



Historischer Rückblick

Spannende Geschichte

Eine lange Tradition in der elektrischen Eisenbahntechnik

NORBERT LANG – Es mag überraschen, dass trotz unterschiedlicher Randbedingungen und Mentalitäten – und lange vor der Globalisierung – die technische Entwicklung in den westlichen Ländern weitgehend parallel verlaufen ist. Dies gilt auch für die Elektrifizierung von Eisenbahnen und die Entwicklung moderner Triebfahrzeuge. Obschon Länder mit reichen Kohlevorkommen und solche mit großen Wasserkraftressourcen ihre Eisenbahnnetze mit unterschiedlichen Motiven vom Dampf- auf den Elektrobetrieb umstellten, verliefen viele Modernisierungsschritte parallel.

- 1890: Eine Vorgängerin der Genfer ABB Sécheron liefert die ersten elektrischen Tramwagen Frankreichs in die Stadt Clermont-Ferrand.
- 1892: Am Mont-Salève bei Genf wird die erste elektrische Zahnradbahn der Welt mit 500 V Gleichstrom gebaut.
- 1894: Die Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) liefert erste Elektrotrams nach Zürich.
- 1896: BBC baut Elektrotrams für die Stadt Lugano. Die 1883 gegründete schwedische ABB-Vorgängerin ASEA startet ihre elektrischen Traktionsaktivitäten mit Straßenbahnen.
- 1898: BBC rüstet die Bergbahnen Stansstaad-Engelberg und Zermatt-Gornergrat sowie die Bahn auf das 3.500 m hoch gelegene Jungfrauoch aus.
- 1901: ASEA liefert elektrifizierte Straßenbahnen an die Stadt Stockholm.

E. L. und Sidney Brown, befassten sich ebenfalls mit der Ausrüstung elektrischer Lokomotiven. Gemeinsam entwarfen sie die erste elektrische Vollbahnlokomotive für die 40 km lange Burgdorf–Thun-Bahn (Bild auf Seite 88). Dabei handelte es sich um eine mit Drehstrom von 40 Hz betriebene Güterzuglokomotive mit zwei fixen Geschwindigkeitsstufen (17,5 und 35 km/h). Das Schalten des geradzahnten Getriebes musste im Stillstand erfolgen. Zwei große Asynchronmotoren übertrugen ihre Kraft über eine Blindwelle und Kuppelstangen auf die beiden Achsen. Die Fahrleitungsspannung war gesetzlich auf maximal 750 V begrenzt.

1903 elektrifizierte die ABB Sécheron-Vorgängerfirma CIEM (Compagnie de l'Industrie Electrique et Mécanique) die Schmalspurbahn von St-Georges-de-Commiers nach La Mure in Frankreich. Verwendet wurde Gleichstrom mit der damals außerordentlich hohen Spannung von 2.400 V in einem Dreileitersystem mit Doppelfahrleitung. Fast gleichzeitig nahmen die Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) und BBC unabhängig voneinander zwei größere Elektrifizierungsprojekte auf Teilstrecken der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) in Angriff.

MFO: Einphasen-Wechselstrom

Von 1905 bis 1909 erprobte die MFO auf einem Abschnitt der ehemaligen Nationalbahn zwischen Zürich-Seebach und Wettingen (heute S-Bahn) die Elektrifizierung mit Einphasen-Wechselstrom von 15 kV und 15 Hz. Die erste eingesetzte Lokomotive war mit einem rotierenden Umformer und Gleichstrom-Fahrmotoren ausgestattet → 3. 1905 kam Lokomotive Nr. 2 mit dem gleichen Achsbild (B'B') in Betrieb → 4. In beiden Drehgestellen war ein Einphasen-Reihenschlussmotor mit 180 kW platziert, der über Transformator und Stufenschalter direkt gespeist wurde. (Dies sollte bis zum Aufkommen der Leistungselektronik die Standard-Steuerungsmethode für Wechselstromlokomotiven werden). Der Achsantrieb erfolgte via Zahnradvorgelege, Blindwelle und Kuppelstangen. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 60 km/h. Die Motoren nach Patent Behn-Eschenburg mit ausgeprägten Statorpolen und phasenverschobenem Wendefeld bewährten sich so gut, dass auch die Umrichterlok entsprechend umgerüstet wurde. Zwischen 1907 und 1909 fuhren alle fahrplanmäßigen Züge auf dieser Strecke elektrisch. Da die Fahrleitungsanordnung über der Gleismitte aufgrund der hohen Spannung untersagt war,

wurde der Fahrdraht seitlich an Holzmasten befestigt. Gemäß Vereinbarung mit den SBB musste die Fahrleitung nach Abschluss der Testphase wieder entfernt werden. Obwohl die Züge wieder mit Dampflok verkehrten, bis die Strecke 1942 schließlich

Gerade das elektrische Triebfahrzeug, gewissermaßen als harmonischstes und schönstes Mittel von Elektrotechnik und Maschinenbau, stellt immer wieder neue und äußerst interessante konstruktive Probleme, die gelöst werden müssen.

-- Karl Sachs

elektrifiziert wurde, hatten die beim Probebetrieb gewonnenen Erfahrungen weitreichende Konsequenzen.

BBC: elektrischer Betrieb im Simplontunnel

Ende 1905 beschloss BBC den kurz vor der Vollendung stehenden, 20 km langen,

Begonnen hat die Elektrifizierung für die meisten Firmen mit der Entwicklung von Straßenbahnen. Bereits 1890 lieferte eine Vorgängerin der Genfer ABB Sécheron die ersten elektrischen Tramwagen Frankreichs in die Stadt Clermont-Ferrand → 1. Etwas später wurden die ersten Zahnrad-Bergbahnen für den elektrischen Betrieb konzipiert. 1898 rüstete ein anderes ABB-Vorgängerunternehmen, BBC, mehrere Bergbahnen mit Drehstrom von 40 Hz (später 50 Hz) aus, darunter auch die weltberühmte Jungfrauobahn auf das 3.500 m hoch gelegene Jungfrauoch. Obwohl Nahverkehrssysteme und Bergbahnen ebenfalls eine gewaltige technische Entwicklung erlebten, konzentriert sich dieser Artikel auf die elektrische Antriebstechnik normalspuriger Hauptbahnen.

Elektrifizierung mit verschiedenen Bahnstromsystemen

Es ist wenig bekannt, dass Charles Brown senior (1827–1905), der Vater des einen B im Namen ABB, 1871 die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik (SLM) → 2 gegründet hat. Neben Dampf- und Bergbahnlokomotiven lieferte dieses Unternehmen später den mechanischen Teil (d. h. Kasten, Rahmen und Fahrgestell) für nahezu alle schweizerischen Elektrolokomotiven. Die beiden Söhne Browns, Charles

3 MFO-Versuchslok Nr. 1 mit rotierendem Umformer und Gleichstrom-Antriebsmotoren



4 MFO-Versuchslok Nr. 2 mit Einphasen-Antriebsmotoren



2 Abkürzungen der erwähnten Bahngesellschaften und Herstellerfirmen

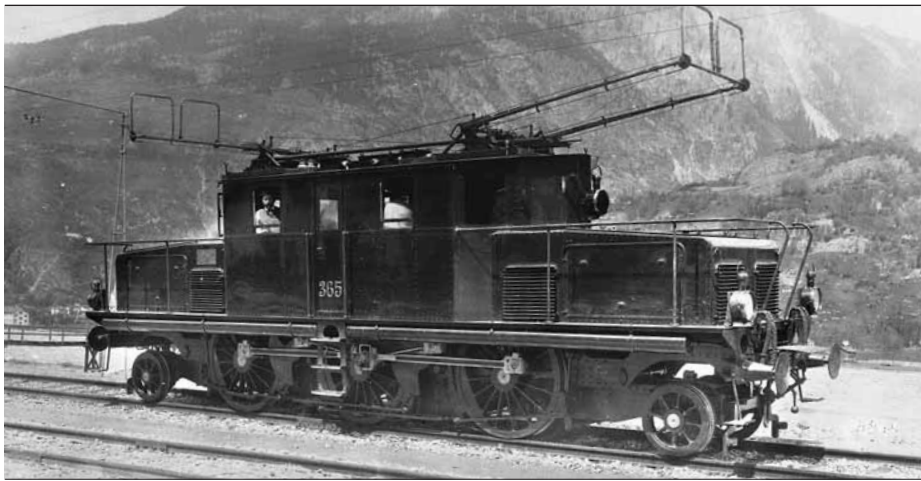
ASEA	Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Västerås, Schweden (1983–1988), 1988 Fusion mit BBC zu ABB
BBC	Brown, Boveri & Cie. AG, Baden, Schweiz (1891–1987)
BLS	Berner Alpenbahngesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon, Spiez, Schweiz
DB	Deutsche Bahn AG
MFO	Maschinenfabrik Oerlikon AG (1876–1967), übernommen von BBC
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
SAAS	Société Anonyme des Ateliers de Sécheron, Genf, Schweiz (1918–1969), übernommen von BBC
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SLM	Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur (gegr. 1871), 1998 übernommen von Adtranz
SJ	Statens Järnvägar (Schwedische Staatsbahnen, seit 2001 Aktiengesellschaft)

einspurigen Simplontunnel durch die Schweizer Alpen zwischen Brig (Schweiz) und Iselle (Italien) auf eigene Kosten und Risiken zu elektrifizieren. Ein Hauptargument war, dass das von den Dampflokomotiven produzierte Kohlemonoxid bei einer Panne im langen Tunnel eine Gefahr für die Reisenden darstellen könnte. Bis zur Tunneleröffnung blieben gerade einmal sechs Monate. Der verwendete Drehstrom von $16\frac{2}{3}$ Hz und 3 kV wurde von jeweils einem Kraftwerk auf jeder Seite des Tunnels geliefert. Das gleiche Stromsystem wurde auch für die oberitalienische Veltlinbahn, die Brenner- und die Giovinlinie sowie für die Strecke entlang der italienischen Riviera verwendet. Der Lokomotivpark umfasste je zwei Lokomotiven vom Typ Ae 3/5 (1'C1') /5 und Ae 4/4 (0-D-0) mit Asynchronmotoren und Stator-Polumschaltung zur Geschwindigkeitsregulierung. Die tief liegenden, langsam laufenden Motoren trieben die Achsen über mehrteilige Kuppelstangen an. Die Stundenleistung betrug 780 bzw. 1.200 kW bei einer Höchstgeschwindigkeit von 75 km/h. Bis

alle Lokomotiven einsatzbereit waren, mussten drei ähnlich gebaute Loks von der Veltlinbahn zugemietet werden.

Schon damals wurde erkannt, dass Asynchronmotoren für Traktionsanwendungen verschiedene Vorteile bieten. Dazu gehören ihre hohe Robustheit und einfachere Wartung durch das kommutatorlose Design. Nachteilig waren die grobe Geschwindigkeitsabstufung durch die Polumschaltung und die doppelte Fahrleitung, die bei Weichen problematisch war. Daher wurden Drehstrommotoren relativ selten in Traktionsanwendungen eingesetzt, bis diese Nachteile später durch leistungselektronische Umrichter aufgehoben wurden. 1908 übernahmen die SBB die Anlage am Simplontunnel. 1919 wurden zwei weitere Lokomotiven beschafft und die Drehstromstrecke bis nach Sitten verlängert. 1921 war die zweite Tunnelröhre vollendet. Die Drehstrom-Ära am Simplon endete 1930, als die Strecke auf Einphasen-Wechselstrom mit 15 kV / $16\frac{2}{3}$ Hz umgebaut wurde → 6.

Walter Boveri sprach sich gegen den Betrieb des Versorgungs- und Bahnstromnetzes mit unterschiedlicher Frequenz aus. Seine Intervention trug dazu bei, dass als Kompromiss die Frequenz $16\frac{2}{3}$ Hz gewählt wurde.



Elektrifizierung der Lötschbergbahn

Die durch die Berner Alpenbahngesellschaft Bern-Lötschberg-Simplon (BLS) betriebene Bahnstrecke von Thun über Spiez nach Brig hat mit Steigungen von 2,2 bis 2,7 % und Kurvenradien von 300 m einen ausgeprägten Gebirgsbahncharakter. Die BLS hatte von Anfang an die Absicht, die Bahn durch den 1913 vollendeten doppelspurigen Lötschbergtunnel elektrisch zu betreiben. Der erfolgreiche Abschluss des Versuchsbetriebs auf der Strecke Seebach-Wettingen mit Einphasen-Wechselstrom von 15 kV und 15 Hz

lieferte die Genfer Société Anonyme des Ateliers de Sécheron (SAAS) der BLS sechs Lokomotiven des Typs Ae 6/8 (1'Co) (Co1') mit dem bewährten Einzelachs-Federantrieb. Diese beförderten bis weit in die Nachkriegszeit schwere Personen- und Güterzüge.

Der elektrische Betrieb auf der Gotthardlinie

Unter dem Einfluss der drückenden Kohlenknappheit während des Ersten Weltkriegs beschlossen die SBB 1916, die Gotthardbahn mit dem Stromsystem zu elektrifizieren, das sich bereits auf der Lötschbergstrecke bewährt hatte. Die SBB ermunterten die schweizerische Maschinen- und Elektroindustrie, sich mit Elektrolok-Prototypen um Aufträge zu bewerben. Für die Erzeugung des Bahnstroms wurde unverzüglich mit dem Bau von drei Hochdruck-Speicherkraftwerken (Amsteg, Ritom und Barberine) begonnen.

Der BBC-Mitbegründer Walter Boveri hatte sich vehement gegen den Betrieb des Landesversorgungs- und Bahnstromnetzes mit unterschiedlicher Frequenz ausgesprochen. Boveris Intervention trug unter anderem dazu bei, dass für den Bahnstrom als Kompromiss die Frequenz $16\frac{2}{3}$ Hz (= 50 Hz : 3) gewählt wurde.

Boveri hatte auch bereits die Idee, auf den Triebfahrzeugen Quecksilberdampfgleich-

Im Jahr 1904 konstituierte sich die „Schweizerische Studienkommission für den elektrischen Bahnbetrieb“, um „die technischen und finanziellen Grundlagen für die Einführung des elektrischen Betriebs auf den schweizerischen Eisenbahnen zu studieren und abzuklären“. In detaillierten Studien wurde die Eignung verschiedener Stromsysteme für den Eisenbahnbetrieb unter Berücksichtigung vorliegender Erfahrungen untersucht, und die Ergebnisse wurden periodisch publiziert. Im Jahr 1912 kam die Kommission zu dem Schluss, dass für die Elektrifizierung des schweizerischen Hauptbahnnetzes Einphasenstrom mit einer Fahrdrachtspannung von 15 kV und einer Frequenz von ca. 15 Hz allen anderen Systemen vorzuziehen sei.

richter zu installieren, da sich diese bei Industrieenanwendungen bestens bewährt hatten. Die voluminösen Quecksilbergefäße wären dem rauen Bahnbetrieb jedoch auf Dauer kaum gewachsen gewesen. Noch war die Zeit für die Umrichtertechnik auf Bahnfahrzeugen nicht reif.

Die Elektrifizierung der Gotthardstrecke schritt so zügig voran, dass praktisch keine Zeit blieb, die probenhalber gelieferten Lokomotiven ausreichend zu testen. Im Hinblick auf die zu erwartenden Liefertermine mussten rasch Bestellungen vergeben werden. BBC/SLM lieferten 40 Reisezuglokomotiven (1'B)(B1') und MFO/SLM 50 Güterzugloks (1'C)(C1'). Beide Fahrzeugtypen verfügten über vier im Rahmen gelagerte Motoren und einen Achsantrieb via Blindwelle und Kuppelstangen. Mit einer Stundenleistung von 1.500 bzw. 1.800 kW und Höchstgeschwindigkeiten von 75 bzw. 65 km/h erfüllten diese Maschinen lange Zeit die in sie gesetzten Erwartungen. Tatsächlich erlangten die Gotthardlokomotiven Kultstatus unter den Schweizer Bahnfahrzeugen. Dies gilt besonders für die 20 m langen Güterzugloks mit zweiteiligem, gelenkig gekuppeltem Rahmen, die sogenannten „Krokodile“ → 8, die fast 60 Jahre lang in Betrieb bleiben. Dieser Loktyp fand zahlreiche Nachbildungen im In- und Ausland und darf noch heute auf keiner repräsentativen Modellbahnanlage fehlen.

Beiträge von Sécheron

1921/22 lieferte das ABB-Vorgängerunternehmen Sécheron sechs Lokomotiven des Typs Be 4/7 mit dem Achsbild (1'Bo1') (Bo') für den Betrieb am Gotthard. Diese Maschinen verfügten über vier einzeln angetriebene Achsen mit Westinghouse-

Asynchronmotoren bieten mehrere Vorteile für Traktionsanwendungen. Dazu gehören ihre hohe Robustheit und einfachere Wartung durch das kommutatorlose Design.

veranlasste die BLS schon 1910, auch dieses Stromsystem zu wählen. Später wurde die Frequenz auf $16\frac{2}{3}$ Hz angepasst. Damit ebnete die BLS den Weg sowohl für die Elektrifizierung der Gotthardbahn als auch für die Bahnen in Deutschland, Österreich und Schweden, die ebenfalls dieses Stromsystem übernahmen.

Im Jahr 1910 lieferten die MFO und SLM der BLS einen Lok-Prototyp mit 1.250 kW Leistung und dem Achsbild C-C → 7. Nach erfolgreichen Testfahrten beschaffte die BLS ab 1913 mehrere Lokomotiven des Typs Be 5/7 (1'E1') mit 1.800 kW. Ab 1930



Federantrieb → 9. Trotz ihrer guten Laufeigenschaften blieb es bei dieser geringen Stückzahl, da die SBB dem neuartigen Einzelachsantrieb anfänglich misstrauten. Für die Mittellandstrecken bestellten die SBB bei SAAS 26 Personenzugloks vom Typ Ae 3/5 (1'Co1') mit identischem Federantrieb und einer Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h. Mit einem Gewicht von 81 t waren diese Maschinen wesentlich leichter als andere Bauarten. Später kamen noch zehn ähnliche Maschinen (Typ Ae 3/6 III) mit einem zweiachsigen Laufdrehgestell (Achsbild 2'Co1') hinzu. Die drei erwähnten Loktypen wurden allgemein als „Sécheron-Maschinen“ bezeichnet und waren hauptsächlich in der Westschweiz anzutreffen. Einige blieben bis in die frühen 1980er Jahre in Betrieb. Zuletzt waren sie vor allem vor Autozügen durch den Gotthard- und den Lötschbergtunnel im Einsatz.

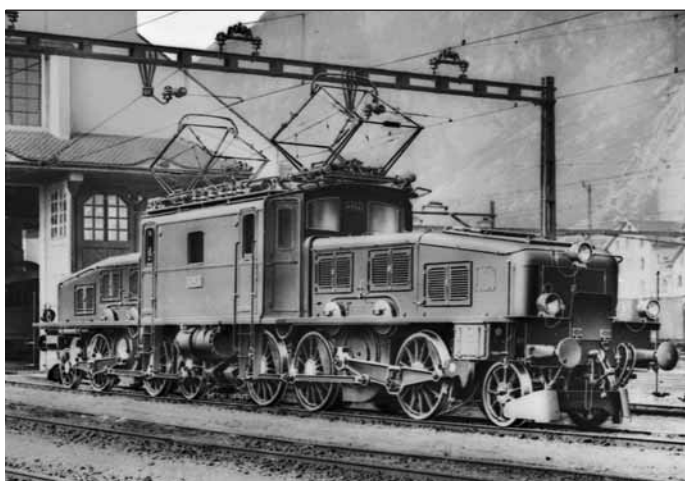
Aktivitäten von ASEA im Bahnsektor

Wie in der Schweiz begann die Elektrifizierung der schwedischen Staatsbahnen vor dem Ersten Weltkrieg. Von 1911 bis 1914 wurde die 120 km lange sogenannte Lappland- oder Erzbahn elektrifiziert. Diese dient hauptsächlich zum Transport der in Kiruna abgebauten Magnetit-erze zum norwegischen Hafen Narvik, der wegen des Golfstroms ganzjährig eisfrei ist. Schweden besitzt reiche Wasserkraftressourcen. Das Wasserkraftwerk Porjus liefert die Energie für die Bahn, die mit Einphasen-Wechselstrom von 15 kV und 16 2/3 Hz (anfänglich 15 Hz) betrieben wird. Bis 1920 wurde die Elektrifizierung über Gellivare bis nach Lulea am Bottnischen Meerbusen fortgesetzt. Der norwegische Abschnitt wurde erst 1923 elektrifiziert. Das überquerte Gebirge ist mittelhoch und die Steigungen sind mit 1,0 bis 1,2 % we-

sentlich geringer als bei Schweizer Gebirgsbahnen. Die schweren Erzzüge stellen jedoch hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven. ASEA lieferte den elektrischen Teil für 12 Güterzug-Doppellokomotiven (1'C)(C1') mit Stangenantrieb und einer Leistung von 1.200 kW sowie für zwei Schnellzugloks (2'B2') mit 600 kW, ebenfalls mit Stangenantrieb. Später kamen noch vierachsige D-Güterzugloks mit einer Gesamtleistung von 10.650 kW hinzu, die meistens in Doppeltraktion fuhren. 1925 wurde auch die 460 km lange SJ-Hauptstrecke zwischen Stockholm und Göteborg elektrifiziert. Zum Einsatz gelangten Lokomotiven mit dem Achsbild 1'C1' und einer Leistung von 1.200 kW, deren Ausrüstung ebenfalls von ASEA stammte.

Erfolgreicher Einzelachsantrieb

Nach Aufnahme des elektrischen Betriebs auf der Gotthardstrecke dehnten die SBB die Elektrifizierung des Schienennetzes auf das Schweizer Mittelland und die Juralinien aus. 1927 war der durchgehend elektrische Betrieb vom Bodensee zum Genfer See möglich. Hierzu hatten BBC/SLM die Reisezuglokomotive Ae 3/6 II (2'Co1') mit einem neuartigen Einzelachsantrieb entwickelt. Das nach seinem Konstrukteur Buchli benannte Antriebskonzept bestand aus einem in einer Ebene wirkenden Doppelhebel-, Kardangelenk zwischen dem im Rahmen gelagerten Motor und der dazugehörigen gefederten Antriebsachse → 10. Die SBB nahmen 114 Lokomotiven dieses Typs in Betrieb. Die Konstruktion bewährte sich so gut, dass die anfängliche Geschwindigkeitsbegrenzung von 90 km/h



auf 110 km/h heraufgesetzt werden konnte. Der Lokomotivtyp war ein großer Erfolg für die Schweizer Industrie, und es folgten Exportaufträge und Lizenzabkommen für ähnlich gebaute Lokomotiven aus Deutschland, Tschechien, Frankreich, Spanien und Japan. Insgesamt dürften an die 1.000 Schienenfahrzeuge mit Buchli-Antrieben ausgerüstet worden sein.

Längere und schwerere internationale Züge auf der Gotthard- und der Simplonstrecke führten bald zu einem Bedarf an leistungsfähigeren Mehrzweckloks. Als Weiterentwicklung des oben beschriebenen Typs entstand von 1927 bis 1934 eine Serie von 127 Lokomotiven des Typs Ae 4/7 (2'Do1') mit dem bewährten BBC-Einzelachsantrieb.

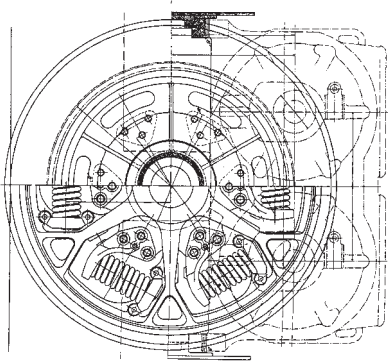
Die sogenannten „Krokodile“ erlangten Kultstatus unter den Schweizer Lokomotiven.

Auch wenn ein bekannter Schweizer Designkritiker diesen Maschinen ein „Äffchen-Gesicht“ andichtete, prägten sie jahrzehntelang das Erscheinungsbild der SBB und blieben teilweise bis in die 1990er Jahre in Betrieb.

Nachkriegstrend: Drehgestellloks

Die meisten der bisher beschriebenen Lokomotiven besaßen eine Kombination aus Lauf- und Antriebsachsen – ein Konzept, das vom Dampflokomotivenbau übernommen worden war. 1944 brachen BBC/SLM mit dieser Tradition und lieferten die ersten laufachslosen Hochleistungs-Drehgestelllokomotiven des Typs Ae 4/4 (Bo'Bo') an die BLS, die mit 3.000 kW eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h erreichten.

9 Einzelachs-Federantrieb Bauart Sécheron



Die Federung trägt zur Entkopplung der Bewegung von Achse und Motor und somit zur Reduzierung des Schienenverschleißes bei.

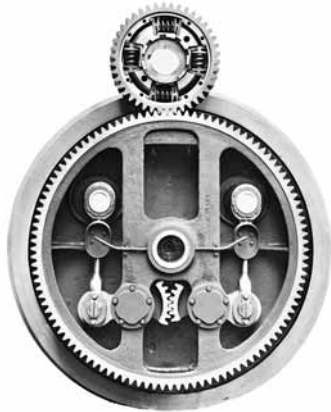
In der Folge wurden praktisch von allen Bahngesellschaften Drehgestell-Lokomotiven beschafft. Ab 1946 erhielten die SBB 32 Leichtschnellzugloks des Typs Re 4/4 I, denen ab 1963 eine Serie von 174 wesentlich leistungsfähigeren Schnellzugloks der Baureihe Re 4/4 II folgte. Letztere sind noch immer in Betrieb. Bei einem Gewicht von 80 t und einer Leistung von 4.000 kW erreichen sie eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h.

Auch ASEA wandte sich der Entwicklung von Drehgestelloks zu. Die erste Bo'Bo'-Lokomotive vom Typ Ra erschien 1955 → 11. Mit den gesickten Seitenwänden, den Bullaugenfenstern und dem rundlichen „Babygesicht“ orientierte sich das Design an amerikanischen Trends. Analog zu den Schweizer Vorbildern hatte sie pro Drehgestell zwei Triebmotoren. Mit einem Gewicht von nur 60 t erreichte sie eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h. Diese Loks waren äußerst erfolgreich und blieben bis in die 1980er Jahre im Dienst. 1962 folgten die ersten Gleichrichterlokomotiven vom Typ Rb und 1967 die Thyristorloks vom Typ Rc. Letztere wurden auch nach Österreich geliefert (Typ 1043) und in den USA von General Motors in Lizenz gebaut (Typ AEM-7).

Von der Gleichrichter- zur Umrichter-technik

Konstruktiv entspricht der Einphasen-Wechselstrommotor weitgehend einem Gleichstrommotor. Jedoch ist die Drehzahl- bzw. Leistungsregulierung mit Gleichstrom einfacher. Während einige Länder sich dazu entschlossen, ihre Hauptbahnnetze mit

10 Einzelachsantrieb System Buchli von BBC (BBC 12395)



Die Motorwelle ist mit dem oberen und die Achse mit dem unteren Zahnrad verbunden.

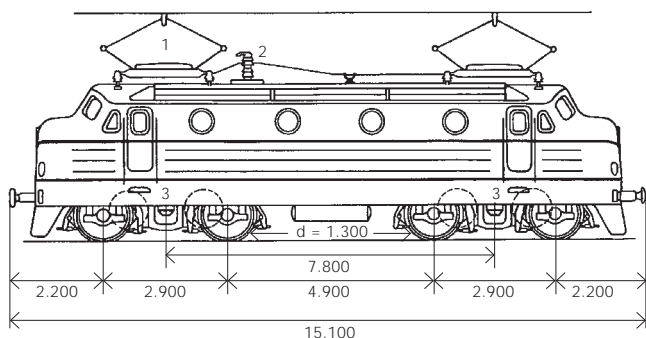
Gleichstrom und einer Fahrdrachtspannung von 1.500 oder 3.000 V zu elektrifizieren, wurde in Regionen mit Wechselstromsystemen erwogen, die Lokomotiven mit Gleichrichtern auszurüsten. Einer der Nachteile der Elektrifizierung mit Gleichstrom ist, dass die Fahrdrachtspannung relativ niedrig sein muss, da keine Transformatoren verwendet werden können. Dies führt zu höheren Leitverlusten, weshalb mehr Unterwerke entlang der Strecke erforderlich sind. Aus diesem Grund waren die Hersteller von Schienenfahrzeugen lange auf der Suche nach Lösungen, um Gleichstromantriebe und Wechselstromelektrifizierung miteinander zu kombinieren (siehe die erste MFO-Lokomotive auf der Strecke Seebach-Wettingen). Erst nach der Entwicklung von vakuumdichten Einanoden-Quecksilberdampfgefäßen (sogenannte Ignitrons oder Excitrons) wurden Gleichrichter-Lokomotiven in größeren Stückzahlen gebaut (vor allem in den USA und in den Ländern des Ostblocks).

Dies änderte sich mit der Halbleiter-Revolution in der Elektronik, als Halbleiterkomponenten auch in Lokomotiven eingesetzt wurden. Zwischen 1965 und 1983 beschaffte die BLS 35 Lokomotiven des Typs Re 4/4, Serie 161 → 12. Anstelle von Einphasen-Fahrmotoren verfügen diese Loks über Wellenstrommotoren. Dabei fließt der Fahrleitungsstrom nach dem Transformator mit Hochspannungsstufenschalter durch ölgekühlte, statische Dioden-Gleichrichter und Glättungsrosseln zu den Motoren. Die beiden Fahrmotoren pro Drehgestell sind parallel geschaltet, wodurch die Schleudergefahr auf Bergstrecken vermin-

dert wird. Diese Drehgestell-Lokomotiven mit einer Stundenleistung von knapp 5 MW haben sich außerordentlich gut bewährt. Eine Maschine wurde versuchsweise auf Thyristorgleichrichter umgerüstet und auf der österreichischen Semmeringstrecke erfolgreich getestet. Daraufhin bestellten die ÖBB bei ABB in Wien 216 ähnlich gebaute Lokomotiven des Typs 1044.

Konstruktiv entspricht der Einphasen-Wechselstrommotor weitgehend einem Gleichstrommotor. Jedoch ist die Drehzahl- bzw. Leistungsregulierung mit Gleichstrom einfacher.

Die Kombination aus Frequenzumrichtern und Asynchronmotoren erwies sich als besonders vorteilhaft. Damit wurde ein weitgehend einheitliches, von der Stromart in der Fahrleitung unabhängiges Antriebskonzept ermöglicht, das sich in gewissem Umfang standardisieren ließ und den Bau von Lokomotiven für internationale Züge erleichterte, die mit unterschiedlichen Spannungen und Frequenzen betrieben werden können. Ferner sind robuste Dreh-



strom-Asynchronmotoren aufgrund des kommutatorlosen Designs einfacher in der Wartung und zeichnen sich durch eine höhere Leistungsdichte aus, was wiederum den Bau von kleineren bzw. leistungsstärkeren Motoren ermöglicht. Typische Beispiele, an deren Entwicklung BBC bzw. ABB maßgeblich beteiligt waren, sind die E120 der Deutschen Bundesbahn (DB), die Re 4/4 der Bodensee-Toggenburg-Bahn und der Sihltalbahnhof, die Re 450 und Re 460 der SBB sowie die Re 465 der BLS.

Hochgeschwindigkeitszüge

Zwischen 1989 und 1992 nahm die DB 60 IEC-Züge (Intercity Express) in Betrieb, die auf der Technik der E120 aufbauen. Die Züge verfügen über zwei Triebköpfe mit umrichter-gesteuerten Drehstrom-Asynchronmotoren und 11 bis 14 Zwischenwagen. Auf der Neubaustrecke Hamburg – Frankfurt – München erreichte einer dieser Züge auf einer Versuchsfahrt eine Geschwindigkeit von 280 km/h. 1990 lieferte ABB Schweden der SJ den ersten von 20 Hochgeschwindigkeitszügen der Klasse X2000 mit Neigetechnik für den Schnellverkehr zwischen Stockholm und Göteborg. Auch sie sind mit GTO-Thyristor-Umformern und Asynchronmotoren ausgestattet und erreichen eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h. Inzwischen verkehren diese Züge in Schweden auch auf anderen Strecken und ermöglichen Reisezeitverkürzungen von bis zu 30 %.

Rationalisierung des Eisenbahngeschäfts

Wohl kaum ein anderes Produkt der Maschinen- und Elektroindustrie war für ein breites Publikum so prestigeträchtig wie Eisenbahntriebfahrzeuge. Und obwohl auch Fahrzeuge exportiert wurden, zogen



es die meisten Gesellschaften vor, bei einheimischen Herstellern zu kaufen. Dies änderte sich jedoch Ende der 1980er und in den 1990er Jahren. Durch die Vorfertigung montagebereiter Einheiten wurden nicht nur die Durchlaufzeiten erheblich verkürzt, auch die Endmontage kann praktisch überall erfolgen. In Verbindung mit der Liberalisierung der Märkte führte dies in der Industrie zu einem Übergang von der Komplettmontage für einen lokalen Markt zur Komponentenslieferung für einen globalen Markt.

Das ABB-Bahngeschäft in der Gegenwart

Nach dem Zusammenschluss von ASEA und BBC zu ABB wurde der Geschäftsbereich Verkehrssysteme zu einer selbstständigen Gesellschaft innerhalb des Konzerns. 1996 legten ABB und Daimler-Benz ihre Schienenverkehrsaktivitäten zusammen und firmierten unter dem Namen ABB Daimler-Benz Transportation (Adtranz). 1998 übernahm Adtranz die Schweizer Unternehmen SLM und Schindler Waggon. 1999 trat ABB ihren Adtranz-Anteil an DaimlerChrysler ab, die dann den gesamten Bahnsektor an Bombardier verkauften. ABB baut also heute keine kompletten Lokomotiven mehr, liefert aber weiterhin verschiedene Hochleistungsprodukte für anspruchsvolle Traktionsanwendungen.

Seit 2002 besteht zwischen ABB und dem international tätigen Schweizer Schienenfahrzeughersteller Stadler Rail AG eine enge strategische Zusammenarbeit. Das Unternehmen ist aus einer Produktionsfirma entstanden, die ursprünglich diesel- und batterieelektrische Traktoren für Werkbahnen und Industriegleise hergestellt hat. Heute ist Stadler ein bedeutender internationaler Lieferant von Reisetriebzügen. In

den letzten Jahren hat ABB neue elektrische Komponenten für unterschiedliche Fahrleitungsspannungen und Frequenzen sowie für dieselektrische Antriebe entwickelt. ABB liefert die Transformatoren, Antriebsstromrichter, Bordnetzversorgungen und Batterieladegeräte für Stadler-Züge. Ab 2011 werden 50 neue Stadler-Doppelstockzüge für die SBB in Betrieb gehen.

Norbert Lang

Archivist
ABB Schweiz
norbert.lang@hispeed.ch

Literatur

- Bugli, Ralph W. (Hrsg.) (1983): „Electrifying Experience. A Brief Account of The ASEA Group of Sweden 1883–1983“
- Haut, F. J. G. (1972): „Die Geschichte der elektrischen Triebfahrzeuge“. Bd. 1
- Huber-Stockar, E. (1928): „Die Elektrifikation der Schweizer Bundesbahnen“
- Macheferet-Tassin et al (1980): „Histoire de la traction électrique“. 2 vol.
- Sachs, K.: „Elektrische Triebfahrzeuge“ (1973). 3 Bde
- Schneeberger, H. (1995): „Die elektrischen und Dieseltriebfahrzeuge der SBB“. Bd. I: Baujahre 1904–1955
- Teich, W. (1987): „BBC-Drehstrom-Antriebstechnik für Schienenfahrzeuge“
- ABB Technik (1988–2010)
- ASEA Journal (engl. Ed.) (1924–1987)
- BBC Mitteilungen (1914–1987)
- BBC Nachrichten (1928–1943, 1950–1987)
- Bulletin Oerlikon (1921–1970)
- Bulletin Sécheron (1929–1972)