Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 114 (1996)

Heft: 51/52

Artikel: Von der "Limmat" zur Lok 2000: 150 Jahre Entwicklung im Lokomotivbau

Autor: Weiss, Theo

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79094

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Theo Weiss, Bern

Von der «Limmat» zur Lok 2000

150 Jahre Entwicklung im Lokomotivbau

Am 9. August 1847 nahm zwischen Zürich und Baden die erste in der Schweiz gebaute Eisenbahnlinie ihren Betrieb auf. Von der Lokomotive «Limmat» der Schweizerischen Nordbahn mit ihren zierlichen zweiachsigen Wägelchen bis zur modernen Hochleistungslokomotive unserer Tage spannen sich 150 Jahre technischer Entwicklung. Die Schweizer Bahnen mit ihren alpenquerenden Transitlinien haben den Bau von leistungsfähigen und wirtschaftlichen Lokomotiven immer wieder stimuliert. Der industrielle Lokomotivbau ist in der Schweiz seit 125 Jahren verwurzelt.

Die Ära der Dampflokomotive

Die Dampflokomotive hat, wie auch die Dampfmaschine selber, ihren Ursprung in England. 1829 gelang dort George Stephenson mit seiner «Rocket» zwischen Liverpool und Manchester der Nachweis, dass eine selbstfahrende, dampfbetriebene Maschine für den Betrieb einer Eisenbahn den ursprünglich dafür vorgesehenen stationären Dampfmaschinen mit Seilzügen deutlich überlegen war. Die Geburtsstunde der Dampflokomotive hatte geschlagen. Dampfmaschine und Dampflokomotive wurden in der Folge gewissermassen zu Schlüsselfaktoren für die industrielle Entwicklung im 19. Jahrhundert.

Die ersten Schweizer Eisenbahnen entstanden allesamt als private Gesellschaften. Zuständig für die Konzessionierung waren aufgrund des Eisenbahngesetzes von 1852 die Kantone. Ab 1855 wurde die Schweiz innert zehn Jahren von einem rasch wachsenden Netz von Eisenbahnstrecken überzogen, das sich von der Westschweiz bis zum Bodensee erstreckte.

Solange die Eisenbahnstrecken den Flussläufen folgten, mussten keine grösseren Steigungen überwunden werden. Bereits die 1855 eröffnete Hauensteinlinie Basel-Sissach-Läufelfingen-Olten der Schweizerischen Centralbahn wies aber eine Steigung von 26‰ auf, was an die Leistung der Lokomotiven entsprechende Anforderungen stellte. Genügten für die im Limmattal verkehrende «Spanisch Brötli-Bahn» Lokomotiven mit einer oder zwei Triebachsen (Bild 1), so bedurfte es andernorts bald stärkerer und schwererer Maschinen mit drei Triebachsen und leistungsfähigerem Kessel.

Abgesehen von einigen Fahrzeugen, die in bahneigenen Werkstätten gebaut wurden, sind die Lokomotiven aller damaligen Schweizer Bahnen vorerst im Ausland beschafft worden. Französische, belgische, deutsche und österreichische Lokomotivfabriken wetteiferten um die Aufträge der zahlreichen Bahngesellschaften in der Schweiz, die um eine stetige Verbesserung ihrer Traktionsmittel bemüht waren. 1871 nahm in Winterthur die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik ihren Betrieb auf; in der Folge gelang es dieser Firma, mit fortschrittlichen technischen Lösungen eine starke Stellung auf dem Markt für Lokomotiven zu erringen.

1
Lokomotive «Limmat» der Schweizerischen Nordbahn, 1847 (Foto: SBB)

Unkoordinierte und überstürzte Investitionen in neue Bahnstrecken führten in den 1870er Jahren in der Schweiz zu einer regelrechten Eisenbahnkrise, die auch politische Folgen zeitigte. Mit dem Eisenbahngesetz von 1872 gewann der Bund verstärkten Einfluss auf die Konzessionierung neuer Strecken.

Die 1882 eröffnete Gotthardbahn wurde ihrer Rolle als internationale Transitstrecke rasch gerecht. Die anspruchsvollen traktionstechnischen Anforderungen der Gotthardbergstrecke bildeten bereits zur Zeit der Dampftraktion eine besondere Herausforderung für die Lokomotivbauer. Um den unwirtschaftlichen Lokomotivwechsel bei Schnellzügen in Erstfeld zu umgehen, beschaffte die Gotthardbahn 1895 eine Reihe von Vierzylinder-Verbundlokomotiven der Serie A 3/5 (Bild 2), die damals zweifellos zu den Spitzenleistungen im europäischen Lokomotivbau zählten. Mit der Indienststellung dieser Lokomotiven gelang es, die Fahrzeit der Schnellzüge Luzern-Chiasso auf einen Schlag von 6¼ Stunden auf 4¾ Stunden zu reduzieren.

Nach der Verstaatlichung der letztlich verbliebenen fünf grossen Privatbahngesellschaften gingen die 1902 ins Leben gerufenen Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) daran, den teilweise veralteten und unwirtschaftlichen Lokomotivpark durch die Beschaffung zeitgemässer Lokomotiven für den Schnellzugs-, Personenzugs- und Güterzugsdienst zu erneuern. Als leistungsfähigster und letzter für die SBB entwickelter Dampflokomotivtyp entstanden 1913 die 30 schweren Güterzugslokomotiven der Serie C 5/6, die ebenfalls vorwiegend am Gotthard zum Einsatz gelangen sollten. Erfreulicherweise ist es gelungen, mehrere dieser imposanten Maschinen der Nachwelt zu erhalten.

Kurz vor dem Ersten Weltkrieg begann sich bereits abzuzeichnen, dass die

2
Vierzylinder-Verbundlokomotive A 3/5 der Gotthardbahn, 1895 (Foto: SLM)

elektrische Traktion in der Schweiz auch bei Vollbahnen Einzug halten dürfte. Der akute Kohlemangel im Jahre 1917 hat diese Entwicklung dann massgeblich beschleunigt.

Die Einführung des elektrischen Bahnbetriebs

Mit dem Aufkommen der ersten «Elektrizitätswerke», die anfänglich ausschliesslich zur Speisung von lokalen Beleuchtungsnetzen dienten, reifte der Gedanke, den elektrischen Strom auch für den Antrieb von Strassenbahnen zu benützen. Die Westschweiz spielte hier eine Pionierrolle: 1888 wurde zwischen Vevey und Chillon die erste elektrische Strassenbahnlinie der Schweiz eröffnet. Die mit 500 V Gleichstrom betriebenen zweiachsigen Triebwagen verfügten über eine Leistung von lediglich 12 kW.

Für höhere Traktionsleistungen, wie sie im Vollbahnbetrieb erforderlich sind, musste nach anderen Stromsystemen gesucht werden. Vorerst griff man zum Drehstrom, der sich 1899 auf der Strecke Burgdorf-Thun und 1906 im Simplontunnel (Brig-Iselle) als durchaus brauchbar zeigte. Die komplizierte zweipolige Fahrleitung erwies sich aber als Nachteil.

Der technische Durchbruch gelang schliesslich mit dem Einphasenwechselstrom niedriger Frequenz (15 kV, 16⅔ Hz), der sich nach verschiedenen Versuchsbetrieben auf der 1913 eröffneten Lötschbergbahn von Anfang an bewährte. Im gleichen Jahr fassten die Schweizerischen Bundesbahnen den Beschluss, die Gotthardlinie Erstfeld-Bellinzona mit demselben Stromsystem zu elektrifizieren.

Die schwerwiegende Abhängigkeit der Schweizer Wirtschaft und der Schweizer Bahnen von ausländischer Kohle wurde im Ersten Weltkrieg spürbar. Dieser Sachverhalt trug in der Folge massgebend zum Ausbau der Schweizer Wasserkräfte und zur etappenweisen Elektrifizierung der Bahnen bei. Im Vergleich zur Entwicklung des elektrischen Bahnbetriebs in anderen Ländern Europas übernahm die Schweiz eine Vorreiterrolle, die sich vor allem auf dem Gebiet des Lokomotivbaus manifestieren sollte.

Die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, die bisher selbständig komplette Dampflokomotiven entwickelt und gebaut hatte, konzentrierte sich dabei auf den sogenannten mechanischen Teil der Lokomotiven. Die elektrische Traktionsausrüstung stammte von den drei Firmen Brown, Boveri & Cie (BBC), Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) und S.A. des Ateliers de Sécheron (SAAS).

3
Schnellzugslokomotive Be 4/6 der SBB, 1920 (Foto: SBB)

Die Schwerpunkte der Entwicklung von elektrischen Lokomotiven

Die elektrische Lokomotive wandelt elektrische Energie in mechanische Arbeit um, die zur Fortbewegung des Zuges dient. Die von der Lokomotive abgegebene Traktionsleistung entspricht dem Produkt aus der ausgeübten Zugkraft und der dabei erreichten Geschwindigkeit.

Die «Leistungskurve» einer elektrischen Lokomotive wird in der Regel als Zugkraft/Geschwindigkeitsdiagramm dargestellt, aus welchem die jeweils verfügbare Zugkraft von der Anfahrt bis zur Höchstgeschwindigkeit ermittelt werden kann. Umgekehrt lässt sich für jede Strecke die zur Beförderung einer bestimmten Anhängelast mit einer gewünschten Geschwindigkeit erforderliche Traktionsleistung berechnen.

Bild 4 zeigt die Zugkraft/Geschwindigkeitsdiagramme von vier elektrischen Lokomotiven unterschiedlicher Generationen. Sie illustrieren eine technische Entwicklung, die immer wieder von markanten Etappen geprägt war. Es handelt sich in allen Fällen um Lokomotiven mit vier Triebachsen:

- Schnellzugslokomotive Serie Be 4/6 der SBB, Baujahr 1920 (Bild 3)
  Leistung 1500 kW, Höchstgeschwindigkeit 75 km/h
- Schnellzugslokomotive Serie Ae 4/7 der SBB, Baujahr 1927
  Leistung 2300 kW, Höchstgeschwindigkeit 100 km/h
- Schnellzugslokomotive Serie Ae 4/4 der BLS, Baujahr 1944, Leistung 3000 kW, Höchstgeschwindigkeit 125 km/h
- Universallokomotive Serie 460 der SBB, Baujahr 1991
  Leistung 6100 kW, Höchstgeschwindigkeit 230 km/h

Ihrer installierten Traktionsleistung entsprechend, vermögen diese Lokomotiven auf den 26‰-Rampen am Gotthard oder Lötschberg nachstehende Anhängelasten zu befördern:

Be 4/6	(1920):	300 t mit 50 km/h
Ae 4/7	(1927):	560 t mit 65 km/h
Ae 4/4	(1944):	400 t mit 75 km/h
460	(1991):	650 t mit 80 km/h

In der Folge sollen die wesentlichen Merkmale dieser vier Lokomotivgenerationen kurz beschrieben werden.

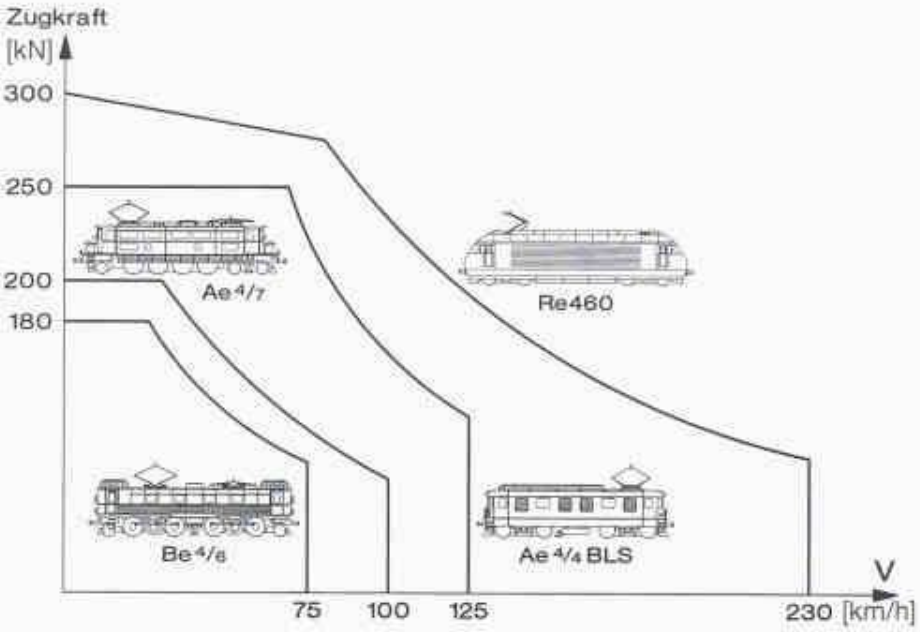
Die Lokomotive Be 4/6 mit Stangenantrieb

Der Antrieb, d.h. die Kraftübertragung von der Antriebsquelle auf die Triebräder, musste bei der Dampflokomotive mittels Stangen erfolgen, da sich die Hin- und Herbewegung des Kolbens im Zylinder der Dampfmaschine nur auf diese Weise in eine Drehbewegung umwandeln liess.

Die ersten elektrischen Lokomotiven für die Gotthardlinie wurden ebenfalls mit Stangenantrieb versehen. Sie verfügen über vier Triebmotoren, die in den beiden Drehgestellen jeweils paarweise über ein Zahnradvorgelege eine sogenannte Blind-

welle antrieben. Die Blindwelle ihrerseits war mittels horizontal angeordneter Triebstangen mit den Triebachsen des Drehgestells verbunden.

Zur Speisung der Einphasen-Reihenschlussmotoren mit variabler Spannung diente ein ölgekühlter Stufentransformator, dessen Anzapfungen durch einen elektromechanischen Schaltapparat mit den Fahrmotoren verbunden wurden. Es waren 18 Fahrstufen vorhanden. Entsprechend dem damaligen Stand der Technik liess sich die erforderliche elektrische Antriebsleistung nur mit einem relativ hohen Gewicht von 110 t erreichen. Um die zulässige Achslast von 20 t nicht zu überschreiten, mussten deshalb neben den vier Triebachsen zwei Laufachsen eingebaut werden. Die 41 Lokomotiven der Serie Be 4/6 haben während eines runden Jahrzehnts praktisch den gesamten Schnellzugsverkehr am Gotthard bewältigt. Wegen ihrer geringen Höchstgeschwindigkeit wurden sie in den 30er Jahren schrittweise aus ihrem angestammten Einsatzbereich verdrängt und für weniger anspruchsvolle Dienste verwendet.



4
Zugkraft-/Geschwindigkeitsdiagramm verschiedener Lokomotivgenerationen (Zeichnung: SBB)

Die Schritte zum Einzelachsantrieb

Kurz nach der Inbetriebnahme der ersten Lokomotivserien mit Stangenantrieb fasste der naheliegende Gedanke Fuss, diese von der Dampflokomotive abgeleitete Antriebsbauart zu verlassen und die einzelnen Triebachsen der elektrischen Lokomotiven jeweils von einem eigenen Fahrmotor anzutreiben. Skeptiker befürchteten zwar, das Adhäsionsverhalten einer Lokomotive mit «Einzelachsantrieb» würde jenem einer Lokomotive mit Kuppelstangen deutlich unterlegen sein. In Fachkreisen des Lokomotivbaus entwickelte sich in der Grundsatzfrage Einzelachsantrieb versus Stangenantrieb ein veritabler Glaubenskrieg. Die Praxis zeigte allerdings bald, dass sich die gegenüber dem Einzelachsantrieb erhobenen Befürchtungen nicht bewahrheiteten.

Die ab 1927 in Dienst gestellten Schnellzugslokomotiven Ae 4/7 der SBB verkörpern die typische Rahmenlokomotive mit Einzelachsantrieb: Der durchgehende, massive Lokomotivrahmen trägt die gesamte elektrische Ausrüstung der Lokomotive. Auch die vier Fahrmotoren sind starr im Lokomotivrahmen eingebaut. Jeder Fahrmotor überträgt sein Drehmoment über ein einseitig angeordnetes Getriebe mit einem Gelenkhebelmechanismus auf die zugehörige Triebachse. Der Gelenkmechanismus erlaubt die Aufnahme des durch die Achsfederung entstehenden Vertikalspiels zwischen Lokomotivrahmen und Triebachse.

Im elektrischen Teil der Lokomotive waren die Unterschiede zur Be 4/6 weniger auffallend. Es war jedoch gelungen, die installierte Leistung des Transformators und der Fahrmotoren erheblich zu steigern. Das Gewicht der Ae 4/7 erreichte 120 t. Dank ihrer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h und ihrer ausserordentlichen Zuverlässigkeit waren die in 127 Exemplaren gebauten Lokomotiven dieser Serie während Jahrzehnten als «Universallokomotiven» auf dem gesamten Netz der SBB im Einsatz.

Der Leichttriebwagen, ein Kind der Wirtschaftskrise

Mit der Wirtschaftskrise zu Beginn der 30er Jahre und dem Aufkommen des Automobils machten sich die Nachteile der schweren Lokomotiven für Züge mit kleinerem Verkehrsaufkommen zunehmend bemerkbar.

1935 entstanden quasi als Antithese zum schweren Lokomotivzug die ersten für damalige Begriffe extrem leicht gebauten elektrischen Triebwagen. Die «roten Pfeile» der SBB und die auf der Betriebsgruppe der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS) eingesetzten «blauen Pfeile» erbrachten den Nachweis, dass moderne Triebwagen durchaus in der Lage sind, die Anforderungen der Bahnen an ein attraktives, leistungsfähiges und wirtschaftliches Fahrzeug zu erfüllen.

Im Gegensatz zu den lokomotivbespannten Zügen, die mit höchstens 100 km/h fahren durften, betrug die zulässige Höchstgeschwindigkeit der «roten Pfeile» stolze 125 km/h. Der klassischen Lokomotive war offensichtlich Konkurrenz erwachsen.

Die laufachslose Drehgestell-lokomotive hoher Leistung

1944 stellte die BLS zwei neue Schnellzugslokomotiven in Betrieb, die sich als Meilenstein im europäischen Lokomotivbau erweisen sollten. Die als Ae 4/4 bezeichnete vierachsige Drehgestellokomotive brach sowohl im mechanischen wie auch im elektrischen Teil mit der damals herrschenden Lehrmeinung der Lokomotivbauer. Die schwere Konstruktion des klassischen Lokomotivrahmens machte hier einem leichten, selbsttragenden, vollständig geschweissten Lokomotivkasten Platz. Die Drehgestelle lehnen sich konzeptionell in mehreren Punkten an jene der Leichttriebwagen an, deren gute Laufeigenschaften von Anfang an positiv aufgefallen waren.

Ein neuentwickelter, gewichtsparender Achsantrieb überträgt das Drehmoment von den im Drehgestell eingebauten Fahrmotoren auf die Achsen, die verschleissfrei gelagert sind.

Die wichtigsten Komponenten der elektrischen Traktionsausrüstung (Hauptschalter, Transformator, Hochspannungs-Stufenschalter, Fahrmotoren) wurden unter konsequenter Anwendung gewichtsparender Werkstoffe und zeitgemässer Konstruktionsprinzipien neu entwickelt. Auf diese Weise gelang es, eine

Leistung von 3000 kW in eine vierachsige, laufachslose Lokomotive von nur 80 t Gewicht zu installieren.

Die Betriebserfahrungen mit den neuen Ae 4/4-Lokomotiven der BLS waren von Beginn an hervorragend. Die hier erstmals realisierte moderne, laufachslose Drehgestellokomotive hoher Leistung wurde in der Folge zum Vorbild für sozusagen sämtliche Elektrolokomotiven, die ab 1950 in Europa entstanden.

Auch die in 120 Exemplaren beschaffte sechsachsige Gotthardlokomotive Ae 6/6 der SBB stellt im mechanischen und elektrischen Teil eine Weiterentwicklung der Ae 4/4 dar.

Lokomotiven für kurvenreiche Strecken

Ab 1946 beschafften die SBB fünfzig sogenannte Leichtschnellzugslokomotiven der Serie Re 4/4 I, die gewissermassen eine leichtere – und mit einer Leistung von nur 1900 kW auch schwächere – Variante der Ae 4/4 der BLS darstellen. Dank einer Achslast von nur 14 t sind diese Lokomotiven in der Lage, Kurven mit etwas höherer Geschwindigkeit zu befahren.

Ende der fünfziger Jahre wurden die Schnellzüge auf dem Netz der SBB aber immer länger und schwerer, und im gleichen Mass stiegen die erforderlichen Traktionsleistungen an. Die Leistung der zur Führung von Leichtschnellzügen eingesetzten Lokomotiven Re 4/4 I genügte nur noch knapp.

Es mussten Mittel und Wege gefunden werden, um auch mit einer 80 t schweren und entsprechend leistungsfähigen vierachsigen Lokomotive gleiche Geschwindigkeiten fahren zu können wie mit einer Leichtlokomotive, ohne dabei die Fahrbahn stärker zu beanspruchen.

In mehrjähriger systematischer Entwicklungsarbeit ist es der Industrie gelungen, durch konstruktive Anpassungen an den Drehgestellen dieses Ziel zu erreichen. Ein gleichzeitig von den SBB entwickeltes Verfahren machte es erstmals möglich, die Kräfte zwischen Rad und Schiene mittels spezieller Messradsätze auch in voller Fahrt direkt zu messen.

Als Früchte dieser Anstrengungen können die von 1967 bis 1980 in mehreren Serien beschafften vierachsigen Universallokomotiven Re 4/4 II und ihre mit drei zweiachsigen Drehgestellen versehenen grösseren Schwestern Re 6/6 der SBB betrachtet werden. Diese Fahrzeuge stellen den Höhepunkt der klassischen Einphasenlokomotive mit Einphasen-Reihenschlussmotoren und elektromechanischem Stufenschalter dar.

Das Vordringen der Leistungselektronik

Bis in die Mitte der 50er Jahre hatten sich weltweit zwei verschiedene Systeme der Vollbahnelektrifizierung behauptet: einerseits Gleichstrom mit Fahrdrahtspannungen von 1500 oder 3000 V, anderseits Einphasenwechselstrom niedriger Frequenz (15 bis 25 Hz) mit einer Fahrdrahtspannung von 8 bis 16 kV.

Pièce de résistance der Gleichstromlokomotiven ist der robuste Gleichstrommotor, dessen Klemmenspannung mittels Vorschaltwiderständen und Umgruppierung (Serie-/Parallelschaltung) relativ feinstufig reguliert werden kann. Der für niederfrequenten Einphasenstrom ausgelegte Einphasen-Kollektormotor ist mit dem Gleichstrommotor eng verwandt. Die Spannungsregelung geschieht hier unter Verwendung eines Stufentransformators, der die Fahrdrahtspannung auf einen den Motoren zuträglichen Wert reduziert.

5
Universallokomotive 460 (Lok 2000) der SBB, 1991 (Foto: SBB)

Die Vorteile der einfachen Gleichstromlokomotive müssen wegen der relativ niedrigen Fahrdrahtspannung mit einer schweren und teuren Fahrleitung erkauft werden. Beim Einphasensystem sind wesentlich höhere Fahrdrahtspannungen möglich, die Verwendung von Einphasen-Reihenschlussmotoren zwingt jedoch zu einer niedrigen Frequenz.

Dank des Aufkommens leistungsfähiger, verschleissloser Quecksilberdampfgleichrichter gelang 1955 den französischen Staatsbahnen die erfolgreiche Umsetzung einer schon früher immer wieder erwogenen Idee: Die Fahrleitung wird mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom mit Industriefrequenz gespeist (25 kV, 50 Hz), die dem Stufentransformator auf der Lok entnommene Sekundärspannung wird vorerst gleichgerichtet und dann den klassischen Gleichstrommotoren zugeführt. Diese Lösung machte es quasi auf einen Schlag möglich, die Systemvorteile der Einphasentraktion zu erreichen, ohne dazu ein spezielles Energieversorgungsnetz niedriger Frequenz aufbauen zu müssen.

Die Entwicklung der Leistungselektronik hat in der Folge die Traktionstechnik massgeblich geprägt. In einem ersten Schritt wurden die bereits recht zuverlässigen Quecksilberdampfgleichrichter durch neu entwickelte Leistungshalbleiter (Siliziumdioden) ersetzt. Wenige Jahre später erschienen die schaltbaren Thyristoren, die es in sinnreichen Kombinationen möglich machten, auf die unterhaltsintensiven elektromechanischen Schaltapparate für die Stufensteuerung zu verzichten. Diese technische Entwicklung wurde von den Schweizer Triebfahrzeugherstellern an vorderster Front mitgetragen. Sie hat sich innert weniger Jahre auch auf den wichtigsten Exportmärkten durchgesetzt.

Der vorläufig letzte Schritt: die Umrichterlokomotive

Mitte der achtziger Jahre wurde dank der Entwicklung der abschaltbaren sogenannten GTO-Thyristoren (gate turn-off) ein

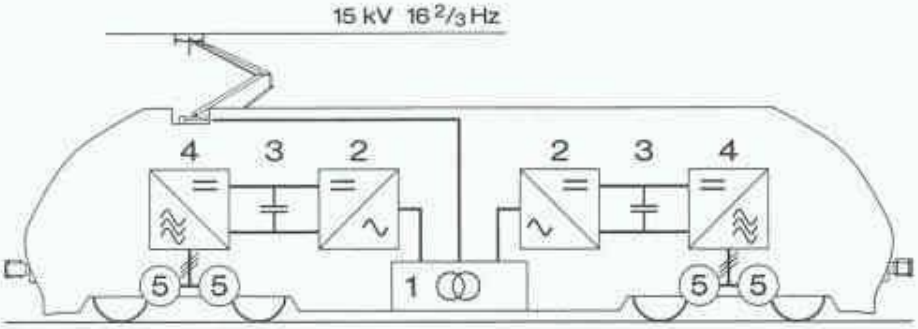
seit Jahrzehnten gehegter Traum der Lokomotivbauer Realität: Es wurde möglich, mit einer elektrischen Lokomotive sozusagen unabhängig vom jeweiligen Stromsystem einen Antrieb mit Drehstrom-Fahrmotoren zu relisieren. Zur Regelung ihrer Drehzahl und ihres Drehmoments müssen diese Motoren mit variabler Frequenz und variabler Klemmspannung gespeist werden. Diese Aufgabe übernehmen raffiniert aufgebaute Stromrichter, die die von der Fahrleitung eingespeiste Spannung vorerst in eine geregelte Gleichspannung umwandeln. Aus dem sogenannten Gleichspannungs-Zwischenkreis werden dann die Antriebsstromrichter gespeist, die ihrerseits die Drehstrom-Fahrmotoren mit Drehstrom variabler Frequenz und Spannung versorgen.

Der Einsatz von Drehstrom-Asynchronmotoren bringt im Vergleich zu den bisher verwendeten Motoren zahlreiche Vorteile: Der Asynchronmotor eignet sich für wesentlich höhere Drehzahlen und ermöglicht deshalb, die für eine bestimmte Leistung nötigen Abmessungen des Motors zu reduzieren. Der Motor hat weder einen Kollektor noch Schleifringe und erfordert somit praktisch keinen Unterhalt.

Auch zur Entwicklung der Umrichterlokomotive haben die Schweizer Industrie und die Schweizer Bahnen massgeblich beigetragen. Der damit verbundene Technologiesprung war anfänglich, wie kaum anders zu erwarten, von zeitweise auftretenden Kinderkrankheiten begleitet. Die neue Technologie verwendet in grossem Umfang Mikroprozessoren und stellt somit auch an die Software hohe Anforderungen.

Nach einer ersten Serie von acht modernen Mehrzwecklokomotiven für zwei Privatbahnen mit einer Leistung von 3,1 MW enstanden die daraus abgeleiteten 115 Lokomotiven für die Doppelstock-Pendelzüge der S-Bahn Zürich.

1991 konnten die ersten Fahrzeuge einer neuen Bauart von Hochleistungs-Universallokomotiven der Serie 460 der SBB in Betrieb genommen werden. Diese eleganten Lokomotiven mit einer installierten Leistung von 6,1 MW sind für eine Höchstgeschwindigkeit von 230 km/h ausgelegt und eignen sich sowohl für den Einsatz im Intercity- wie auch im schweren Güterverkehr. Die Lokomotive 460 zeichnet sich nicht nur im elektrischen, sondern ebenso im mechanischen Teil durch eine Reihe von technischen Innovationen aus. Diese verfolgen einerseits das Ziel, die durch den Betrieb der Lokomotive entstehenden Energie- und Unterhaltskosten so niedrig wie möglich zu halten. Anderseits setzt die Lokomotive 460 auch im Bereich der Umweltverträglichkeit neue Massstäbe. Sie ist zurzeit mit Abstand die leiseste Lokomotive Europas.



6
Funktionsprinzip einer Umrichterlokomotive (Zeichnung: SBB)
1 Transformator
2 Netzstromrichter
3 Gleichspannungs-Zwischenkreis
4 Antriebsstromrichter
5 Drehstrom-Fahrmotor

Zum Ausblick

Zum Zeitpunkt der Entstehung des Schienennetzes fiel der Eisenbahn auf dem Transportmarkt manchenorts eine Monopolstellung zu; heute stehen die Bahnen praktisch überall in einem harten Wettbewerb. Sie stellen deshalb an ihre Fahrzeuge hohe Anforderungen in bezug auf die Sicherheit, die Wirtschaftlichkeit und die Zuverlässigkeit. Diese Eigenschaften zeichnen, genauso wie geballte Kraft und Schnelligkeit, die modernen Lokomotiven aus.

Genossen früher die zahlreichen Lokomotiv- und Waggonfabriken jahrzehntelang den Status von Hoflieferanten ihrer jeweiligen nationalen Bahngesellschaften, so prägt heute auch hier der internationale Wettbewerb das Bild. Sowohl bei der Beschaffung wie auch bei der Entwicklung und Produktion anspruchsvoller Schienenfahrzeuge werden grenzüberschreitende Kooperationen immer häufiger.

Die Schweizer Bahnen und die in diesem Land tätigen Fahrzeughersteller stellen sich den zukünftigen Herausforderungen mit Zuversicht. Sie sind sich bewusst, dass die Eisenbahn eine Zukunft hat, solange sie sich weiterentwickelt.

Adresse des Verfassers:
Theo Weiss, dipl. Elektroing. ETH, Direktor Zugförderung und Werkstätten, Generaldirektion SBB, Bahnhofplatz 10B, 3030 Bern