Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 97/98 (1931)

Heft: 20

Artikel: Schweizerische Elektrolokomotiven grosser Leistung in 25 Jahren der Entwicklung

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-44688

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: 13.12.2025

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

INHALT: Schweizerische Elektrolokomotiven grosser Leistung in 25 Jahren der Entwicklung. — Reiseeindrücke aus den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. — Wettbewerb für ein Kindergarten-Schulhaus in Erlenbach (Zürich). — Korrosion und Erosion - eine Verschiebung in der Bedeutung. — Mitteilungen: Grosser Turbokompressor der Druckluft-Zentralanlage Johannesburg. Festigkeitseigenschaften kaltgewalzter Schrauben. Voltmeter mit Skalen für Effektivwert und Oberwellen-Amplitude. Wärmebehandelte Schienenenden. Eidgenössische Technische Hochschule. — Wettbewerbe: Zweite Aarebrücke in Aarau. Evangelische Kirche mit Pfarrhaus in der äussern Petersgemeinde in Basel. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 97 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 20

Schweizerische Elektrolokomotiven grosser Leistung in 25 Jahren der Entwicklung.

Von Professor Dr. W. KUMMER, Ingenieur, Zürich.

Die Eröffnung der Simplonbahn am 1. Juni 1906 ist zugleich der Zeitpunkt der Inbetriebnahme der ersten schweizerischen Elektrolokomotiven grosser Leistung. Dann weist die Entwicklung grössere Pausen auf, indem die Kollaudation der ersten Lötschberglokomotive, auf der Strecke Spiez-Frutigen, am 6. März 1911 erfolgte, die Aufnahme des elektrischen Betriebs auf der Strecke Bern-Thun mit der ersten Einphasenmaschine der S. B. B. auf den 1. April 1919 fiel. Von 1919 an kommen nun aber Jahr für Jahr zahlreiche neue Elektrolokomotiven grosser Leistung in Betrieb, insbesondere seitens der S. B. B., und in kleinerer Zahl auch seitens der Bernischen Dekretsbahnen, einschliesslich der Lötschbergbahn. Rund vierundzwanzig Jahre lang ist die Simplonbahn mit Drehstrom betrieben worden; seit etwa einem Jahr wird aber auch sie mit Einphasenstrom betrieben, wie die übrigen Linien des Schweizerischen Eisenbahnnetzes, auf denen Elektro-Lokomotiven grosser Leistung verkehren.

Ausnahmslos ist die Motorbauart der schweizerischen Elektrolokomotiven grosser Leistung die des Gestellmotors, wogegen Tatzenlagermotoren [1]) oder Achsmotoren auf solchen Lokomotiven nicht zu finden sind. Durch die Stromart der schweizerischen Bahnen ist dies durchaus begründet; Tatzenlager-Motoren und Achsmotoren eignen sich weder für grössere Drehstrom-Lokomotiven noch für grössere Einphasen-Lokomotiven, indem der erforderliche kleine Luftspalt der Drehstrommotoren einerseits, die erforderliche hohe Polzahl und Bürstenzahl der Einphasenmotoren anderseits, mit der Abfederung schwerbelasteter, mit Achsmotoren oder mit Tatzenlagermotoren versehener Triebachsen schwer vereinbar sind, bezw. im Motorwagenbetrieb und für Kleinlokomotiven, mit den entsprechend kleineren Achsbelastungen und Leistungen, gerade noch zugelassen werden können. Bei der Verwendung des Gestellmotors auf den schweiz. Elektrolokomotiven grosser Leistung hat man sich anfänglich ausnahmslos des Kuppelstangen-, bezw. des Kuppelrahmen-Getriebes als Uebertragungsmittel bedient, also einen Gruppen-Achsantrieb angeordnet, um sich schliesslich mehr und mehr dem stangenlosen Antrieb, also einem Einzel-Achsantriebe, zuzuwenden. Zur Würdigung der jeweiligen äusserst schwerwiegenden Entschlüsse über die Antriebsanordnung, bei denen der Erbauer des mechanischen Teils der Lokomotiven ausschlaggebend war, ist zu beachten, dass unter dem Zwang stark eingeschränkter Achsbelastungen, der erst in den letzten Jahren erheblich gelockert wurde, der Gruppen-Achsantrieb mittels Kuppelstangetrieben als gegeben erschien. Das Auftreten der kritischen Drehzahlen solcher Getriebe, das sich mit der Inbetriebnahme der Lötschberglokomotiven von 1913 in seiner schärfsten Form zeigte[2]), liess dann die Verwendung dieser Getriebe, trotz der grundsätzlichen Behebungsmöglichkeit der störenden Schwingungen, mehr und mehr als unerwünscht erscheinen. Interessanterweise hat das Zahnradgetriebe, das man vor 25 Jahren in Verbindung mit dem Gestellmotor nur für kleinere Leistungen, wie bei den Lokomotiven von 1899 der Burgdorf-Thun-Bahn, als zulässig erachtete, sich mehr und mehr auch für grosse Gestellmotoren als zuverlässiges Uebersetzungsorgan entwickeln lassen; ohne diese Entwicklung wäre der Einzel-Achsantrieb mittels des Gestellmotors nicht zu der Bedeutung gelangt, die er heute besitzt. Während nämlich die Zahnradgetriebe an Tatzenlagermotoren von den im Fahrbetrieb unvermeidlichen Rahmenverbiegungen der Lokomotiven unbeeinflusst bleiben, ist dies bei der Lagerung von Zahnradwellen im Rahmen, wie es bei der Gestellmotor-Bauart unvermeidlich ist, wenn man überhaupt Zahnräder anwenden will, nicht mehr möglich; es mussten deshalb Mittel und Wege gefunden werden, um den nachteiligen Einfluss der Rahmenverbiegungen, mit denen umsomehr zu rechnen ist, je mehr die Grösse und Leistung der Lokomotive wächst, auf die Arbeitsweise der Zahnräder zu beseitigen, was besonders durch federnden Aufbau der Zahnradkränze auf den tragenden Radstern möglich ist, und bei zwei zusammenarbeitenden Rädern vorteilhaft am kleineren Rade angewendet wird. Ein derart federndes Rad erwies sich weiterhin wirksam zur Bekämpfung von mancherlei Schwingungserscheinungen im Gesamtgetriebe, wozu ja auch Parallelkurbelgetriebe gehören konnten, und vielfach in der Tat auch gehörten.[3])

Bei der Entwicklung der Gestellmotoren und ihrer Getriebemechanismen für grosse Elektrolokomotiven wurden natürlich auch reiche Erfahrungen in bezug auf den Zusammenhang der Antriebsdisposition mit der Lauffähigkeit der Lokomotiven gemacht. Als Hauptergebnis ist diesbezüglich festzustellen, dass beim Einzel-Achsantrieb viel leichter eine gute Lauffähigkeit für jede wünschbare Zahl von Triebachsen hergestellt werden kann, als beim Gruppen-Achsantrieb. Bei der vor fünf Jahren erfolgten Normalisierung des Antriebsmechanismus elektrischer Schnellzugslokomotiven der S. B. B.[4]) bildete diese Tatsache zweifellos eines der wesentlichen Argumente, die den Ausschlag zu gunsten des Einzel-Achsantriebs gaben.

Nachdem wir nun dermassen die Hauptmerkmale der Entwicklung skizziert haben, schreiten wir an die Einzeldarstellung der wichtigsten Typen dieser Entwicklung, wobei wir zunächst die Lokomotiven mit Gruppen-Achsantrieben, die ja auch in historischer Betrachtungsweise voranzustellen sind, und hierauf die Lokomotiven mit Einzel-Achsantrieben betrachten.

LOKOMOTIVEN MIT GRUPPEN-ACHSANTRIEBEN.

Am Anfang der schweizerischen, und zugleich auch der gesamteuropäischen Entwicklung elektrischer Lokomotiven mit Gruppen-Achsantrieben stehen die schon erwähnten kleinen De $^2/_2$-Maschinen[5]) der Burgdorf-Thun-Bahn vom Jahre 1899. Ihr Stangenmechanismus und ihre grundsätzliche Antriebsdisposition finden sich 20 Jahre

[1]) Für diese Bauart benutzten wir in früheren Veröffentlichungen, insbesondere in der umfangreichen Studie „Entwicklung und Beschaffenheit der Triebmotoren und Triebwerke elektrischer Eisenbahnfahrzeuge", S. 245, 265, 288 von Bd. 52 (November 1908), die Bezeichnung „Vorgelegemotor", während andere Autoren sie „Tramtyp" nennen.

[2]) Die „S. B. Z." hat dieser Erscheinung und ihrem Studium vom März 1914 an ihre Spalten weit geöffnet und damit das ihrige beigetragen, um zu einer raschen Klarlegung der Erscheinung zu gelangen.

[3]) In bezug auf die Aufgabe der federnden Zahnräder der Lötschberglokomotiven von 1913 vergleiche man die Aufsätze auf S. 152 von Bd. 68 (30. Sept. 1916) und auf S. 107 von Bd. 75 (6. März 1920).

[4]) Man vergleiche Bd. 87, S. 67 (6. Februar 1926).

[5]) Wir bedienen uns für die Spezifikation hier stets der Symbole der eidg. Rollmaterial-Statistik; demnach bedeuten: Ae = elektr. Lokomotiven mit Maximalgeschwindigkeiten über 80 km/h, Be = solche von 70 bis 80 km/h, Ce = solche von 60 und 65 km/h. Die langsamer fahrenden Serien De und Ee, sowie die Schmalspur- und Spezialbahn-Serien bleiben hier ausser Betracht.

später, bei der Inangriffnahme einer Serie von Grosslokomotiven Be $^4/_6$ für den elektrischen Betrieb der Gotthardlinie, erstmals für schweiz. Grosslokomotiven benutzt. In Abb. 1 führen wir die Typenskizze dieser Gotthard-Lokomotiven vor; deren eingehende Beschreibung wurde hier seinerzeit mitgeteilt.[6]) Die zwei gelenkig verbundenen, gegen die Horizontale leicht geneigten Kuppelstangen dieses Mechanismus wurden seitens der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (S. L. M.) und der A.-G. Brown, Boveri & Cie. (BBC), die diesen Antrieb 1899 erstmals anwendeten, wenige Jahre später in die sogenannte „Schlitzkuppelstange" abgeändert, die einem Lokomotivprojekt vom Oktober 1902 für die Veltlinbahn der Rete Adriatica zugrunde gelegt wurde. Eine praktische Anwendung fand diese Antriebsdisposition aber erst 1903/04 beim Versuchsbetrieb von Seebach-Wettingen, für den die Maschinenfabrik Oerlikon (M. F. O.) erst eine und dann noch eine zweite Kleinlokomotive Ce $^4/_4$ bereit stellte. Zur Anwendung auf schweizerischen Grosslokomotiven kam diese Schlitzkuppelstange erst im Jahre 1919 und zwar für eine von S. L. M. und M. F. O. für die Gotthardlinie gebaute Probelokomotive Be $^4/_6$[7]). Eine grössere Anzahl stärkerer Lokomotiven mit dieser Antriebsart haben vom Jahre 1920 an die Bernischen Dekretsbahnen, vom Serientypus Be $^4/_6$ und Ce $^4/_6$ in Betrieb genommen[8]); in Abbildung 2 bringen wir die Typenskizze einer dieser Ce $^4/_6$-Maschinen. Nachdem 1902/03 das erste Angebot des Schlitzkuppelstangen-Antriebes seitens der Veltlinbahn keine Berücksichtigung gefunden, kehrten im März 1903 die offerierenden Firmen S. L. M. und BBC die Schlitzkuppelstange um, wobei der sog. „Dreieckrahmen" entstand; aber auch dieses Angebot wurde abgelehnt, bezw. diese Disposition wurde von anderer Seite für die Veltlinbahn (Typen 36 und 38) gebaut. Erst die 1906 für den Simplontunnel in Betrieb genommenen zwei Ae $^3/_5$-Maschinen[9]) gaben den zwei Firmen Gelegenheit, den Antrieb mittels Dreieckrahmen, durch den die Gesamtleistung zweier Gestellmotoren einer Achsgruppe zugeführt werden kann, zu verwirklichen; in Abbildung 3 ist die Typenskizze dieser Anordnung ersichtlich, wobei die Anzahl der angetriebenen Achsen gleich 3 ist, und wobei die geringe Schnelläufigkeit der verwendeten Drehstrommotoren für 16 Per/sec den Wegfall von Zahnradgetrieben ermöglichte, worauf damals noch grosses Gewicht gelegt wurde. Die Anwendung des Dreieckrahmens auf eine Gruppe von fünf Triebachsen wurde in der Lötschberglokomotive von 1913[10]) verwirklicht; die verwendeten Gestellmotoren sind hier mit Zahnrädern ausgerüstet, was bei der hohen Schnelläufigkeit der verwendeten Einphasenmotoren durchaus gegeben ist [in der bezügl. Typenskizze, Abb. 4, sind die Ritzel der Motoren nicht angegeben. Red.]; die Angst vor der Verwendung von Zahngetrieben grosser Leistung war seit 1909 wesentlich kleiner geworden, nachdem im Schiffsantrieb Dampfturbinenleistungen von 6000 PS erfolgreich durch Zahnräder übertragen werden konnten.[11]) Bei Reduktion der Anzahl der Triebachsen auf 3 hat die Verwaltung der S. B. B. diese Antriebsart zunächst in einer Probelokomotive Be $^3/_5$ und dann in der besonders oft ausgeführten Serie Ae $^3/_6$ von 1924 an benutzt[12]); die bezügliche Typenskizze ist in Abbildung 5 ersichtlich. Im Zusammenhang mit Massnahmen, die bei 4 Triebachsen eine hohe Fahrgeschwindigkeit bei guter Lauffähigkeit ergaben, wurde von den Firmen S. L. M. und BBC bei der Ausführung der Simplonlokomotiven von 1907, 1908 und 1920, total 4 Stück der Serie Ae $^4/_4$, der Dreieckrahmen in einen Viereckrahmen weiterentwickelt; eine Typenskizze dieser Lokomotiven[13]) ist in Abbildung 6 ersichtlich. Eine besonders eigenartige Weiterbildung des Dreieckrahmens wurde 1920 bis 1922 für eine grössere Anzahl von Güterzugslokomotiven der Gotthardlinie, Serie Ce $^6/_8$, ausgeführt, indem von den zwei Dreieckpunkten, die sich normal an den Kurbelzapfen von Motorwellen, bezw. Zahnradwellen befinden, der eine an den Kurbelzapfen einer „blinden", nur als Stützwelle dienenden Achse gelegt wurde; gleichzeitig wurde, wie der Typenskizze in Abbildung 7 zu entnehmen ist, die Dreieckbasis schief gestellt und in die längere der zwei ungleichen Dreieckseiten ein Gelenkpunkt zum Angriff der die Triebachsenkurbeln verbindenden Stangen eingesetzt[14]); durch die dabei gewonnene Möglichkeit, sämtliche, an das Dreieck angeschlossene Kuppelstangen rein horizontal anzuordnen, wurde erreicht, dass die Veränderung der Stangenlängen, welche beim Durchfedern des Lokomotivrahmens gegenüber den Achsen entstehen, klein bleiben, sodass Veränderungen der Kupplungsmasse ausgeschlossen sind. Mit dieser Disposition suchte man für den Antrieb dreier Triebachsen, von einer in geringer Ueberhöhung liegenden Zahnradwelle aus, einen grundsätzlich, im Hinblick auf das Federspiel zwängungsfreieren Mechanismus, als er in der Anordnung einer langen Schrägstange nach dem äussersten Triebradkurbelzapfen, seit der Ausführung der Lötschberglokomotive 1911 bekannt war[15]); die Serienbezeichnung dieser Maschinen lautet Ce $^6/_6$. Auf diese Antriebsart stützte sich bei der Elektrifizierung der S. B. B.

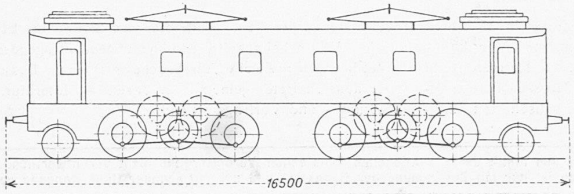

Abb. 1.

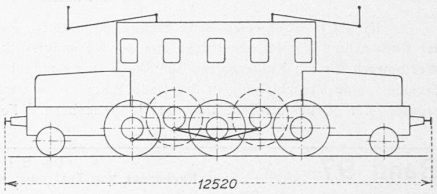

Abb. 3.

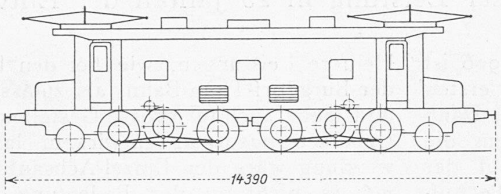

Abb. 2.

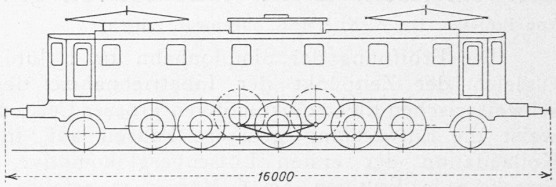

Abb. 4.

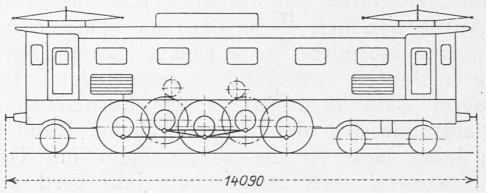

Abb. 5.

[6]) Vergleiche S. 184 von Bd. 74 (11. Oktober 1919).
[7]) Vergleiche Seite 84 von Bd. 74 (16. August 1919).
[8]) Vergleiche Seite 83 von Bd. 76 (21. August 1920).
[9]) Vergl. S. 233 von Bd. 54 (23. Oktober 1909).
[10]) Vergl. S. 22, 29 und 50 von Bd. 63 (Januar 1914).
[11]) Vergl. S. 215 von Bd. 55 (16. April 1910).
[12]) Vergl. S. 277 und 290 von Bd. 85 (Mai und Juni 1925).
[13]) Vergl. S. 233 von Bd. 54 (23. Okt. 1909).
[14]) Vergl S. 229 und 237 von Bd. 75 (Mai 1920).
[15]) Vergl. S. 89 von Bd. 57 (18. Februar 1911). Die betreffende Maschine wird seit einigen Jahren im elektrischen Betriebe der Bern-Neuenburg-Bahn (Direkte) verwendet.

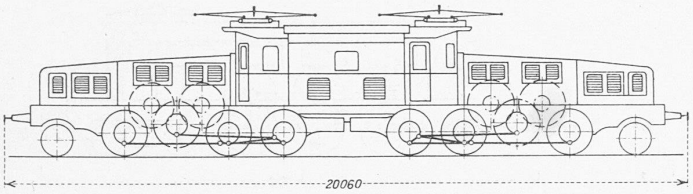

Abb. 7.

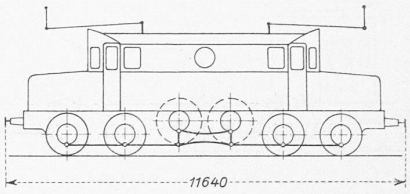

Abb. 6.

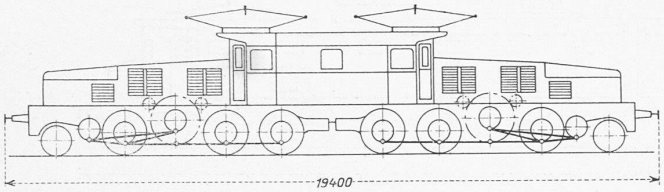

Abb. 8.

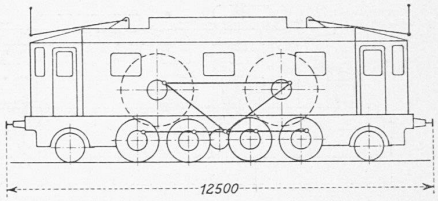

Abb. 9.

zunächst eine Probelokomotive, die 1919/20 für die Gotthardlinie als Ce $^6/_8$ gebaut wurde[16]), worauf man dann der Bauart nach Abbildung 7 den Vorzug gab, um schliesslich doch wiederum auf die Schrägstange zurückzugreifen, wobei die in Abbildung 8 durch eine Typenskizze veranschaulichte, zur Zeit die durch die stärkste Stückzahl vertretene Variante der Reihe Ce $^6/_8$ entstanden ist.[17]) Während die Probelokomotive Ce $^6/_8$ durch BBC die elektrische Ausrüstung erhielt, sind die Serienausführungen von Ce $^6/_8$, und zwar sowohl jene nach Abbildung 7, als auch jene nach Abbildung 8, durch die M. F. O. elektrisch ausgerüstet worden; beide Serien-Ausführungsformen (Abb. 7 und 8) haben sich übrigens vorzüglich bewährt.

Alle bisher betrachteten Gruppen-Achsantriebe weisen eine nur geringe Ueberhöhung der Wellenmitten der Antriebmotoren, bezw. der grossen Zahnräder, gegenüber den Mitten der Triebachsen auf. Vor rund zwanzig Jahren hatten ausländische Konstrukteure, insbesondere die Projektabteilungen der General Electric Co., Schenectady, und der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, Kuppelstangen-Getriebe mit starker Ueberhöhung der Motorwellen, bezw. Zahnradwellen gegenüber den Triebachsen geschaffen, wobei teils Schrägstangen, teils Vertikalstangen, auf eine oder auf zwei Blindwellen, die sich in gleicher Höhe wie die Triebachsen befinden, übertragen. Ein solcher Antrieb ist in der Schweiz für Normalbahnbetrieb nur in einem einzigen Ausführungsexemplar, zudem ausländischer Provenienz[18]), zu finden, dagegen in mehreren Exemplaren auf den Linien der „Rhätischen Bahn" bei Schmalspur, d. h. also für Lokomotivtypen, die ausserhalb der vorliegenden Betrachtung liegen. Durch B. B. C. ist der vorhin betrachtete normale Dreieckrahmen auf verhältnismässig grosse Höhe gebracht worden und damit ein weiteres, der Erreichung einer starken Ueberhöhung der Motorwellen, bezw. Zahnradwellen, gegenüber den Triebachsen dienendes Getriebeelement geschaffen worden. Durch Weglassen der obern, horizontalen Dreieckseite hat dann die genannte Firma den Dreieckantrieb in einen Zweistangenantrieb übergeführt. Im Lokomotivpark der Simplonlinie findet sich ein, in Abbildung 9 durch die Typenskizze gezeigtes, vereinzeltes Ausführungsexemplar dieser Antriebsart, eine Drehstrom-Lokomotive Ce $^4/_6$, die von der Schweizerischen Landesausstellung, Bern 1914, her allgemein bekannt ist[19]); der ursprünglich benutzte Zweistangenantrieb musste aber nachträglich durch eine Dreieckstange ersetzt werden. Die selbe Erfahrung musste auch an einer Lokomotive der „Rhätischen Bahn" gemacht werden, die ebenfalls ein Objekt der Ausstellung von 1914 gebildet hatte.[20]) Man geht wohl kaum fehl, wenn man die Anwendung von Kuppelstangengetrieben für starke Ueberhöhung der Achsen als einen heute ziemlich allgemein überwundenen Standpunkt bezeichnet.

[16]) Abgebildet auf Seite 214 (Abb. 3) von Bd. 71 (18. Mai 1918).

[17]) Vergl. S. 255 von Bd. 90 (12. Nov. 1927).

[18]) Es handelt sich um eine S. B. B.-Lokomotive Ce $^6/_6$, die von Maffei, München, und von den Siemens-Schuckertwerken, Berlin, gebaut und 1919 angeschafft wurde.

[19]) Vergl. S. 123 von Bd. 66 (11. September 1915).

[20]) Vergl. S. 249 von Bd. 79 (20. Mai 1922).

LOKOMOTIVEN MIT EINZEL-ACHSANTRIEBEN.

Für die Entwicklung des Einzel-Achsantriebs mittels Gestellmotoren ist die massgebende Pionierarbeit seitens der „New York, New Haven and Hartford Rd.", in Verbindung mit der Westinghouse Co., geleistet worden.[1]) Das besondere technische Problem, das dabei zu lösen war, betrifft die betriebsichere Anordnung einer Verzahnungsübertragung zwischen einer im Fahrzeugrahmen festliegenden Motorwelle (eventuell einer ersten Vorgelegewelle) und einer dem Federspiel unterworfenen Triebachse; das von der Bauart der Achsmotoren her bekannte Hülfsmittel einer Hohlwelle rund um die Triebradachse, mit der sie federnd verbunden ist, brachte die Lösung, indem das letzte Uebertragungs-Zahnrad auf diese Hohlwelle aufgebaut wird. Durch die Ausbildung des Gestellmotors als Zwillingsmotor, wie dies 1912 seitens der Westingshouse Co. erstmals verwirklicht wurde[2]), kann eine grössere Uesersetzung des Getriebes herbeigeführt werden. Diese Anordnung wurde nun seitens der Soc. An. des Ateliers de Sécheron, Genf, für S. B. B.-Lokomotiven benutzt, deren Ablieferung im Jahre 1922 beginnt[3]). Es handelt sich um Serien Ae $^3/_5$ und Be $^4/_7$, von denen wir die zweite durch eine Typenskizze in Abbildung 10 vorführen. Nach der selben Anordnung erfolgte von 1925 an auch noch die Lieferung einer Serie Ae $^3/_6$ an die S. B. B. und im Jahre 1926 die Lieferung zweier besonders leistungsfähiger Maschinen Be $^6/_8$ an die Lötschbergbahn.[4])

Im Jahre 1916 begannen die Arbeiten schweizerischer Erfinder von Einzel-Achsantrieben mittels Gestellmotoren, die schon im Jahre 1919 zu praktisch brauchbaren Resultaten führten. Zunächst durch Ingenieur O. Tschanz (Schweizer. Patent 72442), und sodann durch Ingenieur J. Buchli (Schweiz. Patent 75208) ist je ein bezüglicher Vorschlag bekannt geworden, die dann aber gleichzeitig zur praktischen Erprobung[5]) im Jahre 1918 gelangten. In der Folge wurde seitens der S. B. B. dem Buchli-Antrieb der Vorzug gegeben, da er leichter und einfacher als der Tschanz-Antrieb befunden wurde.[6]) Auf Grund des Buchli-Antriebs ist dann auch 1926 die oben bereits erwähnte Normalisierung des Antriebsmechanismus elektrischer Schnell-

[1]) Vergl. S. 97 von Bd. 67 (19. Februar 1916).

[2]) Vergl. S. 327 von Bd. 59 (15. Juni 1912)

[3]) Vergl. S. 97 von Bd. 80 (26. August 1922) und S. 270 von Bd. 81 (2. Juni 1923).

[4]) Vergl. S. 162 (Abb. 19) und 165 von Bd. 86 (26. Sept. 1925), sowie S. 221 von Bd. 89 (23. April 1927).

[5]) Vergl. die Notiz „Elektrifizierung der Gotthardbahn", auf S. 82 von Bd. 70 (18. August 1917).

[6]) Vergl. die Korrespondenz auf S. 136, Bd. 87 (6. März 1926).

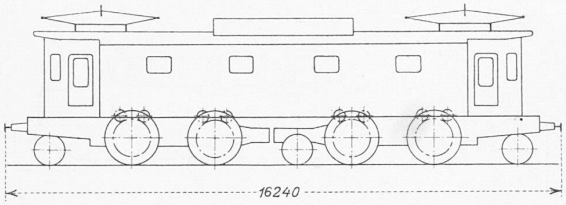

Abb. 10.

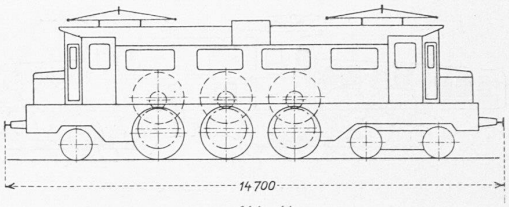

Abb. 11.

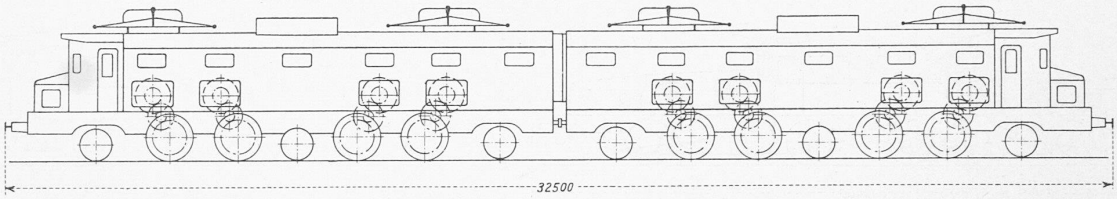

Abb. 12.

zugslokomotiven der S. B. B. erfolgt. Die Belieferung der S. B. B. mit Lokomotiven, die durch den Buchli-Antrieb (auch als BBC-Antrieb bezeichnet) bedient werden, beginnt im Jahre 1921 mit Ae $^3/_6$-Lokomotiven, die wir in Abbildung 11 durch eine Typenskizze vorführen[7]), und 1927 mit Ae $^4/_7$-Lokomotiven der normalisierten Serien.[8]) Der genannte Antrieb dient endlich für eine der zwei im Bau befindlichen Grösstlokomotiven der S. B. B., Serie Ae $^8/_{14}$ mit 24 800 kg Dauerzugkraft bei 66 km/h Fahrgeschwindigkeit. In Konkurrenz mit dieser von BBC und S. L. M. ausgerüsteten Maschine wird aber eine solche gleicher Leistung von M. F. O. und S. L. M. ausgerüstet[9]), bei der der neueste Einzelachsantrieb schweizerischer Provenienz, jener der S. L. M.[10]) zur Anwendung gelangt. Diese letzgenannte Maschine führen wir in Abbildung 12 als Typenskizze vor. Die Anwendung einer doppelten Zahnrad-Uebersetzung, wie sie übrigens auch schon im Tschanz-Antrieb zu finden war, macht den bezüglichen Antrieb insofern zu einem „universalen", als sie erlaubt, einen gegebenen Elektromotor für einen beliebigen Lokomotivtyp unverändert immer wieder zu verwenden; es ist einfach, je nach der grössern oder kleinern Geschwindigkeitsnorm der Lokomotive, eine andere Gesamtübersetzung der Zahnräder zu wählen. Der Gestellmotor mit nur einfacher Räderübersetzung kann zufolge der aus Raumgründen eng begrenzten Uebersetzungsmöglichkeit nicht universal dienen; um ihm ein wenig mehr Freiheit im Uebersetzungsverhältnis zu verschaffen, erfand die Westinghouse Co. den Zwillingsmotor, während Buchli in seinem Antriebsmechanismus eine kleine Ueberholung der grossen Zahnradmitte gegenüber der Triebradmitte anordnete, wie es in Abbildung 11 übrigens ersichtlich ist. Die Ausführung von Höchstleistungslokomotiven gleicher Fahrordnung, mit dem Buchli-Antrieb einerseits, mit dem S. L. M.-Antrieb anderseits, verspricht ausserordentlich wertvolle Erfahrungen über die Grenzen der Eignung einer jeden der beiden Antriebsanordnungen.

[7]) Vergl. S. 13 von Bd. 70 (8. Juli 1922).
[8]) Vergl. S. 341 von Bd. 89 (25. Juni 1927).
[9]) Vergl. S. 108 von Bd. 95 (22. Februar 1930).
[10]) Vergl. S. 294 von Bd. 90 (3. Dezember 1927).

Daten über die dargestellten Lokomotiven und Triebwerke.

Abbildungen	Daten über die Lokomotiven (Für Abb. 1 bis 11 aus der Eidg. Statistik)					Daten über die Triebwerke			
	Serienbezeichnung	Im Dienste der	Gesamte Motorleistung PS	Totalgewicht t	Adhäsionsgewicht t	Getr. Achsgruppe	Uebersetzung der Zahnräder	Ueberhöhendes Parallelkurbelgetriebe, gekennzeichnet durch	Jahrgang und Ort der ersten Anwendung
1	Be $^4/_6$	S. B. B. 1919	1920	107,2	78,4	B	1 : 3,47	Zwei kurze Schrägstangen	1899 Burgdorf-Thun
2	Ce $^4/_6$	B. L. S. 1920	1060	69,9	49,7	B	1 : 3,78	Schlitzkuppelstange	1904 Seebach-Wettingen
3	Ae $^3/_5$	S. B. B. 1906	900	62,0	44,0	C	—	Dreieckrahmen	1904 Valtellina
4	Be $^5/_7$	B L. S. 1913	2500	105,3	83,3	E	1 : 2,23	Dreieckrahmen	1913 Lötschberg
5	Ae $^3/_6$	S. B. B. 1924	2000	99,9	56,5	C	1 : 2,22	Dreieckrahmen	1919 Probelokom S.B.B.
6	Ae $^4/_4$	S. B. B. 1907	1700	69,0	69,0	D	—	Viereckrahmen	1907 Simplon
7	Ce $^6/_8$	S. B. B. 1920	2240	128,0	103,9	C	1 : 4,03	Dreieckrahmen, schräg, mit Blindwelle	1920 Gotthard
8	Ce $^6/_8$	S. B. B. 1926	2460	130,9	108,4	C	1 : 4,03	Eine lange Schrägstange	1911 Spiez-Frutigen
9	Ce $^4/_6$	S. B. B. 1914	2800	90,8	72,2	D	—	Zweistangenantrieb bezw. hoher Dreieckrahmen	1914 Simplon
10	Be $^4/_7$	S. B. B. 1922	2400	110,5	73,9	A	1 : 5,7	—	1912 Amerika
11	Ae $^3/_6$	S. B. B. 1921	1890	92,3	55,3	A	1 : 2,57	—	1919 Probelokom. S.B.B.
12	Ae $^8/_{14}$	S. B. B. im Bau	7200	234,0	156,0	A	doppelt	—	1927 S. L. M. für Indien

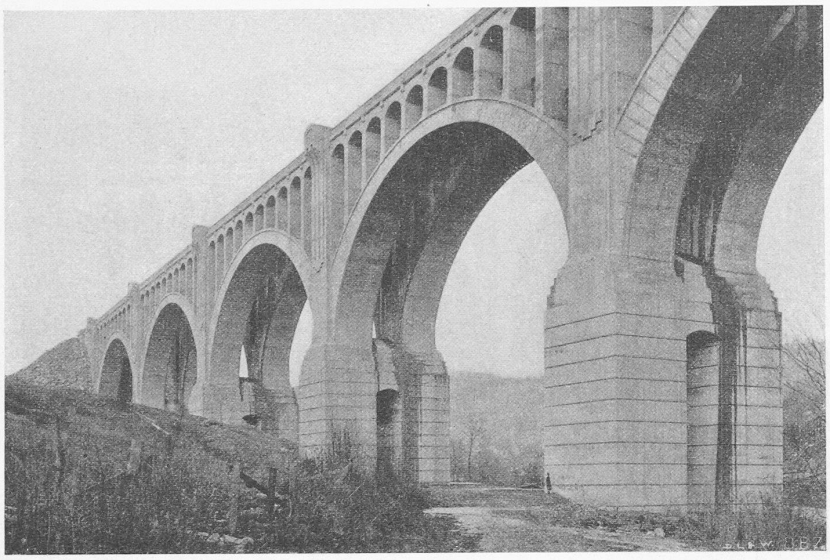

Abb. 29. Martinsbreek Viadukt im Westen von Scranton, Pa.

In zusammenfassender Weise gibt die nebenstehende Tabelle die wichtigsten Daten über die behandelten zwölf Typenskizzen und die ihnen zugrunde liegenden Triebwerke.

Die in Bild und Wort dargestellten zwölf grossen Maschinen dürften die Entwicklung schweizerischer Elektro-Lokomotiven grosser Leistung von 1906 bis 1931 in ihren Hauptmerkmalen klar zum Ausdruck bringen. Dass bei der erstmaligen Anwendung gewisser Ausführungsformen von Triebwerken und Laufgestellen etwa auch unerwartete Schwierigkeiten auftraten, dass dieser oder jener erstmals gebaute Elektromotor, Transformator oder Schalter nicht eine sofortige volle Lösung bedeuteten, führte etwa zu gewissen Ersatzlieferungen, die für die Ersteller mit einer finanziellen Enttäuschung verbunden war. Im ganzen und grossen aber sind die rund 450, heute im Dienst stehenden, grossen Elektrolokomotiven der schweiz. Eisenbahnen ohne eigentliche Verluste an schweizerischem Nationalvermögen in technisch reife Formen gebracht worden. Niemals hat es in der Elektrifikationsperiode der schweiz. Eisenbahnen Maschinendepots gegeben, für die die Bezeichnung „Lokomotivfriedhöfe" hätte angewendet werden dürfen.

Reiseeindrücke aus den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika.

Von Dipl. Ing. A. J. BÜHLER, Sekt.-Chef für Brückenbau der S. B. B., Bern

(Fortsetzung von Seite 220.)

III. AUSBAU DER EISENBAHNSTRECKEN.

Hier kommt die im allgemeinen gute Finanzlage der Bahnen zum Ausdruck und der Wille zum Durchhalten gegen die Automobilkonkurrenz, was sich ferner in einer steten Verbesserung der Geleise-, Brücken- und Signalanlagen äussert. Von den 15000 Kreuzungen der Eisenbahnen unter sich sind die Hälfte bewacht. Aber auch sonst sind die amerikanischen Bahnen darauf bedacht, ihre Leistungsfähigkeit tunlichst zu heben. Grosse Steigungen und Gefälle werden ausgemerzt, sei es durch Bau neuer Strecken oder durch Vergrösserung der Dämme und Einschnitte, sei es durch die Anlage von Tunneln. Scharfe Kurven werden gemildert und der Oberbau stetig verstärkt. Bekannt sind besonders die betr. Bauten der sehr gut geführten Delaware, Lackawanna & Western Bahn, die auch grosse Brückenbauten in sich schliessen (Abb. 29, 30, 31).

Viele Bahnstrecken, die nicht rentieren, werden stillgelegt, selbst elektrische Vorortbahnen sind durch *Automobil-Betriebe* ersetzt worden. Mancherorts trifft man solche abgestorbenen Linien, auf denen nur noch die Schwellen liegen. Auf den stärker befahrenen Bahnen sind seit zwei Jahrzehnten bereits Schlagschotterbette angeordnet, in der Weise, dass der Schlagschotter einfach auf die alte Bettung aufgebracht wurde. Der Schlagschotter wird nach dem Brechen gewaschen, wenn Staubbildung zu befürchten ist. Bei schwerem Verkehr gilt jetzt als Regel, dass die Schottertiefe mindestens gleich dem lichten Schwellenabstand sein soll, damit die Achsdrücke gleichmässig auf den Untergrund verteilt werden; dies ergibt mindestens 30 cm Schotterstärke unter der Schwelle. Wenn das Dammaterial nicht gut ist, wird unter dem Schlagschotter eine ebenso tiefe Lage aus Schlacken angeordnet. Solchermassen umgebaute Strecken sollen unter Frostbeulen nicht mehr leiden. Für den Unterbau verschieden wichtiger Linien hat die American Railway Engineering Association sehr klare und einfache Regeln aufgestellt.

Erwähnenswert ist noch eine Versuchstrecke der Père-Marquette-Bahn, die eine Eisenbetonplatte als Unterbau verwendet; dieser wurde kürzlich noch durch einen zweiten Versuchstyp ergänzt (Abb. 32). In neuern Bahnhöfen wird das Geleise ebenfalls auf Betonplatten befestigt, was den Anlagen ein sehr sauberes Aussehen gibt.

Die Schienen sind durch die gleiche Vereinigung normiert worden, obschon einzelne Bahnen eigene Typen haben. Bei schwer belasteten Linien beträgt das Schienengewicht 67 kg/m, doch sind noch schwerere Schienen von 74 kg/m bereits verlegt oder in Aussicht genommen. Die Hälfte der Strecken haben Schienen von 44,5 kg/m und ein Viertel mehr als 49,4 kg/m. Ein neuer sehr wirtschaftlicher Typ, der eine um 20 % grössere Liegedauer und Widerstandsfähigkeit, auch gegen Abnützung aufweist, ist die „headfree"-Schiene.[1]) Die Schienen werden, entgegen andern Berichten, wie bei uns, im allgemeinen um 1/20 bis 1/44 nach innen geneigt.

Vielfach sind automatische Schienenöler in Gebrauch, um die seitliche Abnützung der Schienen zu verringern, und zwar bei kurvenreichern Strecken in Abständen von 4,5 bis 8 km. Ebenso werden Stösse und Unterlagsplatten jährlich mit Oel bespritzt, um die Abnützung zu verringern; hierfür werden besondere Spritzwagen gebraucht. Die Schienen sind eher kurz; die Normallänge beträgt jetzt 11,9 m, obschon auch längere Schienen von 13,7 bis 20,1 m verwendet werden.

Um die äusserst betriebsgefährlichen, versteckten Schienenbrüche aufzufinden, werden die Geleise mit dem Sperryschen Detector geprüft, der nicht nur äussere, sondern auch innere Brüche anzeigt; diese Untersuchungsmethode dürfte ausserordentlich wichtig werden. Es sind schon tausende von Kilometern Streckengeleise mit Erfolg auf versteckte Brüche untersucht worden.

Die Schienenstösse sind versetzt angeordnet; die bei uns kleinlich anmutende Ausgleichung von Längendifferenzen entfällt, und die Canadischen Bahnen legen seit 1896 die Stösse dorthin, wo sie eben fallen (hit and miss). Sie erachten die aus gegenüberliegenden Stössen entstehenden heftigen Schlagwirkungen (jumping) für gefährlicher, als die bei Wechselstössen entstehenden wiegenden Bewegungen (rolling) der Fahrzeuge. Was in Europa als neue Erkenntnis angesehen wird, die Weglassung einer Spurerweiterung in Kurven, ist bei den amerikanischen Bahnen bis zum Halbmesser von 218 m herab längst üblich. Von da an wird für Halbmesserabnahmen von 24 bis 40 m je 4 mm Spurerweiterung zugegeben. Die innere Schiene wird in den Kurven nicht um die halbe Ueberhöhung gesenkt, sondern in gleichbleibender Höhe weitergeführt. Die Länge der Uebergangskurven wird zu 0,9 bis 1,0 mal die Geschwindigkeit

[1]) Das Profil gleicht dem für die Strub'sche Zahnstange verwendeten.