



Siemens Pressefoto

High-Speed- Transformatoren

ABB liefert Transformatoren für den Hochgeschwindigkeitszug Velaro
Cécile Félon, Andreas Moglestue, Cyril Montacq, Christian Vetterli, Harry Züger

Die wachsende Besorgnis über CO₂-Emissionen im Verkehrswesen und die zunehmende Überlastung der Straßen und Lufträume veranlassen viele Länder dazu, ihre Verkehrspolitik zu überdenken. Neue Investitionen, z. B. in Nahverkehrssysteme in Großstädten oder Hochgeschwindigkeits-Zugverbindungen zwischen Städten, können dabei helfen, den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren und die CO₂-Emissionen zu senken.

Hochgeschwindigkeitszüge sind eine besonders wirksame Möglichkeit, den Kurzstrecken-Luftverkehr zu entlasten, die Überfüllung der Lufträume zu reduzieren und Städte einander näher zu bringen. Japan und einige europäische Länder

investieren bereits seit mehreren Jahrzehnten in Hochgeschwindigkeitszüge und verfügen mittlerweile über umfangreiche Hochgeschwindigkeits-Schienennetze. Die rasche wirtschaftliche Entwicklung in den Schwellenländern, steigende Kraftstoffpreise und die globale Erwärmung führen dazu, dass sich immer mehr Länder auf verschiedenen Kontinenten für Hochgeschwindigkeitszüge als alternative Transportlösung interessieren. Die Hersteller begegnen diesem steigenden Interesse mit der Einführung einer neuen Generation von ultraschnellen Zügen, die noch mehr Leistung und fortschrittliche Technologie bieten als ihre Vorgänger.

Die Zusammenarbeit zwischen ABB Sécheron und Siemens Mobility geht zurück auf das Jahr 2003, als Siemens ABB mit der Lieferung von 140 + 100 Traktionstransformatoren für die Desiro-Doppelstockzüge der Züricher S-Bahn beauftragte **1**. Die besondere Herausforderung hierbei war, dass die Transformatoren extrem leicht und kompakt sein mussten, um möglichst viel Platz im Zug für die Fahrgäste bereitzustellen.

Im Jahr 2004 erhielt ABB den Auftrag zur Lieferung von 172 Transformatoren für elektrische Triebzüge der S-Bahn in Mumbai, Indien. Ein Vorteil von ABB bei der Vergabe des Auftrags war die Möglichkeit des Unternehmens, lokale Ressourcen einzubinden. Ein zweiter Großauftrag aus Mumbai folgte im Jahr 2006 **Infobox 1**.

Auf diesem Erfolg aufbauend sicherte sich ABB 2008 einen weiteren Auftrag zur Lieferung von Traktionstransformatoren an Siemens, diesmal für Züge des schottischen Eisenbahn-Franchiseunternehmens Scotrail.

Im Juni 2009 betraute Siemens Mobility ABB mit der Lieferung von Transformatoren für die Hochgeschwindigkeitszüge vom Typ Velaro, den Flaggships des Unternehmens.

Der Hochgeschwindigkeitszug Velaro

Die Ursprünge des Velaro gehen zurück auf den ICE 3, der seit dem Jahr 2000 von der Deutschen Bahn AG (DB) betrieben wird. Dieser Zug erreicht im kommerziellen Betrieb eine Höchstgeschwindigkeit von 320 km/h **2**.

Der Velaro ist eine Weiterentwicklung des ICE 3. Im Gegensatz zu seinem Vorgänger, der von Alstom LHB, Bombardier/DWA und Siemens gemeinsam entwickelt wurde, ist der Velaro ein alleiniges Produkt von Siemens Mobility. Bisher wurden Velaro-Züge nach Spanien (2001: 26 achtteilige Triebzüge für die Strecke Madrid – Barcelona), China (2005: 60 achtteilige Triebzüge für die Strecke Peking – Tianjin und 2009: 20 achtteilige und 120 16-teilige Triebzüge für die Strecke Peking – Shanghai) und Russland (2006: acht 10-teilige Triebzüge für die Strecke Moskau – St. Petersburg) verkauft. Mit einer Leistung von 8.800 kW (10 % mehr als der

ICE 3) erreicht der spanische Zug eine Höchstgeschwindigkeit von 350 km/h.

Der ICE 3 und der Velaro unterscheiden sich dahingehend von der ersten Generation europäischer Hochgeschwindigkeitszüge, dass sie nicht von Lokomotiven oder Triebköpfen gezogen werden, sondern über ein verteiltes Antriebskonzept verfügen. Dabei ist die gesamte Traktionsausrüstung einschließlich der Fahrmotoren, Transformatoren, Verka-

belung und Hilfssysteme unterflur über alle Wagen des Zugs verteilt, sodass die gesamte Länge des Zugs für den Fahrgasttransport zur Verfügung steht. Dadurch konnte die Kapazität des Zugs um rund 20 % erhöht und gleichzeitig der Reisekomfort verbessert werden.

Im Dezember 2008 bestellte die Deutsche Bahn AG 15 Züge vom Typ Velaro **3**. Im Gegensatz zu den anderen bisher gelieferten Zügen sollen diese im inter-

Infobox 1 Die Mumbai Suburban Railway

Die S-Bahn in Mumbai wird täglich von 6,3 Millionen Pendlern genutzt und hat die höchste Fahrgastdichte der Welt. Das Netz umfasst 319 Streckenkilometer (790 Schienenkilometer) und ist aufgeteilt auf die beiden indischen Eisenbahn-Regionalgesellschaften Western Railways (WR) und Central Railways (CR). Insgesamt werden 191 Züge auf 2.226 täglichen Verbindungen eingesetzt.

Um der Überfüllung der Züge entgegenzuwirken und zusätzliche Kapazitäten zu schaffen, wurde ein umfangreiches Investitionsprogramm ins Leben gerufen, das folgende Punkte umfasst:

- Erhöhung der Kapazität durch 181 km zusätzliche Schienenwege
- Ausbau der Bahnsteige zur Abfertigung längerer Züge
- Verbesserung des Signalsystems, um kürzere Zugintervalle zu ermöglichen
- Anschaffung neuer Züge

Durch diese Maßnahmen soll die Zahl der täglich verkehrenden Züge um 25 % erhöht werden. Der Überfüllung der Züge soll durch die Reduzierung der Pendlerlast eines Zugs mit neun Wagen von 5.000 auf 3.600 Fahrgäste entgegengewirkt werden.

Die Gesamtkosten dieser Maßnahmen belaufen sich auf geschätzte 943 Mio. USD¹, von denen 57 % durch einen Kredit der Weltbank finanziert werden.

Die erste Phase der Realisierung umfasste die Anschaffung von 101 neuen Zügen mit jeweils neun Wagen. 97 weitere Züge sollen in der zweiten Phase angeschafft werden. Da auch eine schrittweise Umstellung des elektrischen Systems von 1.500 V Gleichstrom auf 25-kV/50-HZ-Wechselstrom vorgesehen ist, sind die neuen Züge Zweisystemzüge, d. h. sie können in der Übergangszeit mit beiden Systemen fahren.



Quelle: Integral Coach Factory (ICF)

Die Züge werden von Siemens in Zusammenarbeit mit dem indischen Unternehmen Integral Coach Factory (ICF) gebaut. ABB ist als Unterlieferant mit der Lieferung der Traktionstransformatoren beauftragt.

Weitere Merkmale der neuen Züge sind:

- 30 % Energieeinsparung durch regenerative Bremssysteme
- 20 % mehr Leistung durch Drehstrom-Fahrmotoren
- Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit gegenüber vorherigen Zugtypen von 80 auf 100 km/h
- Verbesserung der Beschleunigung gegenüber vorherigen Zügen von 0,38 auf 0,54 m/s²
- Verkürzung der Fahrzeit auf einer typischen Fahrt von Churchgate nach Borivali bzw. von CSTM nach Thane um vier bis fünf Minuten
- Verbesserung des Fahrgastkomforts durch eine Vielzahl von Maßnahmen wie höherer Fahrkomfort, bessere Belüftung, Fahrgastinformationsdisplays und bessere Beleuchtung

Weitere Informationen unter www.mrv.c.indianrail.gov.in (Englisch)

¹ Dies entspricht 45.260 Millionen indischen Rupien.

Innovation in Bewegung

1 Ein Desiro-Doppelstockzug der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), wie er im Züricher S-Bahnnetz eingesetzt wird. Auch diese Züge sind mit Transformatoren von ABB ausgestattet. [Siemens Pressefoto]



2 Ein ICE 3 der Deutschen Bahn AG (DB). Diese Züge erreichen eine Höchstgeschwindigkeit von 320 km/h.



nationalen Verkehr eingesetzt werden und müssen daher für den Betrieb in vier Ländern (Frankreich, Deutschland, Belgien und der Schweiz) ausgelegt sein, d. h. sie müssen mit vier verschiedenen Stromversorgungen fahren können und mit den verschiedenen Sicherheits- und Signalsystemen der einzelnen Länder kompatibel sein.

Im Juni 2009 betraute Siemens Mobility ABB mit der Lieferung der Traktionstransformatoren. „ABB erfüllte die hohen Anforderungen an diese speziellen Transformatoren, zum Beispiel im Hinblick auf die Größe und das Gewicht, auf sehr überzeugende Weise – also wählten wir ABB als zuverlässigen Partner für das Velaro D-Projekt“, so Ralf Mayer von Siemens Mobility.

Herausforderung Velaro

Die Velaro-Transformatoren waren mit verschiedenen technischen Herausforderungen verbunden.

Fällt eine Traktionseinheit aus, muss der Zug in der Lage sein, seine Fahrt sicher mit 75 % der maximalen Antriebs- und Bremsleistung fortzusetzen. Dies umfasst auch das Anfahren und Halten an Steigungen und Gefällestücken (der Zug soll Steigungen und Gefälle von bis zu 4 % bewältigen können, was dem Doppelten herkömmlicher Züge entspricht).

All dies wird mit einem hohen Wirkungsgrad erreicht. Mit einem Energieverbrauch von umgerechnet 0,33 Litern Benzin pro Sitzplatz auf 100 Kilometern

ist der Velaro laut Siemens der „umweltfreundlichste Hochgeschwindigkeitszug auf dem Markt“.

Jeder achteilige Zug wird mit zwei Traktionstransformatoren ausgestattet. Um Gewicht zu sparen, fungieren die Sekundärwicklungen der Transformatoren zusätzlich als Leitungsinduktivitäten für die Stromrichter, wenn der Zug mit Gleichstrom betrieben wird. Dank dieses ökonomischen Prinzips konnte das Gewicht der gesamten Transformatoreinheit (bestehend aus dem 5.220-kVA-Traktionstransformator und seinem Kühlsystem) auf 7.700 kg reduziert werden.

Dieses Prinzip der gemeinsamen Nutzung von Wicklungen wurde erstmalig 1996 bei den italienischen Lokomotiven vom Typ E412 eingesetzt und wurde seitdem auch für andere Züge wie den ETR 500¹⁾, AGV²⁾ (Hochgeschwindigkeitszüge der NTV³⁾) und Lokomotiven vom Typ TRAXX MS⁴⁾ übernommen.

Das Gehäuse des Transformators ist aus gewichtsparendem Aluminium gefertigt. Weitere Gewichtseinsparungen werden durch die Integration der Ausgleichsbehälter für das Kühlmittel in die Einheit erreicht. Für das Kühlsystem kommen statt der gängigen 50-Hz-Motoren 60-Hz-Motoren zum Einsatz, was das Gewicht weiter reduziert, ohne die Kühlleistung zu beeinträchtigen.

Auftretende Oberschwingungen werden mithilfe kondensatorbasierter Filter reduziert. Eisenbahnanwendungen sind

äußerst sensibel gegenüber Oberschwingungen, da sie die Zugsicherungssysteme beeinträchtigen können. Aus diesem Grund gelten sehr strenge Anforderungen, die eine große Sorgfalt im Umgang mit diesen Aspekten erfordern.

Der Traktionstransformator und das dazugehörige Kühlsystem bilden zusammen eine installations- und wartungsfreundliche „Plug-&-Play“-Einheit. Dieses Konzept war ungewöhnlich für Siemens, da das Unternehmen das Kühlsystem normalerweise getrennt vom Transformator bezieht. Bei der Einheit ist kein Entgasen oder Nachfüllen des Öls erforderlich, sodass sie über längere Zeiträume mit minimalem Eingriff betrieben werden kann.

Eine weitere Herausforderung stellten die engen Zeitpläne dar, nach denen sich ABB richten musste, um den ersten Transformator wie gewünscht im Dezember 2009 liefern zu können.

Fußnoten

¹⁾ Der ETR 500 ist ein Hochgeschwindigkeitszug, der von einem Konsortium aus mehreren Unternehmen gefertigt und von der italienischen Bahn (Trenitalia) betrieben wird.

²⁾ Der AGV (Automotrice à Grande Vitesse) ist ein Hochgeschwindigkeitszug, der von Alstom als Nachfolger des TGV entwickelt wurde. Wie der Velaro nutzt auch der AGV ein verteiltes Antriebskonzept.

³⁾ Siehe **Infobox 2**.

⁴⁾ TRAXX ist der Name einer Familie von Universallokomotiven des Herstellers Bombardier Transportation.

3 Velaro D für die Deutsche Bahn AG [Siemens Pressefoto]



Mit High-Speed in die Zukunft

ABB Sécheron ist es gelungen, eine hervorragende partnerschaftliche Zusammenarbeit mit Siemens Mobility aufzubauen. Grundlage hierfür war sowohl die Fähigkeit von ABB, ihr Wissen über die Konstruktion von Traktionstransformatoren zu nutzen und auf die Anforderungen eines hohen Leistungsvermögens bei eingeschränkter Größe und begrenztem Gewicht anzuwenden, als auch das schnelle Reaktionsvermögen und die Kooperationsbereitschaft des Unternehmens **Infobox 2**. So waren die Supportmitarbeiter von ABB jederzeit – auch an Wochenenden – bereit, sich um Fragen zu kümmern und ihr Wissen bei Besprechungen, per Telefon, per E-Mail oder vor Ort zu teilen.

Von besonderer Bedeutung ist auch das Vertrauen, das Siemens ABB entgegenbringt. Schließlich haftet Siemens als projektverantwortliches Unternehmen für nicht eingehaltene Liefertermine und technische Defekte am fertigen Zug. Da Zulassungsverfahren in vier Ländern durchlaufen werden müssen, ist der Zeitplan äußerst eng gesteckt, und Siemens muss sich auf zuverlässige Partner verlassen können, die alles daran setzen, Verzögerungen zu verhindern. ABB steht in ständigem Kontakt mit Siemens, um Fortschritte und technische Fragen zu besprechen. Gleichzeitig arbeitet ABB eng mit dem Endkunden (der Deutschen Bahn AG) zusammen, um verschiedene qualitätsbezogene Aspekte wie die Ausführung der Gehäuseschweißnähte sicherzustellen.

Die Tatsache, dass Projekte für Hochgeschwindigkeitszüge in vielen Ländern im Gespräch sind – angetrieben durch ökologische Gesichtspunkte, die zunehmende Überfüllung der Lufträume oder durch das rasche wirtschaftliche Wachstum in vielen Entwicklungsländern – lässt in den kommenden Jahren eine interessante Entwicklung auf dem globalen Markt für Hochgeschwindigkeits-Schienenfahrzeuge erwarten.

Das Velaro-Projekt ist nicht nur ein guter Ausgangspunkt für ABB im Hinblick auf weitere Aufträge im Hochgeschwindigkeitssegment, sondern demonstriert auch die Kompetenz des Unternehmens in der Konstruktion und Lieferung von Traktionstransformatoren für Anwendungen aller Art.

4 ABB-Traktionstransformator für den Velaro D



Infobox 2 ABB und Hochgeschwindigkeitszüge



ABB besitzt umfangreiche Erfahrung in der Konstruktion und Fertigung von Transformatoren für Hochgeschwindigkeitszüge. Besonders herzuheben sind folgende Projekte:

- Der TGV/AGV, der am 3. April 2007 mit 574 km/h einen neuen Geschwindigkeitsweltrekord aufstellte (s. Bild oben), war mit einem ABB-Transformator ausgerüstet. Der Zug verfügte über her-

kömmliche Triebköpfe sowie zwei AGV-Triebdrehgestelle unter den Personenzügen.

- Die NTV (Nuovo Trasporto Viaggiatori, die erste private italienische Eisenbahngesellschaft) wird AGV-Züge mit Transformatoren von ABB einsetzen.
- Der Siemens Velaro für die Deutsche Bahn AG ist mit ABB-Transformatoren ausgerüstet.

Cécile Félon
Cyril Montacq
Christian Vetterli
Harry Zueger

ABB Sécheron SA
 Genf, Schweiz
 cecile.felon@ch.abb.com
 cyril.montacq@ch.abb.com
 christian.vetterli@ch.abb.com
 harry.zueger@ch.abb.com

Andreas Moglestue
 ABB Review
 Zürich, Schweiz
 andreas.moglestue@ch.abb.com