

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	77/78 (1921)
Heft:	5
Artikel:	Wirtschaftliche und konstruktive Gesichtspunkte im Bau neuerer Gross-Elektrolokomotiven
Autor:	Laternser, Alb.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-37215

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: 08.01.2026

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

INHALT: Wirtschaftliche und konstruktive Gesichtspunkte im Bau neuerer Gross-Elektrolokomotiven. — Die stereoautogrammetrische Geländebeleuchtung. — Ideen-Wettbewerb für den Wiederaufbau des „Temple National“ in La Chaux-de-Fonds. — Zur Elektrifizierung der Schweizer Bundesbahnen. — † Alfred Schmid. — Miscellanea: Eidgenössische Technische Hochschule. Die elektrische Zugförderung in Italien.

Museum der schönen Künste in Löwen. Société des Ingénieurs civils de France. Die Talsperre im Quais bei Goldentraum. Das Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Schweizerischer Chemiker-Verband. Institut für Röntgenforschung. — Nekrologie: G. Colombo. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Solothurnischer Ing.- und Arch.-Verein. Bernischer Ing.- und Arch.-Verein. Stellenvermittlung.

Band 77.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 5.

Wirtschaftliche u. konstruktive Gesichtspunkte im Bau neuerer Gross-Elektrolokomotiven.

Von Ing. Alb. Laternser in Zürich.

In jüngster Zeit hat sich der Lokomotivpark der mit Gleichstrom von 3000 Volt elektrifizierten „Chicago-Milwaukee and St. Paul-Ry“ in den Vereinigten Staaten von Nordamerika um zwei neue, sehr beachtenswerte Ausführungen vermehrt. Nachdem der seitens der General Electric Co. anfänglich gelieferte, in Abb. 1 (S. 50) dargestellte Lokomotivtyp¹⁾ mit einfachen, teilweise unabgedeckten Vorgelegemotoren (Tramtyp) für Schnellzugsdienst nicht befriedigte, hat diese Firma neuerdings auf ihre alte Lokomotiv-Konstruktion für die New York Central Railroad zurückgegriffen und für den Schnellzugsdienst der ersterwähnten Bahn einen Typ mit langsam laufenden Achsmotoren beigestellt, der hier in Abb. 2 wiedergegeben ist.²⁾ Die Westinghouse Electric and Manufacturing Co. ihrerseits lieferte im Wettbewerb für den gleichen Dienst ebenfalls Lokomotiven (Abbildung 3), aber nach ihrer bekannten Bauart mit raschlaufenden, hochgelagerten Vorgelegemotoren in Form von Doppelmotoren in Verbindung mit Hohlwelle und elastischer Kupplung zwischen Trieb- und Hohlwelle²⁾.

Die Ausschaltung des einfachen und teilweise unabgedeckten Vorgelegemotors für den Schnellzugsdienst obiger Bahn mit Geschwindigkeiten bis 100 km/h wird begründet mit der zu starken Beanspruchung des Geleises. Es ist dies nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass bei der für Schnellzuglokomotiven sehr tiefen Schwerpunktlage und dem verwendeten Schienentyp von 42,5 bis 45 kg/m bei rd. 600 mm mittlerer Schwellendistanz Triebachsdrücke von rund 25 t auftreten, wovon 7,4 t oder rund 30 % als unabgedeckt angegeben werden. Ein merklich geändertes Bild ergibt in dieser Beziehung der neue Schnellzugtyp der General Electric Co. (Abbildung 2) mit nur 17,3 t Triebachsdruck, wovon nur mehr 4,35 t oder rd. 25 % unabgedeckt bleiben. Dieser Lokomotivtyp wird auch insofern als bemerkenswert hingestellt, als der Wirkungsgrad bei hohen und höchsten Geschwindigkeiten seinen normalen Wert beibehalten soll, im Gegensatz zu der Zahnrad-Lokomotive, wo der Wirkungsgrad mit höheren Geschwindigkeiten in merklichem Masse abfällt. Die tiefe Schwerpunktage, auf deren Hebung der europäische Lokomotivbauer bisher grosses Gewicht gelegt hat, bleibt allerdings bestehen. Nach europäischen Begriffen würde gerade infolge dieses Umstandes dieser Typ den ihm beigelegten Namen „Speed King“ kaum verdienen.³⁾ Besser entspricht diesem europäischen Grundsatz die Westinghouse-Lokomotive (Abbildung 3), bei welcher der Schwerpunkt infolge grösserer Räder und der Motorlagerung ziemlich hoch liegt. Diese Lokomotive ist noch insofern gegenüber Abb. 2 im Vorteil, als das unabgedeckte Gewicht hier pro Triebachse noch kleiner ist, nämlich 3,3 t oder rund 13 % des nun allerdings wieder hohen Triebachsdruckes von 25 t. Dieser ist indessen teilweise wiederum eine Folge der grösseren Leistung.

Wie man aus der Gegenüberstellung dieser beiden letzten Erscheinungen des amerikanischen Elektrolokomotiv-Baues ersieht, bestehen auch die scheinbar besten Lösungen

immer noch aus einer Reihe von Kompromissen, sodass man eigentlich nur von subjektiv besten Lösungen reden kann, je nachdem man diesem oder jenem Umstande mehr oder weniger Bedeutung zusisst. Die beiden massgebenden amerikanischen Firmen scheinen gerade hierin sehr verschiedener Meinung zu sein, und zwar jede Partei mit guten Gründen. Wir erinnern nur daran, dass, wie bereits angedeutet, der „Gearless Typ“ der General Electric Co. bei der New York Central Railroad¹⁾ sich zweifellos gut eingeführt und anderseits der „Geared Typ“ der Westinghouse Co. in langjähriger Verwendung auf der New York, New Haven and Hartford R. R.²⁾ ebenfalls genügend Beweise zweckentsprechender Konstruktion abgelegt hat.

Aber nicht allein um den bestgeeigneten Schnellzugtyp geht der Kampf der amerikanischen Fachwelt, sondern auch um den zweckmässigsten Güterzugtyp. Auch hierin ist dem „Geared Typ“ der General Electric Co. (Abbildung 1) ein erfolgreicher Konkurrent erstanden in dem mit Zahnrad gemischten Kuppelstangentyp der Westinghouse El. & Mfg. Co., den Abbildung 4 zeigt. Dieser Typ wurde für die mit Einphasenstrom von 11000 Volt und 25 Perioden elektrifizierte Pennsylvania R. R.³⁾ gebaut und übertrifft an Leistungsfähigkeit sogar die drei vorgenannten. Es ist eine sogenannte Phasenspalter-Lokomotive, die den Fahrstrom als Einphasenstrom der Fahrleitung entnimmt und, nach seiner Umwandlung in Drehstrom, Triebmotoren dieser Stromart zuführt. Auch diese Lokomotive wurde nichts weniger als ein Fehlschlag hingestellt und hat auch wieder erprobte Vorgängerinnen in den Lokomotiven der Norfolk & Western Ry. In Verbindung mit einem andern Antriebsystem tritt hier aber auch noch eine andere Stromart in den Wettbewerb, womit die Frage des Stromsystems berührt wird.

Mit diesem Lokomotivtyp ist die Brücke gefunden zu europäischen Ausführungen, die gleich wie jener bis jetzt vorzugsweise reinen oder mit Zahnrad gemischten Kuppelstangenantrieb verwenden, im Stromsystem indessen das reine System bevorzugen, also entweder den reinen Einphasenstrom für 15000 Volt, 16 $\frac{2}{3}$ Perioden wie in der Schweiz, Deutschland, Skandinavien und Oesterreich, oder den reinen Drehstrom 3000 Volt, 16 $\frac{2}{3}$ Perioden wie in Italien.⁴⁾ Das Gleichstromsystem weist in Europa bis heute noch keine bemerkenswerteren Typen auf, die zu einem Vergleich herangezogen werden könnten; sie würden übrigens neben den amerikanischen Ausführungen kein neues Moment liefern.

Als europäische Vertreter in obigem Sinne soll hier einerseits der 1 C + C 1 Typ der Schweizerischen Bundesbahnen⁵⁾ für hochgespannten Einphasenstrom von 15000 Volt, 16 $\frac{2}{3}$ Perioden, anderseits der 2 C 2 Typ Gr. E 332 der italienischen Staatsbahnen für Drehstrom 3000 Volt, 16 $\frac{2}{3}$ Perioden zu dem beabsichtigten Vergleich herangezogen werden. Diese beiden von der Maschinenfabrik Oerlikon erstellten Typen stellen gleichzeitig die leistungsfähigsten europäischen Vertreter dar und fügen sich insofern zwangslässig in einen Vergleich mit den amerikanischen Kollegen ein, als sie ebenfalls für Rekuperationsbremsung eingerichtet sind, ein Umstand, der bei den ersterwähnten amerikanischen Lokomotiven von den Erbauern besonders hervorgehoben wird. Entsprechend den europäischen Verhältnissen reichen diese Lokomotiven bezüglich Leistungs-

¹⁾ Vergl. Bd. LXV, Seite 66 (6. Februar 1915), sowie Bd. LXIX, Seite 8 (6. Januar 1917). *Red.*

²⁾ Vergl. Bd. LXXIII, Seite 50 (1. Februar 1919). *Red.*

³⁾ Wie ich nachträglich von unrichteter Seite vernehme, ist auch dieser Typ bereits wieder aus dem Schnellzugdienst herausgezogen worden, da er das Geleise, trotz automatisch wirkender Vorkehrungen zur Verkleinerung des Seitenstosses in Kurven, zu stark hernahm.

A. L.

¹⁾ Vergl. Bd. LII, Seite 248 (7. November 1908), sowie Bd. LXIV, Seite 122 (5. September 1914). *Red.*

²⁾ Vergl. Bd. LXVII, Seite 98 (19. Februar 1916). *Red.*

³⁾ Vergl. Bd. LXXI, Seite 142 (23. März 1918). *Red.*

⁴⁾ Vergl. Miscellanea-Notiz auf Seite 58. *Red.*

⁵⁾ Vergl. Bd. LXXV, S. 229 u. 237 (22./29. Mai 1920). *Red.*

fähigkeit indessen bei weitem nicht an die amerikanischen heran, was aber nur bedeutet, dass sie für den Vergleich ungünstiger gestellt sind, denn grosse Lokomotiven werden verhältnismässig leichter als kleinere.

Um den beabsichtigten Vergleich anstellen zu können, müssen wir zunächst einen neuen Begriff einführen, den einer Ausnützungsziffer, bezogen auf eine verhältnismässige virtuelle Leistung der betreffenden Lokomotive. Unter den Vergleichsobjekten befinden sich nämlich: Zwei ausgesprochene Güterzuglokomotiven (Abb. 1 u. 4); eine Lokomotive für gemischten Güter- und Personenzugdienst (Abb. 5); zwei Lokomotiven für gemischten Personen- und Schnellzugdienst (Abb. 2 u. 3) und eine Lokomotive für ausgesprochenen Schnellzugdienst (Abb. 6).

Diese verschiedenen Zwecken dienenden Lokomotiven etwa nach ihrem Gewicht pro Einheit-, Stunden- oder Dauerleistung zu beurteilen, ist nicht angängig und würde zu falschen Schlüssen führen. Richtig ist diese Methode nur bei Lokomotiven, die gleichen Bedingungen entsprechen. Für das Gewicht einer Elektrolokomotive ausschlaggebend ist wie bekannt neben der normalen Leistung auch der Geschwindigkeitsbereich der Lokomotive, da raschlaufende Motoren ja kleiner ausfallen als langsamlaufende. Je höher also die maximale Geschwindigkeit, umso niedriger ist die der normalen Geschwindigkeit, bezw. der normalen Leistung entsprechende Drehzahl und umso schlechter ist der Motor normal ausgenützt. Der zweipolige Achsmotortyp der General Electric Co. ist aus diesem Grunde nur baufähig, weil er einerseits ausschliesslich für Schnellzuglokomotiven gebaut wird und anderseits mit kleinen Triebrädern kombiniert wird (1117 mm ϕ für Geschwindigkeiten bis 100 km/h).

Es bedeute

L_v die virtuelle Leistung des elektrischen Teiles; x der Gewichtsanteil der Triebmotoren am elektrischen Teil; v_m die maximale Fahrgeschwindigkeit der Lokomotive; v_n die normale Fahrgeschwindigkeit der Lokomotive (für Normalleistung).

Die benötigte Ausnützungsziffer ergibt sich dann aus den Ansätzen:

$$L'_v = L \frac{v_m}{v_n} \cdot x \text{ für die Triebmotoren} \quad (1)$$

$$L''_v = L (1 - x) \text{ für die übrige elektrische Ausrüstung,} \quad (2)$$

woraus

$$L_v = L'_v + L''_v = L \left(\frac{v_m}{v_n} x + (1 - x) \right) \quad (3)$$

Der Wert x schwankt für die verschiedenen Systeme von rund 0,35 bis 0,65. Nehmen wir im Mittel $x = 0,5$ an, so reduziert sich die Formel auf

$$L_v \cong \frac{L}{2} \left(\frac{v_m}{v_n} + 1 \right) \quad (4)$$

Für $v_m = v_n$ ist $L_v \sim L$

" $v_m = 1,5 v_n$ " $L_v \sim 1,25 L$

" $v_m = 2 v_n$ " $L_v \sim 1,50 L$

d. h. für die beispielsweise angeführten Geschwindigkeitsbereiche wird die virtuelle Leistung gleich, bezw. 25 %, bezw. 50 % grösser als die wirkliche Leistung. Diese virtuelle Leistung dürfen wir nun aber noch nicht ohne weiteres auf das Lokomotivgewicht beziehen, da der Vergleich Lokomotiven mit ungleichen Achsdrücken umfasst. Die Lokomotivgewichte müssen vielmehr zunächst auf

gleiche Achsdrücke umgerechnet werden, was im vorliegenden Falle in Form einer Schätzung geschehen ist und zwar für 17 bis 18 t, wie in Europa üblich. Die gesuchte Ausnützungsziffer ergibt sich demnach aus der Beziehung:

$$Z = \frac{G_v}{L_v} \quad \dots \dots \quad (5)$$

wobei der Wert G_v das auf 17 bis 18 t umgerechnete bezw. wirkliche Lokomotivgewicht bedeutet.

Die Ermittlung dieser Ziffer für die verschiedenen Lokomotivtypen ergibt nachstehende Rangfolge:

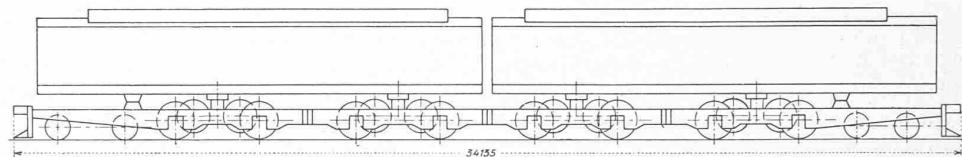


Abb. 1. Güterzuglokomotive 2B+B+B+B2 der General Electric Co. für die Chicago Milwaukee & St. Paul Ry.

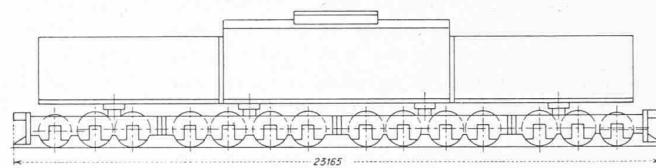


Abb. 2. Schnellzuglokomotive 1B+D+D+B1 der Gen. El. Co. für die Ch. M. & St. P. Ry.

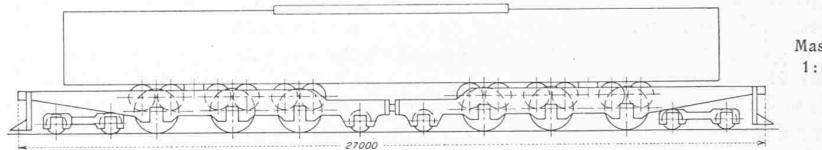


Abb. 3. Schnellzuglokomotive 2C1+1C2 der Westinghouse El. & Mfg. Co. für die Chicago Milwaukee & St. Paul Ry.

1. Rang: Abb. 6, reiner Drehstrom 3000 Volt, $16\frac{2}{3}$ Per. mit reinem Kuppelstangenantrieb $Z = 30 \text{ kg/PS}$
2. " " 5, reiner Einphasen-Strom 15000 Volt, $16\frac{2}{3}$ Per. mit gemischem Zahnrad- und Kuppelstangen-Antrieb . . . $Z = 40 \text{ kg/PS}$
3. " 3, reiner Gleichstrom 3000 Volt, mit hochgelagerten Zahnradmotoren $Z = 42 \text{ kg/PS}$
4. " 2, reiner Gleichstrom 3000 Volt mit Achsmotoren $Z = 43 \text{ kg/PS}$
3. " " 1, reiner Gleichstrom 3000 Volt mit „Tram“-Motoren $Z = 55 \text{ kg/PS}$
4. " 4, gemischter Strom (Einphasenstrom 11000 Volt 250 Per. und Drehstrom 850 Volt) mit Zahnrad- und Kuppelstangen-Antrieb $Z = 56 \text{ kg/PS}$

Es wurde bereits bemerkt, dass sich die beiden europäischen Lokomotiven infolge ihrer verhältnismässig kleinen Leistung im Vergleich ungünstig stellen. Den beiden bezüglichen Ziffern $Z = 30$ und 40 kg/PS für Abbildung 6 und 5 wohnt also noch eine gewisse Reserve inne. Vom Betriebstandpunkt aus ist die Zahl 40 für Abbildung 5 auch noch insofern gebührend einzuschätzen, als diese Ziffer im vorliegenden Falle mit 21 wirtschaftlichen Fahrstufen verknüpft ist. Die wirtschaftliche Stufenzahl für die übrigen Lokomotivtypen nimmt sich demgegenüber höchst bescheiden aus. Die Gleichstromtypen (Abb. 1, 2 und 3) bringen es auf 3, 8, bzw. 9 Stufen, worin im ersten Falle aber 1, im zweiten Falle 4 und im dritten Falle 6 Stufen mit geschwächtem Feld, also nicht ganz vollwertige Stufen, inbegriffen sind. Ein geschwächtes Motorfeld bei Gleichstrom-Lokomotiven bedeutet nämlich für eine gegebene Zugkraft bei erhöhter Geschwindigkeit entsprechend verstärkten Motorstrom und infolgedessen

auch erhöhte Stromwärmeverluste, ganz abgesehen von den grösseren Kommutierungsschwierigkeiten, die der Feldschwächung überhaupt eine bestimmte Grenze setzen. Die Typen Abb. 4 und 6 bringen es nur noch auf 2, bzw. 4 Stufen. Mit Ausnahme des Typ Abbildung 5 besitzen alle andern noch minderwertige Zwischenstufen, die für das Anfahren und beim Uebergang von einer Geschwindigkeitstufe zur andern benutzt werden. Sie werden erzielt durch Einschalten von Widerständen in den Motorstromkreis. Die Lokomotive Abbildung 5 ist demgegenüber die

einige Lokomotive, die praktisch verlustlos anfährt und ebenso die Geschwindigkeit reguliert. Sie erscheint deshalb für einen Dienst, der häufiges Anfahren erfordert, besonders geeignet. Anderseits ist dieser Typ der einzige, der bei Stillstand und stromdurchflossenen Motoren ein vom Motorfeld abhängiges Bürstenfeuer bedingt, das erst nach Ingangsetzung der Lokomotive, allerdings dann ohne Spuren zu hinterlassen, wieder verschwindet, wie das Aussehen der Kollektoren und Bürsten guter Einphasenmotoren darstut. Im Gegensatz dazu wird den Typen Abb. 1 bis 4

Typ Abbildung	1	2	3	4	5	6
Bahn	Ch.-M.	Ch.-M.	Ch.-M.	Pen.-R.	S. B. B.	F.S.
Konstr.-Firma	GEC	GEC	West.	West.	MFO	MFO
Gewicht d. elektr. Teil t	112	106	120 ¹⁾	128 ¹⁾	56,4	42,7
Gewicht d. mechan. t	149	134	130 ¹⁾	90 ¹⁾	71,6	49,3
Gesamtgewicht t	261	240	250	218	128	92
Reibungsgewicht t	204	208	151	180	104	54
Laufgewicht t	57	32	99	38	24	38
Triebachsdruck t	25,5	17,3	25	30	17—18	18
Laufachsdruck t	14,25	16	17,4	19	12	9,5
Ungefederetes Gewicht						
pro Triebachse t	7,4	4,35	3,3	3,7 ¹⁾	3,0	3,3
Länge über Puffer m	34,135	23,16	27	23,32	19,4	13,37
Totaler Radstand m	31,29	20,42	24,15	19,48	16,5	10,6
Fester Radstand der						
Triebachsen m	3,2	4,19	5,078	4,064	4,7	3,6
Triebraddurchmesser mm	1320	1117	1730	1829	1350	1630
Laufraddurchmesser mm	914	914	915	914	930	960
Maximale Breite mm	3048	3048	3048	3073	2950	2950
Höhe, Stromabnehm-						
mer gesenkt mm	5080	5080	5080	—	4500	4700
Spurweite mm	1435	1435	1435	1435	1435	1435
Max. Zugkraft kg	60000	30000 ¹⁾	50000	60000	24000	12000
Stundenzugkraft kg	38500	20800	30000	39600	17000	9500
Dauerzugkraft kg	32200	19000	22300	—	13100	—
Stundenleistung am						
Rad PS	3667	3430	4200	4800	2200	2640
Dauerleistung a. Rad PS	3215	3250	3400	—	1700	—
Normale Geschwindigkeit km/h	25	44,3—45,7	38—42	33	35	75
Maximale Geschwindigkeit km/h	54	100	105	33	65	100
Reibungsziffer bei						
Stunden-Zugkraft	1/5	1/10	1/5	1/5	1/6	1/6
Zahnradübersetzung	4,56	—	3,70	5,14	4,03	—
Virtuelle Stundenleistung L _v PS	5750	5600	7350	4800	3150	3100
Gewicht für 18 t						
Achstdruck G _v t	320 ¹⁾	240	310 ¹⁾	270 ¹⁾	128	92
Ausnützungsziffer Z kg/PS (1 ¹⁾	55	43	42	56	40	30
Gewicht pro PS						
Stundenleistung kg	71	70	60	45	58	35
Wirtschaftliche						
Fahrstufen	3 ⁰⁾	8 ⁴⁾	9 ⁵⁾	2 ²⁾	21	4 ³⁾
Stromsystem	—	—	—	∞/△	∞	△
Volt	3000	3000	3000	11000	15000	3000
Frequenz	—	—	—	25	16 ^{2/3}	16 ^{2/3}
Motorenzahl	8	12	12	4	4	2
Regulierorgane:						
Wendeschalter	2	2	1	—	4	1
— Einzelschalter						
«Hüpfer» etwa	48	20	33	33	—	—
— Vielfach - Gruppen-Schalter	2	5	6	—	—	—
— Feldschwächschalter	4	2	2	—	—	—
∞ Stufenschalter	—	—	—	—	2	—
△ Kaskaden- u. Pol-Umschalterwalzen	—	—	—	2	—	3
△ Widerstandsschaltwalzen	—	—	—	—	—	1
△ Flüssigkeitsanlasser	—	—	—	4	—	—

¹⁾ Geschätzt.

²⁾ 17 und 33 km/h-Kaskaden- und Parallelschaltung.

³⁾ 37,5, 50, 75, 100 km/h-Kaskaden- und Polumschaltung.

⁴⁾ Darunter 4 Stufen mit geschwächtem Feld.

⁵⁾ > 6 > > > >

⁶⁾ > 1 > > > >

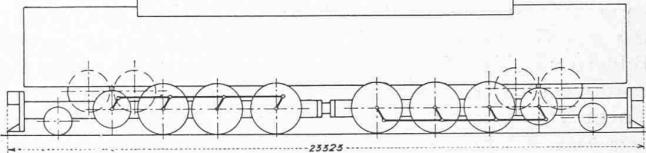


Abb. 4. Güterzuglokomotive 1C+C1 der Westinghouse Electr. & Manufact. Co. für die Pennsylvania Railway.

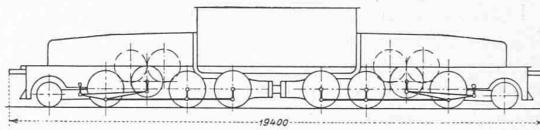


Abb. 5. Güterzuglokomotive 1C+C1 der Maschinenfabrik Oerlikon für die Gotthardlinie der Schweizer. Bundesbahnen.

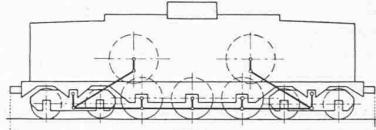


Abb. 6. Schnellzuglokomotive der Maschinenfabrik Oerlikon für die Italienischen Staatsbahnen (FS).

nachgerühmt, dass sie schwerste Anfahrten mit minutenlangem Stillstand der Motoren zu ertragen imstande sind, ohne dass speziell die Kollektoren und Bürsten der Gleichstrom-Lokomotiven darunter sichtlich litten.

Auh in dieser Kollektorfraage kommt es auf den Beurteiler an. Der eine ersieht in einer kleinern Anzahl *Wechselstrom*-Kollektoren, wie für Abbildung 5, der andere in einer grössern Anzahl *Gleichstrom*-Kollektoren, wie für Abb. 1 bis 3, das kleinere Uebel. Um den Kollektor kommt man leider weder beim reinen Gleichstrom noch beim reinen Einphasenstrom herum, und doch geht die Frage vornehmlich um diese beiden Systeme.

Hinsichtlich Rekuperationsmöglichkeit sind die Typen nach Abb. 4 und 6 die vollwertigsten, indem sie ohne jede Zutat, aber allerdings nur bei übersynchroner Geschwindigkeit, die Bremsung einleiten. Die von der Maschinenfabrik Oerlikon entwickelte, bei Typ 5 angewandte Rekuperations-Methode erfüllt betriebstechnisch alle an ein solches System gestellten Anforderungen mit grössster Einfachheit und Vollkommenheit, lässt aber theoretisch bezüglich Phasenverschiebung noch etwas zu wünschen übrig, was übrigens auch für die Typen 4 und 6 der Fall ist. Die bei den Typen nach Abb. 1 bis 3 angewandten Methoden sind elektrisch wohl vollwertig, lassen aber an Einfachheit, Kurzschluss-Sicherheit, Bremsbereich und allgemeine Sicherheit¹⁾ zu wünschen übrig.

Bezüglich der übrigen elektrischen Ausrüstung, insbesondere der Reguliervorrichtungen, sei auf die Tabelle verwiesen. Aus dieser geht hervor, dass die Regulier-Vorrichtungen für die Typen 1 bis 4 besonders augenfällig hervortreten. Diese Komplikation hängt zusammen mit der für Gleichstrom charakteristischen hohen Motorzahl, die ihrerseits wiederum bedingt ist durch die angestrebte, einigermassen genügende und wirtschaftliche Regulierstufenzahl.

¹⁾ Vergl. u. a. den auf S. 20 d. Bd. beschriebenen Betriebsunfall. Red.