Dresden.....	9
Abbildung 7: Rampini - Wiener Linien / Siemens - Ladesystem (Hamburg)	12
Abbildung 8: Kontaktsystem – MultiContact	12
Abbildung 9: Messeauftritt in Kortrijk 2013	17
Abbildung 10: Projektablaufplan Fraunhofer IVI	
Abbildung 12: Bewertungsmatrix	
Abbildung 13: Inhalt Lastenheft	
Abbildung 14: Dachladestromabnehmer	23
Abbildung 15: Invertierter Stromabnehmer	23
Abbildung 16: Zahlenmäßiger Verwendungsnachweis	

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produktoptimierung.....	
Tabelle 2: Zahlenmäßiger Nachweis	

1. Allgemeine Darstellung

1.1. Aufgabenstellung

Das Teilprojekt „Einspeisesystem für Elektrobusse“ hatte das Ziel der Entwicklung und Demonstration eines vollelektrischen Linienbusses mit automatisierter Schnellladestation. Die Aufgabenstellung der Firma Schunk beinhaltete dabei die Entwicklung eines neuartigen Kontaktsystems, welches die Verbindung von Ladestation zu Batteriesystem während des Ladevorgangs automatisch herstellen kann und die benötigte Energie von Ladestation bis hin zum Batteriesystem übertragen kann.

Als Hersteller von Pantographensysteme vor allem im Bereich der Bahntechnik und als Experte für die Entwicklung und Produktion von Hochstromübertragungssystemen sollte Schunk nun ein Hochstromkontaktsystem aus einer Kombination eines Pantographen und einem Hochstromkontakt entwickeln und dabei auf die eigene jahrzehntelange Erfahrung und Kompetenz zurückgreifen.

Jedoch musste Schunk hinsichtlich der unterschiedlichen Anforderungen der stationären Busladung im Vergleich zur permanenten Stromübertragung einer Bahnanwendung einige Funktionen überdenken und modifizieren. Diese Modifikationen betrafen vor allem das Antriebskonzept, da der Pantograph für die Busanwendung einige Hebe- und Senkzyklen pro Tag mehr durchführen muss als ein vergleichbarer Bahnpanograph. Auch die Anpresskraft für die Höhe der zu übertragenden Stromstärken (1.000A / 30s) musste erhöht werden. Ebenso musste ein besonderes Augenmerk auf die Ausarbeitung des Kontaktsystems gelegt werden, welches nun nicht mehr einpolig, sondern mehrpolig ausgeführt sein musste, um eine sichere Stromübertragung im Stillstand zu ermöglichen. Zudem sollten auch noch die Parktoleranzen des Busses in der Haltestelle ausgeglichen werden.

1.2. Voraussetzungen

Die Voraussetzung zur Umsetzung eines Hochstromkontaktsystem waren zu Beginn schwierig. Nicht alle Spezifikationen und Anforderungen bzgl. einer Busanwendung waren klar, so dass nicht **direkt** mit der Konstruktion des Designs begonnen werden konnte. Auch konnten hier keine bekannten Erkenntnisse aus dem Bahnmarkt aufgenommen werden. Aus diesem Grund mussten hier zu Beginn erst einige

Grundlagenrecherchen zur Ermittlung der Spezifikationen und Anforderungen durchgeführt werden. Zu diesen Anforderungen gehörten vor allem:

- Notwendige Hubhöhe des Pantographen
- Montagehöhe des Gegenkontaktes
- Anforderungen zu den Parktoleranzen des Busses an der Haltestelle
- Platzangebot auf dem Fahrzeugdach zur Positionierung des Pantographen
- Etc.

Auch konnte nicht auf bereits bestehende Normen zurückgegriffen werden. Vielmehr musste man sich auf zum Teil vorhandene Normen für Elektrofahrzeuge in der Automobilbranche zurückgreifen.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der grundsätzliche Zeitplan zu Beginn des Förderprojekts hat einen Testzeitraum inkl. Testphase des gesamten Systems (Elektrobus, Ladestation, Batteriesystem, Kontaktsystem) ab Juli 2014 vorgesehen. Dieser Zeitraum sollte bis Januar 2015 andauern (siehe Projektplan – Anlage I). Dieser Zeitraum hat sich aus verschiedensten Gründen um ein paar Monaten verschoben, so dass der offizielle Testbeginn inkl. Passagierservice erst ab 03. November 2015 starten konnte. Aufgrund einer kostenneutralen Projektverlängerung des Förderprojekts konnte der Testbetrieb weiterhin noch bis Ende April 2015 ausgedehnt werden. Dieser Testbetrieb konnte dann noch auf unterschiedlichen Linien (Profil, Länge, etc.) ausgeübt werden.

2.1. Lastenheft erstellen / Spezifikationen definieren

Der Ablauf des Projektvorhabens seitens Schunk wurde zu Beginn vor allem durch die Recherche der Spezifikationen und Grundanforderungen an das zu entwickelnde Kontaktsystem geprägt. Eine besondere Schwierigkeit lag vor allem darin, dass nicht auf bereits vorhandene Normen und Standards zurückgegriffen werden konnte. In enger Absprache und Abstimmung mit Fraunhofer konnten dann im Zeitverlauf entsprechende Anforderungen bzgl. der Parktoleranzen, Arbeitshöhe etc. in einem Lastenheft spezifiziert, zusammengefasst und dokumentiert werden (siehe Seite XX). Hierfür war es auch notwendig mit Busherstellern (VDL / Solaris / etc.) und Ladestationsherstellern (Heliox / EkoEnergetyka) bzgl. Anforderungen zu kommunizieren. Der Fokus lag hierbei auf den technischen und geometrischen

Anforderungen. Auch wurden hierbei bereits vorhandene Wettbewerbsprodukte (bspw. TOSA in Genf) zum Benchmarking betrachtet und analysiert (November 2012).

2.2. Grobkonzeptentwicklung inkl. Konzeptbewertung

Nachdem alle Spezifikationen und Normen mit Fraunhofer und Schunk abgestimmt und in einem Lastenheft dokumentiert waren, konnte Schunk mit der Ausarbeitung der ersten Grobkonzepte beginnen. Es konnten 7 Grobkonzepte vorgelegt werden, die dann entsprechend vorhandener Kriterien auf ihre Umsetzbarkeit hin objektiv in einer Bewertungsmatrix (siehe Seite XX) bewertet wurden. Als Ergebnis wurde das Konzept mit der höchsten Punktzahl und damit der besten Umsetzbarkeit der vorher festgelegten Anforderungen (technisch / geometrisch) ausgewählt.

2.3. Detailkonstruktion (Komponententests, Modell)

Das ausgewählte Grobkonzept musste dann im Detail noch weiter ausgearbeitet und verfeinert werden. Hier wurden zu Beginn schon einige konstruktionsbegleitende Komponententests vorgenommen (Antrieb, Kontaktelemente, etc.), die die Funktionalität weiterhin aufzeigen sollten. Auch ein erstes „Rapid Prototyping“-Modell (siehe Abbildung 1) konnte erstellt werden, um die Kontaktierung in einem ersten Schritt zu simulieren. Die Ergebnisse dieser ersten Testdurchführungen gaben schlussendlich den Startschuss zur Detailkonstruktion des ausgewählten Grobkonzepts zu beginnen.



Abbildung 1: Rapid-Prototyping

2.4. Prototypenmontage + erste Testdurchführung

Ab einem gewissen Punkt wurden dann, nach der verfeinerten Konstruktion, erste Komponenten zum Prototypenbau bestellt und danach auch ein erster Prototyp montiert. Speziell auch die benötigten GFK-Komponenten mit hohen Werkzeugkosten wurden in enger Abstimmung mit den jeweiligen Lieferanten gefertigt und in mehreren Schritten optimiert (siehe Abbildung 2).

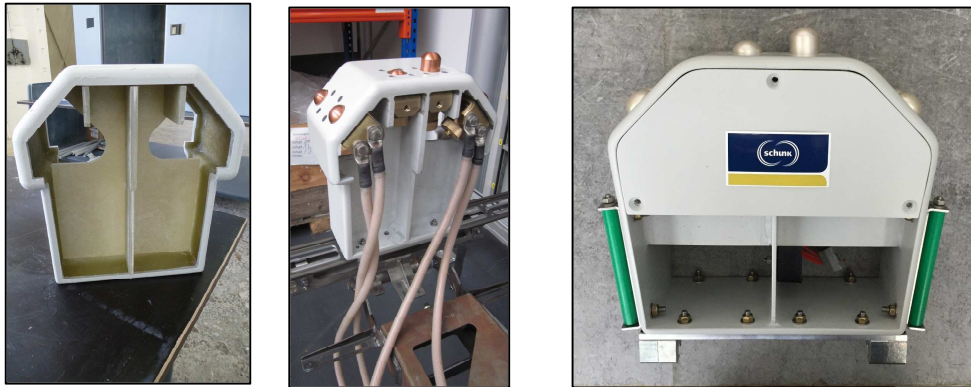


Abbildung 2: Prototypen Kontaktkopf

Diese Prototypen wurden dann auch auf einem eigens für das Kontaktsystem gefertigten Prüfstand (Heben / Senken / Kneeling / Positionsausgleich / Leistungsübertragung) auf "Herz und Nieren" geprüft. Bei diesen Tests sind einige kleinere Probleme (Hubhöhe / Befestigung Kontakte / Einschwenkmechanismus / etc.) aufgetaucht, welche dann in der Optimierungsphase abgestellt oder einer Weiterentwicklung unterzogen wurden.

2.5. Testphase auf dem Fahrzeug

Im Sommer 2014 (22.05.2014) konnte dann der erste Prototyp auf dem Fahrzeugdach des geförderten Elektrobusses in Dresden bei der Firma GöppelBus montiert werden (siehe Abbildung 3). Die danach folgenden ersten Funktionstests waren erfolgreich. Diese offiziellen Tests wurden durch parallel verlaufende interne Testdurchführungen (Strombelastung Kabel und Kontakte / Zyklustest Kontakte / Zyklustest Heben und Senken / Isolationstest / Kontaktreihenfolge / Salznebeltest / etc.) begleitet. Erkenntnisse aus diesen beiden weiteren Testperioden haben auch wieder zu einer weiteren Optimierung des Kontaktsystems geführt.



Abbildung 3: Montage erster Prototyp auf dem EDDA-Bus

Somit wurde im Dezember 2014 nochmal eine aktuelle Variante des Kontaktsystems auf dem Fahrzeugdach montiert (siehe Abbildung 4).




Abbildung 4: Austausch optimierter SA

Eine optimierte Variante (neuer Einschwenkmechanismus) des SA und der Ablagevorrichtung wurde am 05.12.-06.12.2014 durch Schunk-Mitarbeiter vorgenommen. Diese Optimierung ermöglicht ein höheres Ausfahren des SA und somit die Möglichkeit die Haube auf 4,50m aufzuhängen. Zudem sollte der verbleibende Testbetrieb mit dem Austausch des Stromabnehmers erhalten werden. Der vorherige SA wurde als Austauschsystem für Notfälle bei Fraunhofer IVI gelagert.

Des Weiteren wurden dort für den Notfall ein Ersatzantrieb und eine Ersatzkontaktvorrichtung zur Verfügung gestellt.

Die gesamten Testergebnisse des Förderprojekts und damit auch die Funktionalität des Kontaktsystems sind durchweg positiv verlaufen und konnten somit die Möglichkeiten und Wirtschaftlichkeit für Elektrobusse demonstrieren. In

Abbildung 5 sind diese Testergebnisse sehr gut zu erkennen.


Test reference of Dresden project

Experiences from Dresden project (Germany)

Test period:

- Starts 3rd of November with passengers on a regular line in Dresden
- Before (from September) without passengers on a public line in Dresden

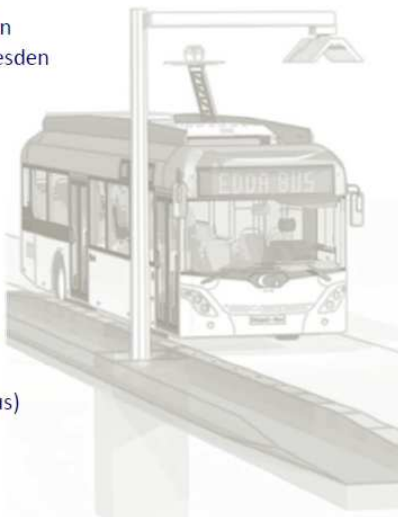
Electric bus & test parameters

- Test track: Public route in the city (14,4km)
- Type of bus: 12m electric bus / 58 passengers / 14t
- Hours: 16h / day
- Battery capacity: 85kWh (57-75% in use)
- Energy consumption: 1,1kWh (95% efficiency → 17,4kWh)

Charging parameters – „opportunity charging“

- Charging current: max. 370A (depends on battery status)
- Charging time: 4,5min
- Charging voltage: 670V-720VDC (depends on battery status)
- Charging Power: ~250kW
- Charging cycles: 16 per day

- 98% availability → 100% availability of the contact system
- High acceptance of bus drivers an Public Transportation Service → second test on a different line in Dresden!



21.01.2013 Timo Staubach / Schunk Smart Charging
24

Abbildung 5: Testergebnisse Dresden

Diese durchweg positiven Testergebnisse verhalfen auch dazu, dass der Verkehrsbetreiber noch einer verlängerten Testzeit bis Ende April 2015 zustimmte. Das Kontaktsystem der Firma Schunk zeigte sich hierfür als **Key-Komponente und elementarer Bestandteil des Förderprojekts.**

2.6. Produktoptimierungen

S.10 VETRAULICH

3. Wissenschaftlicher und Technischer Stand

S.11 VETRAULICH

4. Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte

Zu Beginn der Entwicklung waren keinerlei Schutzrechte bekannt. Lediglich die im vorherigen Kapitel dargestellten Technologien waren im Markt. Trotz der Anforderung innerhalb des Projekts eine konduktive Lösung zu entwickeln, hat Schunk sich auch mit Alternativen Technologien (induktiv) auseinandergesetzt und nach Vor- und Nachteilen bewertet.



Abbildung 6: Rampini - Wiener Linien / Siemens - Ladesystem (Hamburg)

Im Entwicklungsverlauf des Hochstromkontaktsystems kamen dann weitere Technologien in den Markt (siehe Abbildung 6). Siemens hatte Anfang November 2014 ebenfalls einen Hybridbus mit automatischem Kontaktsystem in Hamburg in Betrieb genommen. Dieses System basiert ebenfalls auf einem herkömmlichen Stromabnehmer. Dieser wird allerdings nicht auf dem Fahrzeugdach, sondern invertiert auf einem Fahrwegmast über der Haltstelle angebracht. Der Gegenkontakt, bestehend aus einfachen Stromscheiben, befindet sich in einer bestimmten Anordnung auf dem Fahrzeugdach. Sobald ein Bus in die Haltstelle fährt und unter dem System zum Stillstand kommt, fährt das Kontaktsystem von oben nach unten aus und kann mit dem Gegenkontakt auf dem Fahrzeugdach einen Kontakt zur Ladestation / Batteriesystem herstellen.

Es gibt zudem noch ein weiteres interessantes Kontaktsystem von MultiContact. Dieses Kontaktsystem wurde auf der InnoTrans 2014 in Berlin zum ersten Mal der Öffentlichkeit präsentiert. Das Kontaktsystem dieser Lösung befindet sich ebenfalls auf dem Fahrzeugdach, bildet jedoch einen lateralen Kontakt mit einer Gegenstelle auf der Wegseite (siehe Abbildung 7) aus.



Abbildung 7: Kontaktsystem – MultiContact

Speziell für die Entwicklung des Kontaktsystems hat Schunk eine Menge Aufwand betrieben. Die Anforderungen für diese Art der Kontaktierung mit einer besonderen Funktionalität sind sehr komplex, denn der Kontakt sollte automatisch und sehr schnell hergestellt werden. Zudem mussten eine hohe und sichere Stromübertragung sowie ein Ausgleich von Parktoleranzen des Elektrobusse in der Haltstelle mit dem Kontaktsystem ermöglicht werden. All diese Anforderungen konnte Schunk mit dem innerhalb des Projekts entwickelten Kontaktkopfs ermöglichen (siehe Abbildung 2). Folgende Schutzrechte wurden innerhalb der Projektlaufzeit angemeldet:

- Patent WO 2015/018887 A1
- Patent WO 2015/018888 A1
- Patent WO 2015/018889 A1

Diese Anmeldungen sollen dabei helfen, die Entwicklung des speziell entwickelten Kontaktsystems vor der Verwendung von Dritten zu schützen.

5. Angaben der verwendeten Fachliteratur

- Standard **IEC 62196** „Konduktives Laden von Elektrofahrzeugen“
 - mechanische Absicherung der Kontaktreihenfolge PE – DC+/DC- – CP
 - fünfter Kontakt (PP) an ÖPNV-Fahrzeugen nicht notwendig
 - Zusammenarbeit mit anderen Stellen
- **ECE R100** – Elektrosicherheit batteriebetriebene Elektrofahrzeuge
 - Kennzeichnung von Hochvoltteilen (orange Kabel, Sicherheitsbeschilderung)
 - Prüfung des Isolationswiderstandes und der Schutzleitergüte
 - kann „Prüffinger“-Anforderung technologisch nicht erfüllt werden, ist dem mit Abschaltbarkeit der entsprechenden Anlagenteile zu begegnen
- **ECE R 107** – Busse; speziell Anhang 12: Trolleybusse
- **IEC61851-23** – möglich verzögerungsfreie Energieübertragung nach Kontaktschluss
- **DIN EN 61851-1** – „Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen-Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge“ Abschnitt 11.6 erfolgt die Bemessung der Luft- und Kriechstrecken nach IEC60664-1.
- **IEC 60664-1** – Luft- und Kriechstrecken
- **StVZO §32** – Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen
- **RASt 06** – „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“
- **DIN EN 61508-2**: „Funktionale Sicherheit“
- **DIN EN 61508-3**: Anforderungen an Software
- **DIN EN 61508-4**: Begriffe und Abkürzungen
- **IEC 60364-4-41** – Schutz gegen elektrischen Schlag
- **IEC 60364-5-54** – Bemessung Schutzleiter
- **IEC 60245-6** – geeignete Leitungseigenschaften
- **IEC 62196-3** – Schnittstelle Gleichstromladestationen

6. Eingehende Darstellung – Schunk Smart Charging

6.1. Erzieltes Ergebnis

Innerhalb der 2-jährigen Entwicklungszeit hat Schunk es geschafft, ein Hochstromkontaktsystem auf der Basis eines Pantographen herzustellen. Jedoch musste auch der Pantograph hinsichtlich der Busanwendung modifiziert werden. Der Pantograph an sich musste leichter und kompakter zur Montage auf dem Busdach sein (siehe Abbildung 9). Zudem musste das Antriebskonzept bearbeitet werden, da nun dieser Pantograph mehrere Heb- und Senkzyklen im Vergleich zu einem herkömmlichen Bahnstromabnehmer pro Tag durchführen muss. Auch die Anpresskraft im Vergleich zu einem herkömmlichen Pantographen musste gesteigert werden, um eine ausreichend hohe Kontaktqualität für die hohe Leistungsübertragung zu erreichen.

Die eigentliche Neuheit des Pantographen ist nun das Kontaktsystem, welches speziell auf die Anforderung der Busanwendung hin entwickelt wurde. Dieses System schafft es folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Hohe Leistungsübertragung:
 - 1.000A über ca. 30s → Pulsladung
 - 500-600A über min 15 min → Opportunity charging
 - 100-150A über mehrere Stunden → Depotladen
- Hoher Ausgleich der Parktoleranzen des Busses:
 - X-Achse: Fahrzeughöhe: 1.800mm
 - Y-Achse: Parallel zur Fahrtrichtung: ± 375 mm
 - Z-Achse: Fahrtrichtung: 1.000mm
 - Kneeling: Seitliches Absenken des Fahrzeuges während des Ladevorgangs um 4°
- 4-polige Designausführung inklusive Umsetzung der Kontaktreihenfolge zur sicheren Stromübertragung:
 - PE
 - DC+ / DC-
 - Control Pilot (CP)
 - Kontaktierung <1s
- Durch das Ausfahren des Pantographen während der Einfahrt des Busses in die Haltestelle in eine Art Zwischenposition unterhalb der Kontakthaube.

6.2. Nutzen, Verwertbarkeit

Schon innerhalb des Förderprojekts wurde ersichtlich, dass ein großes Interesse bei vielen Verkehrsbetrieben und Busherstellern für eine solche Lösung vorhanden war. In den Gesprächen mit diesen Parteien bzgl. der Anforderungen an eine solche Technologie kam dies immer zum Vorschein. Auch der Messeauftritt auf der Busworld 2013 zeigte die Notwendigkeit und die Nachfrage zu einer solchen Technologie.

Nach der ersten positiv verlaufenden Testdemonstration mit dem EDDA-Bus wurde dieses Interesse bei den Busherstellern und den Verkehrsbetrieben sogar noch verstärkt, so dass Schunk zurzeit schon an Bushersteller wie Solaris, VDL und LinkkerBus diese neu entwickelten Kontaktsysteme für Pilotprojekte in Deutschland, Polen und Skandinavien liefert.

Schunk wird die Erkenntnisse aus diesen neuen Test wiederrum nutzen, um dies in die Weiterentwicklung und Optimierung der Technologie einfließen zu lassen. Auch immer konkreter werdende Anforderungen helfen bei diesem Optimierungsprozess. Nach Modifikation und / oder Optimierung erhofft sich Schunk eine Verwendung für Serienmarkt!

Die Erkenntnisse aus dem Förderprojekt konnten jedoch nicht nur zur Produktoptimierung herangezogen werden, sondern auch für die Entwicklung einer alternativen Ausführung. Schunk arbeitet zurzeit an der Entwicklung eines „invertierten Stromabnehmers“ (siehe Abbildung 10). Dieser Stromabnehmer wird später nicht mehr auf dem Busdach, sondern auf der Infrastrukturseite montiert. Somit wird dieser invertierte SA auf einem Mast wegseitig über der Haltestelle aufgehängt und kontaktiert von oben nach unten auf eine passende Gegenstelle auf dem Busdach. Für diese Art der Anwendung gibt es schon Pilotprojekte in Europa.

6.3. Erkenntnisse über Fortschritt anderer Stellen

Hier liegen Schunk keine detaillierteren Informationen vor. Dennoch ist es erkennbar, dass sich im Bereich für Ladestationen, Batteriesysteme und auch Ladesysteme einiges auf dem Markt entwickelt hat.

Vor allem die Ladestationen werden immer leistungsfähiger, so dass heute nicht mehr auf Ladestationen für den PKW-Sektor zurückgegriffen werden muss. Vielmehr ist es so, dass leistungsstarke Geräte mit bis zu 400kW speziell für die Elektrobusanwendung entwickelt und auch vermarktet wurden.

Die Batteriesysteme selbst scheinen noch zu gering in Ihrer Leistungsfähigkeit, dass viele Verkehrsbetriebe sich noch für ein Zwischenladen tagsüber an Haltestellen aussprechen (Opportunity Charging) und dies umsetzen. Dies hilft dabei, die Kosten für die Busse aufgrund der niedrigeren Kosten für „kleinere“ Batteriespeicher zu reduzieren.

6.4. Veröffentlichung des Ergebnis

Das entwickelte Hochstromkontaktsystem bzw. der Dachladestromabnehmer wurde zum ersten Mal 2013 auf der **Busworld in Kortrijk** einer breiteren Masse (siehe Abbildung 8) vorgestellt.

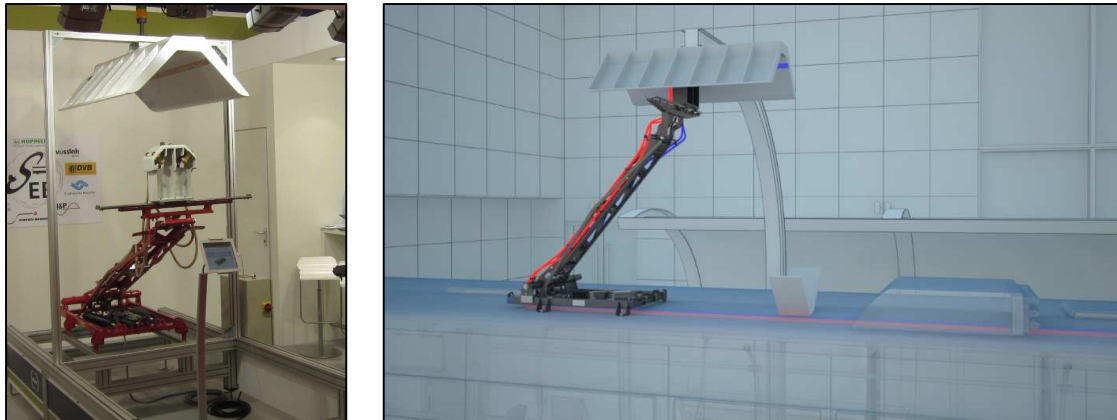


Abbildung 8: Messeauftritt in Kortrijk 2013

Dort konnte das System schon viel Interesse wecken. Nach der ersten erfolgreichen Testdemonstration ist dieses Interesse seitens der Verkehrsbetriebe und Bushersteller zum Teil auch weltweit enorm gestiegen.

Schunk selbst hat keine wissenschaftliche Veröffentlichung zum dem Projekt bzw. zu dem Kontaktsystem veranlasst. Lediglich Fraunhofer IVI hat einige Artikel zu dem Gesamtprojekt in diversen Fachzeitschriften (Omnibusspiegel, Elektrische Bahnen etc.) veröffentlicht.

6.5. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

S.18 VETRAULICH

Anhang I – Projektablaufplan Fraunhofer IVI

S.19 VETRAULICH

Anhang II – Projektablaufplan Fahrzeugumbau

S.20 VETRAULICH

Anhang III – Bewertungsmatrix

S.21 VETRAULICH

Anhang IV – Inhalt Lastenheft

S.22 VETRAULICH

Anhang V – Pantographensystem



Abbildung 9: Dachladestromabnehmer



Abbildung 10: Invertierter Stromabnehmer

Anhang VI – Verwertungsnachweis

S.24 VETRAULICH