



Züge auf der Überholspur

ABB liefert wichtige Komponenten für den Hochgeschwindigkeits-Schienenverkehr

PASCAL LEIVA, MELANIE NYFELER – Das Thema Mobilität gewinnt zunehmend an Bedeutung. So ist es mittlerweile normal, dass wir bei der Arbeit oder in der Freizeit per Auto, Bahn oder Flugzeug Hunderte von Kilometern zurücklegen, um von einer Stadt in die andere zu gelangen. Wachsende Bedenken hinsichtlich der CO₂-Emissionen und der Überlastung von Straßen und Lufträumen führen dazu, dass viele Länder ihre Verkehrspolitik überdenken. Studien haben ergeben, dass das Reisen mit der Bahn im Vergleich zum Flugzeug oder zum Auto nur ein Viertel bis ein Drittel der CO₂-Emissionen verursacht¹. Insbesondere Hochgeschwindigkeitszüge helfen dabei, den Luftraum zu entlasten und Städte einander näher zu rücken.



Zurzeit sind 13.469 km Hochgeschwindigkeitsstrecken im Bau und 17.579 km in Planung. Bis 2020 könnte das weltweite Hochgeschwindigkeitsnetz 41.787 km umfassen.

Dank des Eurostar, der durch den Tunnel unter dem Ärmelkanal verkehrt, hat sich die Fahrzeit zwischen Paris und London auf 2 Stunden und 15 Minuten verkürzt. Mittlerweile liegt der Marktanteil des Eurostar auf dieser Strecke bei 70 % [1]. In Spanien hat die Hochgeschwindigkeits-Bahnverbindung zwischen Madrid und Barcelona die Fahrzeit zwischen den beiden Städten auf 2,5 Stunden verkürzt und einen Marktanteil von 50 % erreicht. Ähnlich erfolgreich zeigen sich die Hochgeschwindigkeitszüge auf den Strecken Paris-Lyon, Paris-Brüssel und Hamburg-Berlin, was viele Länder auf der ganzen Welt dazu veranlasst, ebenfalls in Hochgeschwindigkeitszüge zu investieren.

Geschwindigkeiten über 250 km/h

Hochgeschwindigkeitszüge bieten zahlreiche Vorteile wie unter anderem kürzere Fahrzeiten, eine höhere Zugfrequenz, mehr Komfort, Sicherheit, Zuverlässigkeit und eine geringere Umweltbelastung. Laut einer Definition des internationalen Eisenbahnverbands (UIC) beginnt der Hochgeschwindigkeitsverkehr bei einer Geschwindigkeit von

250 km/h (die Höchstgeschwindigkeit auf herkömmlichen Strecken beträgt 200 bis 220 km/h). Typische Eigenschaften von Hochgeschwindigkeitszügen sind:

- Der Einsatz von Triebzügen statt herkömmlicher Zugformationen mit einer Lokomotive und mehreren Waggons. Triebzüge bieten ein besseres Leistungsgewicht, eine bessere Aerodynamik, eine höhere Zuverlässigkeit, Sicherheit usw.
- Die Nutzung spezieller Hochgeschwindigkeitsstrecken zumindest für einen Teil der Fahrstrecke. Diese sogenannten Schnellfahrtrassen sind (durch ihre besonderen Querungen, die Schienenqualität, die Fahrdrähte, die Energieversorgung, die besonderen Umgebungsbedingungen usw.) speziell für hohe Reisegeschwindigkeiten ausgelegt. Ein Vorteil von Hochgeschwindigkeitszügen ist, dass sie mit bestimmten Einschränkungen auch auf herkömmlichen Strecken fahren können [2], was die erforderlichen Investitionen reduziert bzw. eine phasenweise Einführung ermöglicht.
- Der Einsatz moderner Signalisierungssysteme einschließlich der Führerstands-signalisierung.

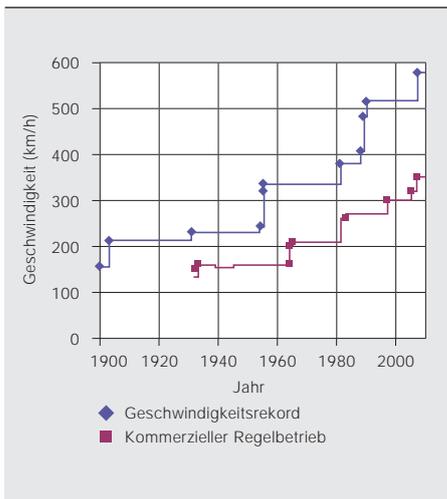
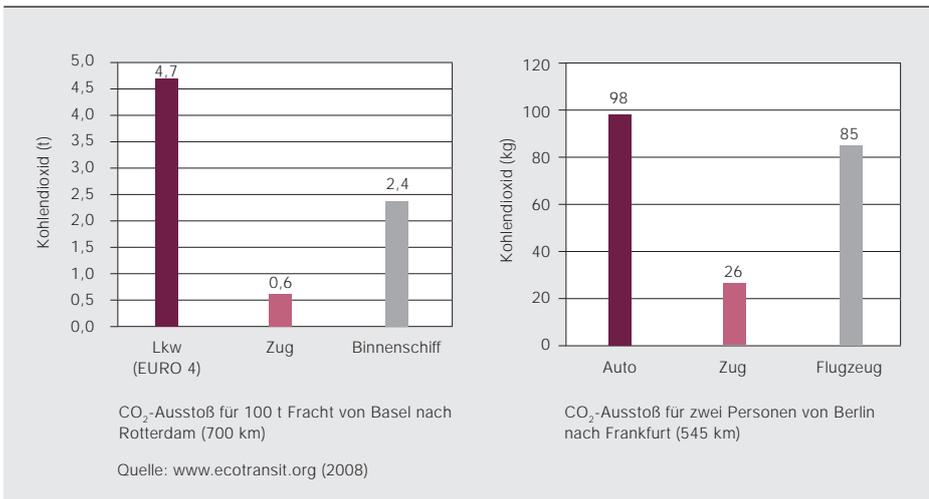
Entwicklung von Hochgeschwindigkeitszügen

Bereits im Jahr 1903 wurde mit einer experimentellen Drehstromelektrifizierung in Deutschland eine Geschwindigkeit von 210 km/h erreicht. Damit war bewiesen, dass sich der elektrische Antrieb auch für hohe Geschwindigkeiten eignete. 1955 wurde bei Tests in Frankreich ein Geschwindigkeitsrekord von 331 km/h aufgestellt. Bemerkenswert ist, dass die dabei verwendeten Züge und Fahrleitungen sehr eng mit denen verwandt waren, die im täglichen Verkehr eingesetzt wurden. Dies zeigte, welche Sicherheitsmargen die Technologie besaß und dass eine kommerzielle Nutzung von Hochgeschwindigkeitszügen denkbar war.

Im täglichen Schienenverkehr blieben die Geschwindigkeiten jedoch deutlich geringer. Die schnellsten Züge erreichten damals eine Reisegeschwindigkeit von 160 km/h → 1.

Fußnote

- 1 Die Umweltauswirkung einer Reise durch Europa kann auf www.ecopassenger.org errechnet werden.



Der erste kommerzielle Hochgeschwindigkeitszug im modernen Sinne war der japanische Shinkansen, der 1964 auf der 515 km langen Strecke zwischen Tokyo und Osaka in Betrieb genommen wurde, wo er anfangs eine Geschwindigkeit von 200 km/h (und im darauffolgenden Jahr von 210 km/h) erreichte. Mit über 360.000 Fahrgästen an jedem Wochentag ist diese Strecke noch immer der meistbefahrene Hochgeschwindigkeitskorridor der Welt. Heute fahren die Shinkansen-Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 300 km/h, wobei noch höhere Geschwindigkeiten geplant sind.

320 km/h erhöht. Mit 1.900 km besitzt Frankreich heute das umfangreichste Hochgeschwindigkeits-Schiennetz in Europa. Ein Ausbau des Netzes auf 4.000 km ist bis zum Jahr 2020 geplant. Im April 2007 stellte die französische SNCF zusammen mit RFF² und Alstom bei einem Testlauf mit 575 km/h den aktuellen Geschwindigkeitsweltrekord für Schienenfahrzeuge auf.

In Spanien gibt es derzeit Pläne, das französische Hochgeschwindigkeitsnetz längenmäßig zu übertreffen. Bis 2020 soll das Streckennetz so weit ausgebaut sein, dass für 90 % der spanischen Bevölkerung ein Haltebahnhof des AVE (Alta Velocidad Española) in einem Umkreis von 50 km erreichbar ist. Die Höchstgeschwindigkeit der AVE-Züge soll bei 350 km/h liegen.

Heute verfügen Belgien, Frankreich, Deutschland, Italien, Spanien, Großbritannien, Taiwan, Japan, Korea und die USA über in Betrieb befindliche Hochgeschwindigkeitsstrecken. In China, Iran, den Niederlanden und der Türkei werden zurzeit entsprechende Systeme gebaut, und in Argentinien, Brasilien, Indien, Marokko, Polen, Portugal, Russland und Saudi-Arabien befinden sich Systeme in der Planung. Im Jahr 2009 gab es weltweit 10.739 Streckenkilometer für Geschwindigkeiten über 250 km/h mit fast 1.750 in Betrieb befindlichen Zügen [3]. Weitere 13.469 km befinden sich im Bau, und 17.579 km sind in Planung. Bis 2020 könnte das weltweite Hochgeschwindigkeitsnetz 41.787 km umfassen [4].

Seit mehreren Jahrzehnten spielt ABB eine bedeutende Rolle als Zulieferer für die Eisenbahnindustrie. Aufbauend auf ihrem einschlägigen Know-how in der Energie- und Automatisierungstechnik bietet ABB zuverlässige und kostengünstige Lösungen sowohl für die Bahninfrastruktur als auch für Schienenfahrzeuge.

Infrastruktur

ABB befasst sich mit dem Entwurf, der Konstruktion, dem Bau und der Inbetriebnahme von kompletten Produkten, Systemen und Lösungen für die Bahnstromversorgung. So bietet das Unternehmen zum Beispiel umfassende Lösungen für Bahnunterwerke mit allen erforderlichen Schaltanlagen und Fehleranalysesystemen. Zum ABB-Portfolio gehören:

- Produkte für die Bahnstromversorgung
- Unterwerke für Gleich- und Wechselstromsysteme
- Statische Frequenzrichterstationen
- Systeme zur Sicherung der Stromqualität
- Netzmanagementsysteme
- Systemanalysen und dynamische Simulationen der Bahnstromversorgung

Statische Frequenzrichter

Ein Großteil der von Eisenbahnen genutzten elektrischen Energie wird aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen. Aus historischen Gründen arbeiten Bahnstromnetze jedoch häufig mit einer anderen Frequenz. Stand der Technik zur Lösung dieses Problems sind leistungselektronische Umrichter → 3.

FACTS zur Sicherung der Stromqualität

Moderne Traktionssysteme stellen hohe Anforderungen an die Versorgungsnetze. Normalerweise wird die einphasige Bahnstromversorgung zwischen zwei der drei Phasen des öffentlichen Stromnetzes gekoppelt. In einem Netz, das ursprünglich nicht dafür ausgelegt wurde, kann dies zu einer erheblichen Schiefast führen.

ABB bietet verschiedene Lösungen zur Sicherung der Stromqualität in Versorgungsnetzen. Geräte zur dynamischen Parallelkompensation wie SVCs oder STATCOMs ermöglichen eine Regelung der Blindleistung.

ABB unterhält strategische Partnerschaften mit vielen Schienenfahrzeugherstellern wie Alstom, Bombardier, CAF, Siemens, Skoda und Stadler.

In Frankreich wurde 1981 der erste TGV (Train à Grande Vitesse) zwischen Paris und Lyon (417 km) in den Dienst gestellt. Die anfängliche Höchstgeschwindigkeit von 260 km/h wurde seitdem schrittweise auf

Fußnote

2 Die SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer Français) ist die staatliche französische Eisenbahngesellschaft. RFF (Réseau Ferré de France) ist der staatliche Betreiber des französischen Schienennetzes.

2 Transformatoren für spanische Hochgeschwindigkeitsstrecken

Die spanische AVE-Strecke führt von Madrid über Zaragoza und Barcelona bis zur französischen Grenze. ABB erhielt den Auftrag zur Bereitstellung der Transformatoren für den Streckenabschnitt Barcelona-Figueras. Die Transformatoren werden in den Unterwerken in Baro de Viver, Riduarenes und Santa Logaia installiert.

Auftraggeber ist SILFRASUD, ein Konsortium von Siemens und Inabensa. Der Auftrag umfasst vier Transformatoren mit 60 MVA und 405/27,5 kV, die im ABB-Werk in Cordoba gefertigt werden, sowie zwei Transformatoren mit 60 MVA und 220/27,5 kV, die im ABB-Werk in Bilbao gefertigt werden.

Seit 1990 hat ABB insgesamt 85 Transformatoren für Hochgeschwindigkeitsstrecken in Spanien bereitgestellt. Ein Rahmenvertrag mit dem spanischen Netzbetreiber ADIF sieht die Bereitstellung von 52 weiteren Einheiten bis 2014 vor.

tung mithilfe von Leistungshalbleitern. Dank ihrer periodenweisen Regelbarkeit sind diese Geräte in der Lage, selbst schnellsten Spannungstransienten entgegenzuwirken und das Netz vor ernsthaften Spannungsschwankungen zu schützen. Außerdem sind sie in der Lage, das Spannungsprofil des Netzes zu regulieren und seine Stabilitätsgrenze zu erhöhen, wodurch die Netzkapazität verbessert und das Netz insgesamt robuster, flexibler und berechenbarer wird. Für die Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen dem Eurotunnel und London wurden insgesamt vier SVCs bereitgestellt. Drei davon sind auf der Bahnstromseite der Transformatoren an den drei Einspeisungspunkten installiert, während der vierte SVC für den Lastausgleich verwendet wird. Diese Technologie wird im Artikel „Eisenbahn-FACTS“ auf Seite 35 dieses Hefts ausführlicher behandelt.

Transformatoren

Ein Hochgeschwindigkeitszug benötigt viel Leistung. Das gilt besonders beim Beschleunigen. Transformatoren wandeln die Spannung vom Stromnetz in die dazu erforderliche Fahrdrachtspannung um → 2.

Rollmaterial

Die Hersteller von Hochgeschwindigkeitszügen arbeiten kontinuierlich an der Verbesserung ihrer Produkte, um den steigenden Anforderungen an die Leistung, Effizienz und Zuverlässigkeit gerecht zu werden. Ähnlich hohe Anforderungen gelten auch für ihre Zulieferer. ABB hat ihre Kompetenz im Bereich der Traktionstransformatoren in den

3 Projekte für statische Frequenzumrichter

Zurzeit realisiert ABB in Zusammenarbeit mit der deutschen E.ON Kraftwerke GmbH die größte und leistungsstärkste Umrichteranlage der Welt. Die Anlage mit einer Nennleistung von 413 MW verbindet das nationale 50-Hz-Stromnetz mit dem 16,7-Hz-Bahnstromnetz. Die Fertigstellung ist für 2011 geplant. Ebenfalls von ABB stammen acht 15-MW-Frequenzumrichter in Limburg zur Versorgung der Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Köln und Frankfurt. Neben der Deutschen Bahn beliefert ABB auch die österreichischen und schweizerischen Bahngesellschaften mit Umrichtern.

Mehr über diese Projekte lesen Sie im Artikel „Statische Umrichter, dynamische Leistung“ auf Seite 42 dieses Hefts.

letzten Jahren ausgebaut und ist heute weltweit führend auf diesem Gebiet. Das Unternehmen unterhält strategische Partnerschaften mit Schienenfahrzeugherstellern wie Alstom, Ansaldo Breda, Bombardier, CAF, Siemens, Skoda und Stadler. Traktionstransformatoren von ABB sind überall auf der Welt im Einsatz, und es gibt kaum einen Systemintegrator im Eisenbahnsektor, der noch keinen Transformator von ABB eingesetzt hat.

Traktionstransformatoren

Traktionstransformatoren sind eine Schlüsselkomponente im Antriebssystem eines Zuges. Zu den besonderen Kriterien, die sie erfüllen müssen, gehören:

- Sie sind der einzige Energieübertragungspunkt zwischen der Fahrleitung und den Motoren und müssen daher eine hohe Zuverlässigkeit besitzen.
- Sie müssen kompakt und leicht gebaut sein.
- Aufgrund der unterschiedlichen Elektrifizierungen in Europa (und zum Teil auch innerhalb eines Landes) müssen viele Transformatoren mit mehreren Spannungen und Frequenzen arbeiten können.

Der AGV (Automotrice à Grande Vitesse), der im April 2007 die Rekordgeschwindigkeit

von 575 km/h erreichte, war ebenfalls mit einem Traktionstransformator von ABB ausgestattet. Darüber hinaus liefert ABB Traktionstransformatoren für die Hochgeschwindigkeitszüge von Alstom (AGV) → 4, Siemens (Velaro) → 5 und Bombardier (ZEFIRO) → 6.

Durch die Weiterentwicklung der Marktanforderungen hat sich folgende Situation ergeben: Während die „klassischen“ europäischen Hochgeschwindigkeitszüge wie der ICE-1 und der TGV von Triebköpfen an den Enden des Zuges angetrieben werden, ist der Antrieb bei der neuen Generation von Hochgeschwindigkeitszügen wie dem Velaro oder dem AGV über die gesamte Länge des Zuges verteilt. So wird die Haftung auf der Schiene verbessert, da weniger Leistung pro Achse erforderlich ist. Und da-

Der AGV, der im April 2007 die Rekordgeschwindigkeit von 575 km/h erreichte, war mit einem Traktionstransformator von ABB ausgestattet.

durch, dass der gesamte Antriebsstrang (einschließlich Transformatoren, Umrichtern, Motoren und Steuerungstechnik) unter dem Wagenboden untergebracht ist, steht praktisch die gesamte Länge des Zuges (d. h. bis zu 20 % mehr Raum) für die Passagiere zur

4 AGV: Transformation mit High-Speed



Bei einer Testfahrt am 3. April 2007 stellten die SNCF, RFF und Alstom Transport mit 574,8 km/h einen neuen Geschwindigkeitsweltrekord für klassische Rad-Schiene-Fahrzeuge auf. Die neue Generation von AGV-Zügen (Automotrice à Grande Vitesse) von Alstom Transport soll eine kommerzielle Höchstgeschwindigkeit von 360 km/h erreichen. Durch den verstärkten Einsatz von Verbundwerkstoffen und Aluminium konnte Alstom den AGV deutlich leichter machen. Ein kompletter Zug wiegt 395 t (verglichen mit 430 t für den Vorgänger TGV) und benötigt 15 % weniger Strom.

Der erste neue AGV soll Ende 2011 in Italien für die neue private Bahngesellschaft NTV (Nuovo Trasporto Viaggiatori) in Betrieb gehen, die insgesamt 25 Züge vom Typ AGV bestellt hat.

Bild: Alstom Transport

5 Velaro: die neue Generation



Im Juni 2009 entschied sich Siemens Mobility, die Hochgeschwindigkeitszüge vom Typ Velaro für die Deutsche Bahn mit Transformatoren von ABB auszurüsten.

Jeder achteilige Zug wird mit zwei Traktionsmotoren ausgestattet. Um Gewicht zu sparen, fungieren die Sekundärwicklungen der Transformatoren zusätzlich als Leitungsinduktivitäten für die Stromrichter, wenn der Zug mit Gleichstrom betrieben wird.

Siehe auch „High-Speed-Transformatoren: ABB liefert Transformatoren für den Hochgeschwindigkeitszug Velaro“ auf Seite 64–67 der *ABB Technik 4/2009*.

Bild: Siemens Pressefoto

6 Aufträge für China, Spanien und Italien



Im September 2009 gab Bombardier Transportation bekannt, dass das chinesische Joint-Venture Bombardier Sifang (Qingdao) Transportation Ltd. 80 Züge vom Typ ZEFIRO mit einer Höchstgeschwindigkeit von 380 km/h für das rasch wachsende Hochgeschwindigkeits-Bahnnetz des Landes liefern wird*. Die Traktionstransformatoren für diese Züge werden von ABB geliefert.

Darüber hinaus lieferte ABB Sécheron die Traktionstransformatoren für die Hochgeschwindigkeitszüge vom Typ AVE, die Bombardier gemeinsam mit Talgo (Talgo/Bombardier AVE102 und Talgo/Bombardier AVE130) für die spanische Bahngesellschaft RENFE produziert, sowie die Transformatoren des ETR 500 für die italienische Bahngesellschaft Trenitalia.

Bild: Bombardier Pressefoto

Fußnote

* Siehe auch „Die Weichen für Chinas Zukunft“ auf Seite 19 dieses Hefts.

Verfügung. Die Transformatoren, die ABB für den AGV und den Velaro liefert, sind mit allen bedeutenden Bahnnetzspannungen und -frequenzen in Europa kompatibel.

Traktionsumrichter

ABB hat unter anderem Traktionsumrichter für die Modernisierung des ICE-1 der Deutschen Bahn bereitgestellt (siehe hierzu auch die Infobox auf Seite 76 dieses Hefts).

Bis Ende 2010 werden weltweit 2.500 Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit von über 200 km/h in Betrieb sein.

Motoren

Zusammen mit Bombardier, Ansaldo Breda, Alstom und Firema gehört ABB dem TREV-Konsortium an, das den ETR 500 für das italienische Eisenbahnunternehmen Trenitalia baut. Da sich Trenitalia dazu entschloss,

seine neuen Hochgeschwindigkeitsstrecken mit 24 kV Wechselstrom zu elektrifizieren, wurde die für die klassische 3-kV-Gleichstromversorgung ausgelegte ETR 500-Flotte zwischen 2006 und 2008 für den Mehrsystembetrieb nachgerüstet. Im Februar 2006 nahmen die Züge ihren Regelbetrieb auf den neuen Strecken zwischen Mailand, Turin, Florenz, Rom und Neapel mit einer kommerziellen Höchstgeschwindigkeit von 300 km/h auf. ABB lieferte über 280 Traktionsmotoren für den ETR 500. Mehr über Traktionsmotoren von ABB lesen Sie im Artikel „Standardisierung des Traktionsmotors“ auf Seite 66 dieses Hefts.

Ein schnell wachsender Markt

Gemessen an den aktuellen Aufträgen und Lieferungen werden bis Ende 2010 weltweit 2.500 Züge mit einer Höchstgeschwindigkeit von über 200 km/h in Betrieb sein. Allein in China werden 10.000 km neue Hochgeschwindigkeitsstrecken gebaut, und weitere 3.000 km sind in Planung [4]. Auch in Westeuropa wächst der Markt weiter, und in Frankreich und Deutschland steht eine Erneuerung der Hochgeschwindigkeitszüge der ersten Generation an. Die Entwicklungen in Osteuropa, Südamerika und Nordamerika lassen ebenfalls ein Wachstum auf

dem Hochgeschwindigkeitssektor erwarten. So hat US-Präsident Barack Obama Investitionen in Höhe von 13 Milliarden US-Dollar für den Bau von Hochgeschwindigkeitsstrecken zwischen bedeutenden Städten der USA über einen Zeitraum von fünf Jahren zugesagt – gute Aussichten also für den Hochgeschwindigkeits-Schienenverkehr.

Pascal Leiva

ABB Sécheron Ltd.

Genf, Schweiz

pascal.leiva@ch.abb.com

Melanie Nyfeler

ABB Switzerland, Communications

Baden, Schweiz

melanie.nyfeler@ch.abb.com

Literaturhinweise

- [1] Crumley, B. (8. Juni 2000): „Working on the Railroad“. *Time Global Business*
- [2] Glover, J. (November 2009): „Global insights into high speed rail“. *Modern Railways*
- [3] UIC (Januar 2009): „High speed rail, fast track to sustainable mobility“
- [4] Barron, I. (aktualisiert am 14. Juni 2009): „High speed lines in the World“, Hochgeschwindigkeitssabteilung der UIC
- [5] Wolf, A. (April 2009): „Demand for high speed trains continues to rise“. *International Railway Journal*