Zügig in Richtung Dekarbonisierung – Die Batteriezug-Schnellladestation VOLTAP als Teil neuer Bahninfrastrukturen

Nach dreijähriger Entwicklungszeit hat die von den Stadtwerken Tübingen (swt) und Furrer+Frey gebaute Schnellladestation für Batteriezüge umfangreiche Realtests bestanden. Mit einem BEMU von Stadler bewies VOLTAP, dass sie die technischen Voraussetzungen für eine Markteinführung erfüllt. Sie könnte damit die Einsatzmöglichkeiten der Batteriezug-Technik in Deutschland und Europa deutlich erweitern.

Dr. Felix Dschung
Consultant Bahntechnik bei der Furrer + Frey AG
fdschung@furrerfrey.ch

Dr. Ulrich Schermaul
Referent für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit bei den Stadtwerken Tübingen GmbH
ulrich.schermaul@swtue.de

1. Auf die Schiene gesetzt

Auto, Eisenbahn, Bus – diese Transportmittel miteinander zu vergleichen, ergibt häufig ein verzerrtes Bild. Für die Mobilitätswende ist jedoch eine gemeinsame Richtung vorgezeichnet: In allen drei Sektoren wird an der Ablösung fossiler Antriebe gearbeitet. Die Suche nach den besten klimafreundlichen Alternativen läuft. Bei Autos und Bussen liegen Elektroantriebe klar vorne. Wasserstoff bietet sich bei Bussen und LKW an. Und bei Zügen? Nach wie vor rollen insbesondere im ländlichen Bereich viele Dieselzüge. Im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) fahren Dieselzüge mitunter auch auf elektrifizierten Streckenabschnitten, ohne jedoch die vorhandene Fahrleitung nutzen zu können. Hier bietet sich der Einsatz batterieelektrischer Züge an. Aktuell sind ca. 60 % des deutschen Schienennetzes elektrifiziert – demgegenüber sind 40 % noch nicht unter Draht. Gibt es auf der Strecke jedoch eine zu große, nicht-elektrifizierte „Lücke", ist ein Batteriezug mit Reichweiten zwischen 80 und 120 km in zu vielen Fällen aus dem Spiel – und als klimaschonende Alternative schnell auf dem Abstellgleis.

Wirft man nun einen Schulterblick auf das Auto, wird schnell klar: das Abhängigkeitsverhältnis von Fahrzeugen und Infrastruktur gilt auch für die Bahn. Ohne eine synchron mitwachsende Infrastruktur setzt sich eine neue Antriebstechnik nicht durch. Die E-Mobilität beim PKW ist auf dem Weg: Laut Verkehrsministerium Baden-Württemberg steht seit Ende 2019 im Zuge des SAFE-Ausbauprogramms [1] ein Ladenetz bereit, das mindestens eine E-Ladesäule mit 22 kW im Umkreis von zehn Kilometern und mindestens eine Schnellladesäule mit 50 kW Leistung (oder mehr) im Umkreis von 20 Kilometern bietet. [2] 7209 öffentliche Ladepunkte gab es in diesem Bundesland im Sommer 2021, über 46 000 bundesweit. [3] Förderprogramme sollen den Turbo bei der E-Ladeinfrastruktur zünden. Das gibt Planungssicherheit für E-Autos.

2. Wann ist die E-Mobilität am Zug?

Wann sehen wir auch bei der Eisenbahn den Durchbruch von batterieelektrischen Zügen? Im Überlandverkehr – außerhalb von Städten mit ihren rein elektrischen Trams – fahren Batteriezüge bislang nur im Testbetrieb. Besonders in wenig bis gar nicht elektrifizierten Gegenden offenbart sich ein Grundproblem – und gleichzeitig der größte Unterschied zwischen E-Auto und Batteriezug: Eine Ladeinfrastruktur für Batteriezüge abseits der elektrifizierten 60 % Schienennetz gibt es nicht. Noch nicht einmal ansatzweise.

Während in der Schweiz das Schienennetz vollständig elektrifiziert ist, braucht Deutschland eine andere Lösung, um den Einsatz von BEMUs abseits der großen Hauptstrecken voranzubringen. Denn die Zeit – besser gesagt: der Klimawandel – drängt. Oberleitungsbau ist kostenintensiv und Genehmigungsverfahren sehr zeitaufwändig. Zeit, die Deutschland bei der Verkehrswende nicht hat. Batteriezüge können im Regionalzugverkehr in ländlicheren Regionen oder auf weniger befahrenen Stichstrecken ihre Stärken ausspielen. Gerade dort also, wo – laut den Zielen der Politik – wieder mehr Menschen weg vom Auto in den ÖPNV und in die Bahn gelockt werden sollen. Vom Umland in die Stadt mit dem Batteriezug und dort mit dem E-Linienbus

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Stadtwerken Tübingen GmbH und Furrer + Frey GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

bis ans Ziel: Gelingt das mit emissionsfreien Antrieben, entsteht ein echter Beitrag zur Energie- und Verkehrswende.

Wie kann es gelingen, die Abhängigkeit von der Oberleitungselektrifizierung zu durchbrechen und damit die Dekarbonisierung voranzutreiben? Die von den Stadtwerken Tübingen (swt) gemeinsam mit Furrer+Frey entwickelte Schnellladestation VOLTAP ist ein Teil der Lösung, ein Mosaiksteinchen für eine neuartige, systematische, homogene Ladeinfrastruktur im Eisenbahnsektor, die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) ganz neue Möglichkeiten erschließt.

Die erste ihrer Art – „VOLTAP No. 1" – steht in Ammerbuch-Pfäffingen. Im Oktober 2021 war dort ein BEMU von Stadler Rail zu Gast und bewies im Zusammenspiel mit der Station, dass der neue technische Ansatz vollumfänglich funktioniert.

1: Prototyp der VOLTAP-Schnellladestation für Batteriezüge am Test-Gleis in Ammerbuch-Pfäffingen. Testzug von Stadler Rail. Die Schnellladestation besteht aus der Trafostation (Vordergrund) und einer Oberleitungsanlage (OLA) mit Lademasten und Ladeschiene Alle Bilder: swt/Marquardt

3. Komplexe Weichenstellung – Systemische und technische Herausforderung

Bis zu den Realtests am Gleis war es ein langer Weg. Bei der Entwicklung bündelten sich die Kompetenzen der Stadtwerke Tübingen (Deutschland) als Stromnetzbetreiber mit dem Know-how im Oberleitungsbau von Furrer+Frey (Schweiz). Grenz- und branchenübergreifend hatten beide Seiten zuvor immer lautere Stimmen aus der Eisenbahnbranche ernst genommen, die nach einer Ladelösung für ihre Batteriezüge suchten – der Startpunkt für die VOLTAP-Idee. Bereits während der zweijährigen Entwicklungs- und Testphase „offtrack" an einem Waldstandort in Tübingen galt es, Lösungen für die grundlegenden Herausforderungen zu finden.

3.1. Systemunabhängige Kompatibilität

So heterogen die Lade-, Batterie- und Steckersysteme beim Auto, so unterschiedlich zeigt sich auch das Bild bei Batteriezügen. Jeder Hersteller baut seinen Batteriezug anders. Alle wünschen sich eine passgenaue individuelle Ladelösung. Ein proprietäres System führt jedoch in eine Sackgasse und taugt nicht als flächendeckender Game-Changer. Oberstes Ziel war somit die Entwicklung einer hohen herstellerübergreifenden Kompatibilität.

Blickt man auf die Fundamente der Bahnantriebstechnik, stellt man fest: Charakteristisch für die auf Drehfeldmaschinen basierende moderne Triebwagentechnik ist die Leistungselektronik. Die an der Oberleitung abgegriffene einphasige Spannung auf dem Fahrzeug wird zunächst gleichgerichtet, um damit einen Gleichspannungszwischenkreis zu laden. Traktionsumrichter wandeln von dort aus die Gleichspannung anschließend in eine mehrphasige Wechselspannung um, die die Fahrmotoren je nach gewünschter Drehzahl mit einer variablen Frequenz speisen. Es entsteht dadurch eine vollständige Entkoppelung der Frequenz des speisenden Netzes von der an den Antriebsmotoren anliegenden Spannung.

Aus dieser Tatsache zogen die Entwickler eine wichtige Erkenntnis, um das Kompatibilitätsproblem zu lösen: Anstatt das Fahrzeug – wie bislang üblich – mit einer auf die Frequenz 16,7 Hz reduzierten Spannung zu versorgen, kann – eingespeist über den Pantographen – auch die 50 Hz-Netzspannung verwendet werden. Dadurch beschränken sich die Auswirkungen auf das Fahrzeug im Wesentlichen auf die Software des eingangsseitigen Gleichrichters. Die bei BEMU zusätzlich eingebaute Traktionsbatterie wirkt während des Ladevorgangs lediglich als zusätzlicher Verbraucher auf dem Fahrzeug.

3.2. Modularer Aufbau mit Standard-Komponenten

Nachdem es den Entwicklern gelang, die bei der Versorgung einphasiger Lasten entstehende Unsymmetrie zu beherrschen, war der Weg offen, die batterieelektrischen Fahrzeuge direkt mit einer Spannung zu versorgen, deren Frequenz der 50 Hz-Netzspannung entspricht. Damit schuf dieser Durchbruch die Möglichkeit, auf die Verwendung einer Leistungselektronik zu verzichten – ein wesentlicher Kostenfaktor. Dies macht VOLTAP einzigartig. Stattdessen kommen in der Trafostation, die zusammen mit der Oberleitungsanlage die Ladestation bildet, Standardkomponenten zum Einsatz. Die von den Stadtwerken Tübingen im Stromanbieter-Alltag bewährte und vielfach zuverlässig eingesetzte Elektrotechnik sorgt für einen schnellen, modularen und unkomplizierten Aufbau der Schnellladestation. Zudem sind die Standardkomponenten wesentlich langlebiger und wartungsärmer als teure spezielle Leistungselektronik.

3.3. Kosten- und Zeitersparnis bei Errichtung und im Betrieb

Schnelle Reparaturmöglichkeiten im Falle eines Defekts, eine gute und zeitnahe Verfügbarkeit von Ersatzteilen, kurze Reaktionszeiten von Servicetechnikern bei Störungen: Für den Betrieb von Schnellladestationen, insbesondere bei hohen Stückzahlen in einem Ladeinfrastrukturnetz, müssen diese Anforderungen zuverlässig und kompetent erfüllt werden. Denn gerade im Eisenbahnverkehr mit den stringent durchgetakteten und verbindlichen Fahrplänen untergraben häufige Störungen und Verspätungen die

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Stadtwerken Tübingen GmbH und Furrer + Frey GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

2: Auf dem Display in der Trafostation, die Teil von VOLTAP ist, können die aktuellen technischen Parameter abgelesen werden

Akzeptanz in der Bevölkerung. Auf der anderen Seite müssen sich Eisenbahnverkehrsunternehmen, die auf Batteriezüge setzen wollen, darauf verlassen können, dass die Schnellladestationen auch über lange Zeiträume von mehreren Jahrzehnten zuverlässig funktionieren. Der Einsatz von langlebiger Standardtechnik in einer BEMU-Schnellladestation bietet diese Sicherheit. Während Oberleitungsschäden schon im regulären Bahnbetrieb längere Ausfallzeiten bedingen – und für den Zugbetrieb oftmals komplette Zwangspausen bedeuten – lässt sich eine VOLTAP-Schnellladestation in wesentlich kürzerer Zeit reparieren. Eine enorme Kosten- und Zeitersparnis entsteht auch bei der Erstinstallation im Vergleich zur Elektrifizierung durch konventionelle Oberleitungen. Innerhalb von rund zwölf Monaten ab erteilter Genehmigung (inklusive aller netzseitiger Vorprüfungen) steht eine VOLTAP-Ladestation und kann sofort mit Batteriezügen angefahren werden.

3: Michael Ludolf, VOLTAP-Projektleiter bei den Stadtwerken Tübingen, erläutert die technischen Steuerungseinheiten im Inneren der VOLTAP-Ladestation

3.4. Netzverträglichkeit

Das Zusammenspiel zwischen Batteriezug, Schnellladestation und dem Strom-Versorgungsnetz ist eine weitere essenzielle Anforderung. Denn die Ladestation fungiert als Bindeglied zwischen Versorgungsnetz und Fahrzeug. So legt VOLTAP ein besonderes Augenmerk darauf, die Spannungsqualität zu wahren – auch beim nötigen einphasigen Leistungsbezug im Megawattbereich aus einem dreiphasigen Stromnetz. Bei diesem Vorgang die Netzverträglichkeit – und damit die Versorgungssicherheit für alle anderen angeschlossenen Verbraucher – zu gewährleisten, hatte höchste Priorität bei der Entwicklung.

3.5. Etabliertes Abrechnungssystem

Am Ende eines jeden erfolgreichen Ladevorgangs steht – wie beim E-Auto auch – das Bezahlen. Und auch hierfür haben die VOLTAP-Entwickler bereits eine Lösung parat, die es den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) einfach macht, Aufladungen ihrer Batteriezüge abzurechnen. Die Schnellladestation kann an ein weit verbreitetes E-Lade-Abrechnungssystem angebunden werden, das die Stadtwerke Tübingen als Betreiber von E-Lade-Infrastrukturen bereits nutzen. Damit steht ein etabliertes System samt Netzwerk zur Verfügung. Entsprechend sind für EVU die Hürden niedrig und der Komfort hoch.

3.6. Offenheit für neue Anwendungsfälle

Die Flexibilität, Schnelligkeit und der modulare Aufbau machen VOLTAP zur Lösung für Anwendungsfälle, die erst noch in der Entwicklung sind. Auch Batteriezüge brauchen Werkstätten. Während nächtlicher Stand- und Ruhezeiten könnten die Batteriezüge an einer BEMU-Ladestation aufgeladen werden – bequem über den Pantografen, ohne, dass der Triebfahrzeugführer ins Gleis muss, um mit schweren und bisweilen anfälligen Steckern und Kabelsystemen zu hantieren. Ist ein Batteriezug frisch gewartet oder repariert, lässt sich direkt an der Werkstatt die Qualität der Arbeit durch Aufladung an der Schnellladestation überprüfen – ohne die Fahrt in einen eventuell mehrere Kilometer entfernten elektrifizierten Streckenabschnitt. Auch im Bereich der Rangier- und Hafenbahnen deutet sich ein Ersatz von Dieselloks an. Ein System aus Batterielokomotive und Ladestation eignet sich auch in diesem Bereich sehr gut.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Stadtwerken Tübingen GmbH und Furrer + Frey GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

4. Erfolgreiche Realtests mit BEMU von Stadler Rail

Man kann lange entwickeln und unter Laborbedingungen abseits der Eisenbahn-Realität testen. Entscheidend ist der Moment, an dem ein Batteriezug zum ersten Mal an einer Schnellladestation aufgeladen wird. Diesen Moment erlebten die VOLTAP-Entwickler im Oktober am Bahnhof im schwäbischen Ammerbuch-Pfäffingen. Für die Stadtwerke Tübingen, deren Zentrale nur 20 Minuten entfernt liegt, ein Heimspiel. Sie sind Stromnetzbetreiber der Gemeinde.

Als der Testzug, ein FLIRT Akku des Herstellers Stadler Rail, zum ersten Mal an der Ladestation Halt machte, der Pantograf den Erstkontakt herstellte und der Ladevorgang initiiert wurde, lautete die Frage aller Fragen: Bleibt der Hauptschalter des BEMU drin? Aus der Ungewissheit nach fast drei Jahren Entwicklungszeit wurde Klarheit und die Antwort lautete „Ja!“. Alle technischen Funktionen liefen fehlerfrei, die nötigen Parameter passten – VOLTAP hatte seine Feuertaufe bestanden.

Eine Woche lang wurde der Stadler-Batteriezug mit unterschiedlichen Ladeleistungen aufgeladen. Die Ladestation kann, beschränkt durch das bestehende Regelwerk, bei einer Spannung von 15 kV mit bis zu 1200 kW laden, was einer maximalen Energieübertragung von 20 kWh pro Minute entspric ht.

Auch die konkreten Auswirkungen auf das Stromnetz untersuchten die Techniker im Rahmen der Praxistests und gewannen Einsichten, inwieweit sogenannte ‚Störströme‘ entstehen, dass das fahrzeuginterne Lademanagement sehr gut mit der Ladestation harmoniert und bei welchen Ladeständen der Batterie sich die Ladeströme verändern. Damit hängt auch die Frage zusammen, wie eine möglichst schonende Ladung gewährleistet werden kann – ein wichtiger Parameter für die Hersteller von Batteriezügen. Auch mögliche Extremfälle loteten die Techniker aus und waren hoch zufrieden, dass auch dabei keinerlei Probleme auftraten.

Schließlich brachten die Tests auch Gewissheit darüber, dass ein BEMU von der Schnellladestation zuverlässig automatisch und fehlerfrei identifiziert wird. Auch diese Anforderung erfüllte VOLTAP problemlos. Damit ist gesichert, dass EVUs die Schnellladestation mit Batteriezügen aller Hersteller für ganz unterschiedliche Anwendungsfälle nutzen können: In der Abstellung (ohne Stecker und Kabel), in Werkstätten, als Impulsladung zur Stabilisierung (Verlängerung Lebenszyklus) oder Reduzierung der Batterielast und damit auch der Batteriekosten. Das macht VOLTAP deutschland- und europaweit einsetzbar.

4: Die Teststation abseits der Gleise stand am Fernheizkraftwerk der Stadtwerke Tübingen

5. Signal auf Grün! Die nächsten Schritte

Die Stadtwerke Tübingen und Furrer+Frey arbeiten nun daran, für die VOLTAP-Schnellladestation so schnell wie möglich eine Marktzulassung zu erhalten. Der gesamte Entwicklungsprozess, sein Abschluss und erste Installationen für Kunden werden vom TÜV Süd begleitet. Die Teststation in Ammerbuch-Pfäffingen bleibt zunächst aufgebaut und steht für weitere Tests anderer Batteriezug-Hersteller bereit. Bereits jetzt laufen die Vorbereitungen für Vermarktung und Vertrieb. So bald wie möglich sollen die ersten Schnellladestationen gebaut werden – jede Station individuell unter Berücksichtigung des konkreten Standorts konfiguriert.

Vor dem Hintergrund des rasanten Klimawandels gilt es keine Zeit zu verlieren. Wenn VOLTAP als Baustein einer neuen Batteriezug-Ladeinfrastruktur erfolgreich sein soll, ist Geschwindigkeit genauso gefragt wie innovativ und zukunftsorientierte Eisenbahnverkehrsunternehmen, die Batteriezügen in Kombination mit VOLTAP eine Chance geben. Das wäre ein Beitrag zur Dekarbonisierung – und ein Signal an fossile Antriebstechniken, dass ihre Zeit langsam abläuft und ihr Weg früher oder später auf dem Abstellgleis am Prellbock namens Verkehrswende endet. ●

Literatur

[1] https://safe-bw.net/
[2] https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/ein-sicheres-ladenetz-fuer-ganz-baden-wuerttemberg-dank-safe/
[3] https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Datencenter/Ladeinfrastruktur/2021_08_Anzahl_der_oeff_zug_Stromladpunkte_high.jpg

Summary

Rapidly towards decarbonization – VOLTAP battery train power charger as part of new rail infrastructures

Stadtwerke Tübingen together with Furrer+Frey have developed the first power charger VOLTAP for battery trains and successfully tested in real operation. In tests with a Stadler battery train in Baden-Wurttemberg, the charging station proved its innovative technical approach to be functional. VOLTAP is thus a component for a new charging infrastructure in rail transport which will enable a faster replacement of fossil drives by battery trains – as part of the transport transition.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Stadtwerken Tübingen GmbH und Furrer + Frey GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH