

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 4

Artikel: Die leichten elektrischen Triebwagen CLe2/4 der Schweizer.
Bundesbahnen
Autor: Müller, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-48238>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

INHALT: Die leichten elektrischen Triebwagen CLe^{2/4} der SBB. — Kleinwohnungs-Kolonien «Friesenberg» in Zürich. — Laboratorium für technische Röntgenographie. — Mitteilungen: Unfallsichere Exzenterpressen. Zum Ideenwettbewerb für die Gestaltung der Lausanner Cité. Ausbau der Alpenstrassen. Schwebebahn Stöckalp-Frutt. Eidg. Technische

Hochschule. Keilrillen-Förderbänder. Petroleumlager der SBB in Basel. Das neue Kunstmuseum in Basel. Versuche über die Verstärkung von Nietverbindungen durch Schweissung. Neue Kindergartengebäude. — Schweiz. Verein von Gas- u. Wasserfachmännern. — Literatur. — Nekrologe: Robert Gsell-Heldt. — Mitteilungen der Vereine. — Vortrags-Kalender.

Band 107

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. 4

Die leichten elektrischen Triebwagen CLe^{2/4} der Schweizer. Bundesbahnen.

Von W. MÜLLER, Obermaschineningenieur der SBB.

Um die für den Bau und die Verwendung leichter Triebwagen und Triebwagenzüge erforderlichen eigenen Erfahrungen zu erwerben, haben die Schweizerischen Bundesbahnen vorerst zwei elektrische Leichttriebwagen bauen lassen, die seit dem 15. Mai 1935 im regelmässigen Betrieb stehen. Da die beiden Probewagen von Anfang an technisch und im Betriebe den Anforderungen bis auf wenige Einzelheiten bestens entsprachen und beim Publikum grossen Anklang fanden, konnte nach dreimonatiger Erprobung den Lieferanten der zwei Probewagen der Bau von vier weiteren elektrischen Leichttriebwagen übertragen werden, die gegenüber den beiden Probewagen nur geringe Unterschiede aufweisen. Wie bei den zwei ersten Wagen liefern die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur den wagenbaulichen und mechanischen Teil, Brown, Boveri & Co. in Baden, die Maschinenfabrik Oerlikon und die Ateliers de Sécheron in Genf die elektrische Ausrüstung.

Entsprechend ihrer hauptsächlichen Aufgabe, Fahrplanlücken zu Zeiten mässigen Verkehrs zu füllen, sind die hier beschriebenen elektrischen Leichttriebwagen der SBB für den Verkehr als Einzelwagen ohne Anhänger gebaut (Abb. 1 und 2). Das Fassungsvermögen von höchstens 100 Personen wird für die in Frage kommenden Verhältnisse bei genügend dichtem Fahrplan meistens ausreichen. Für besondere, darüber hinausgehende Bedürfnisse werden leichte Triebwagenzüge aus zwei oder drei Einheiten gebaut werden.

Wegen der Schwierigkeit, bei leichten, mit grosser Geschwindigkeit einzeln fahrenden Triebwagen einen ruhigen Lauf zu erzielen, wurden die Drehgestelle möglichst weit auseinander gerückt und der Raum für die Reisenden ganz zwischen sie verlegt, wo störende Bewegungen sich weniger bemerkbar machen, während die Räume über den Drehgestellen zur Unterbringung der elektrischen Ausrüstung und des Führers verwendet wurden. Diese Anordnung führte zu der charakteristischen Form dieser Triebwagen mit ihren niedrigen Vorbauten, unter deren Deckel aus Leichtmetall die elektrischen Maschinen und Apparate gut zugänglich sind. Die Zugänge zu dem in zwei Abteile, für Raucher und Nichtraucher, geteilten Raum für die Reisenden befinden sich an dessen beiden Enden. Die

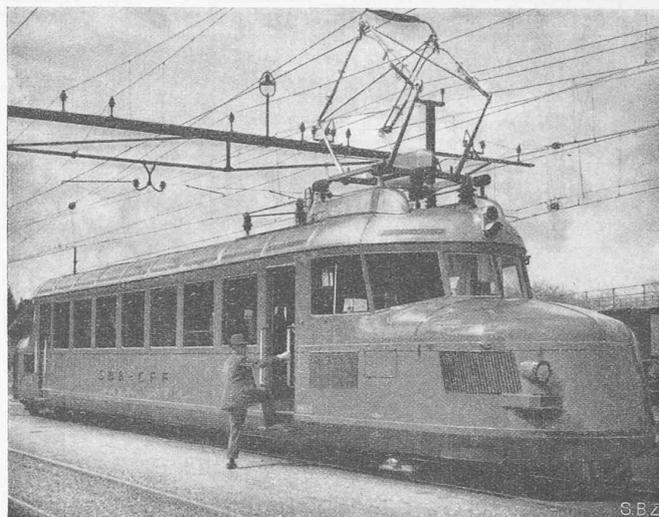


Abb. 1. Elektrischer Leichttriebwagen CLe^{2/4} der SBB.

Trennwände der Abteile mit Schiebetüren sind im oberen Teil aus Glas. Ausser einem Rückenschutz aus Glas hinter dem Führersitz ist zwischen Eingangs- und Führerraum kein Abschluss vorhanden (Abb. 3). Neben dem links sitzenden Führer sind drei Sitzplätze, die, wie auch die Stehplätze im Eingangsraum, wegen des interessanten und unterhaltenden Ausblickes auf die Strecke sehr beliebt sind. Aber auch von den Sitzplätzen im Wageninnern geniesst der Reisende dank der Verglasung der Zwischenwände und den grossen Fenstern einen freien Ausblick nach allen Seiten.

Die Sitze, mit aus leichtem Stahlrohr geschweissten Rahmen, sind mit der für Wagen 3. Klasse üblichen Fenster- teilung von 1,5 m eingebaut, und, wie auch die Rücklehnen, leicht gepolstert, so bequem als bei dieser Teilung und mit Rücksicht auf die grossen Unterschiede des Körperbaues möglich, niedrig und leicht rückwärts geneigt (Abb. 4). Die Sitzanordnung ist die in der Schweiz bei Wagen mit Mittelgang übliche mit zwei mal zwei gegenüberliegenden Sitzen an jedem Fenster, sodass die Reisenden auch bei voller Besetzung nicht zu eng gedrängt sitzen. Die beiden Abteile enthalten 52 gepolsterte Sitze; in den Führer- und Einsteigeräumen sowie auf einer Klappbank an der Wand der auf Nichtraucherseite beim Eingang eingebauten Toi-

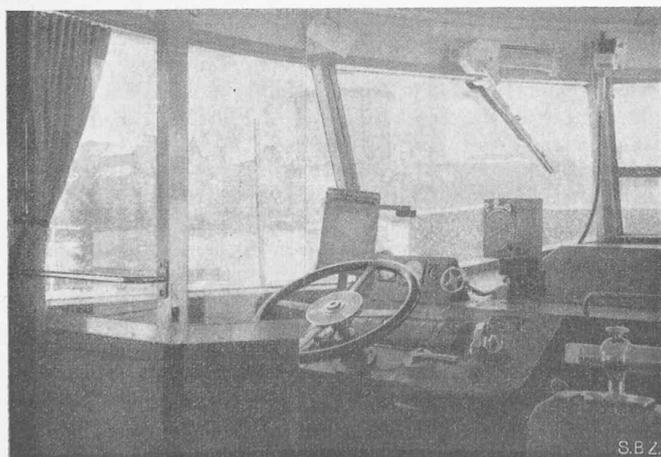


Abb. 3. Führersitz des Leichttriebwagens.

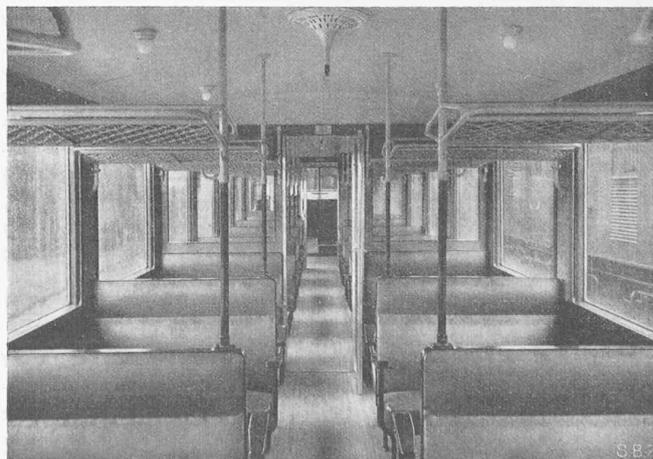


Abb. 4. Das Innere des elektrischen SBB-Leichttriebwagens.

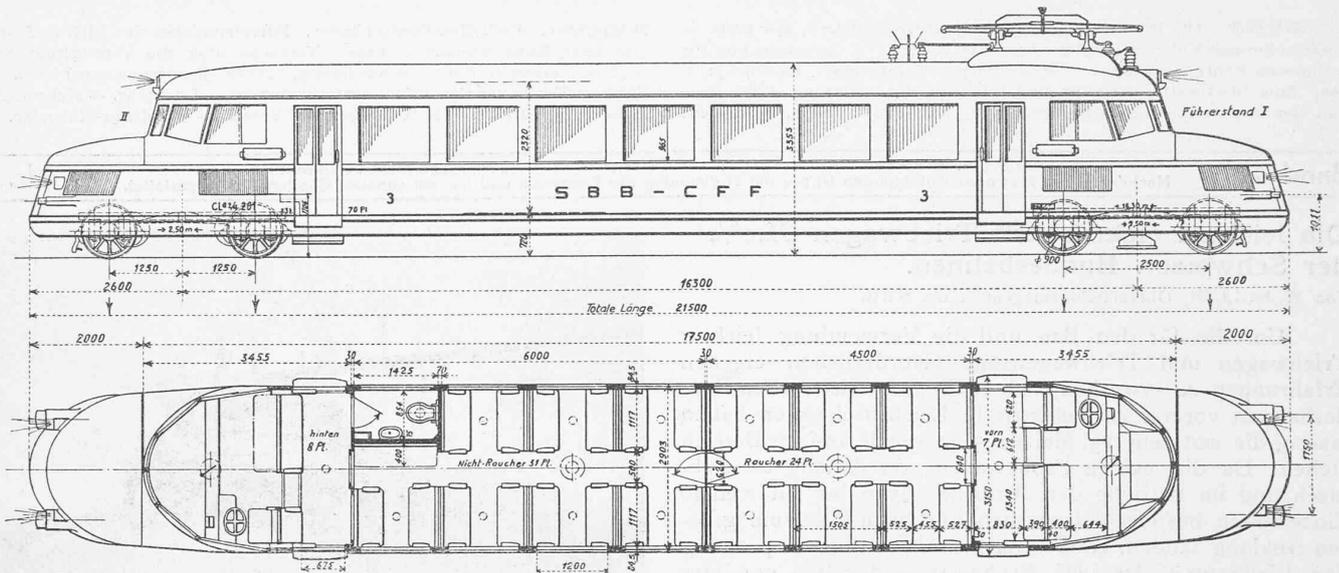


Abb. 2. Elektrischer Leichttriebwagen CL6 $\frac{2}{4}$ der SBB. — 70 Sitz-, 30 Stehplätze; Dienstgewicht 32,6 t; $V_{\max} = 125$ km/h. — Typenskizze 1 : 120.

lette sind weitere 18 Sitze vorhanden, im ganzen somit 70 Sitzplätze. Ausserdem finden bei Andrang 30 Reisende stehend gut Platz. Ueber den Sitzen sind in üblicher Art querliegende Gepäcknetze vorhanden (Abb. 4), deren Träger gleichzeitig als Haltestangen dienen. Bei den vier in Bau befindlichen Triebwagen wird unter Opferung der Polstersitze neben dem Abort ein kleiner Gepäckraum geschaffen mit vier Klappsitzen, die benützt werden können, wenn kein Gepäck dort untergebracht werden muss.

Der Fussboden befindet sich nur 720 mm über der Oberkante der Schienen, rd. 530 mm tiefer als bei normalen Eisenbahnwagen. Diese niedrige Lage des Bodens begünstigt den guten Lauf der Wagen und erlaubt eine grössere Fahrgeschwindigkeit in den Kurven. Ausserdem erleichtert sie das für die Kürzung der Aufenthalte und dadurch der Reisezeiten wichtige rasche Ein- und Aussteigen und trägt zur Verminderung des Luftwiderstandes bei. Die innere Höhe der Räume von 2,32 m ist im Vergleich zu vielen Leichttriebwagen des Auslandes und zu den meisten Autobussen des Strassenverkehrs reichlich.

Unter dem äusseren, mit Luftschlitzen versehenen Dach aus Alumanblech befinden sich die Widerstände für die elektrische Motorbremse (Abb. 5). Unten an den Aussenwänden läuft ringsum eine auf 380 mm über Schienen-Oberkante herabreichende einwärtsgebogene Windschürze zur Verminderung des Luftwiderstandes der Drehgestelle und Räder. Die Tatsache, dass bei Probefahrten auf ebener Bahn Geschwindigkeiten bis 150 km/h erreicht werden, wobei Messungen einen um etwa 25% geringern Fahrwiderstand im Vergleich mit Eisenbahnwagen gewöhnlicher Bauart ergaben, beweist, dass in dieser Hinsicht nichts Notwendiges unterlassen wurde, obschon die Wagen nicht das Bild eines hypermodernen „Stromlinien“-Fahrzeuges zeigen.

Die äusseren *Wagentüren* sind als Teleskopschiebetüren gebaut und werden vom Wagenführer mit Druckluft geschlossen und geöffnet. Der Schliessdruck ist für eingeklemmte Körperteile ungefährlich, zumal zur bessern Abdichtung die Schliesskanten einen weichen Gummibelag haben.

Unter jeder Einsteigtüre kann durch Druckluft ein *Hilfsfusstritt* zur Erleichterung des Ein- und Aussteigens auf Stationen ohne erhöhte Bahnsteige vorgeschoben werden. Die Bodenhöhe des Wageninnern wird dann über drei Stufen, auf Stationen mit Bahnsteig über zwei Stufen bequem erreicht (auf Abb. 1 sind die Hilfsfusstritte nicht vorgeschoben). Da die Hilfsstufen mit den gleichen Schaltern gesteuert werden wie die Türen, so überragen diese Fusstritte nur beim Stillstand die Umgrenzungslinie für Fahrzeuge. Da die Wagen nur einzeln verkehren und nicht für grosse Zug- und Druckkräfte gebaut sind, haben sie

keine normalen Zug- und Stossapparate, sondern nur leichte Schutzpuffer und hinter der Abschlussstüre der Vorbauten Nothaken für das Abschleppen bei Fahruntüchtigkeit eines Wagens. Elektrische Signallaternen sind in der normalen Anordnung an beiden Stirnseiten angebracht.

Die *Innenbeleuchtung* der Wagen besteht aus je einer elektrischen Lampe von 25 W für vier Sitzplätze, wie in den gewöhnlichen neueren Eisenbahnwagen der SBB, sowie den nötigen Lampen für die Beleuchtung der Eingangs-räume und der Instrumente für den Führer. Dieser kann die Beleuchtung des von ihm besetzten Raumes ausschalten, damit sein Blick auf die Strecke nicht durch Blendung gehindert ist. Dem gleichen Zweck dienen Rollvorhänge an den Endglaswänden des Innenraumes.

Zur *Heizung* dient Warmluft, die mit Wechselstrom von 220 V Spannung in unter dem Wagenboden angebrachten Widerständen erwärmt wird. Ein durch einen Wechselstrommotor angetriebener Ventilator fördert Ausenluft durch ein Filter und die Heizwiderstände in die über dem Wagenboden an den Längswänden eingebauten Kanäle aus Leichtmetall mit unter den Sitzbänken befindlichen Austrittsöffnungen. Die Luftgeschwindigkeit ist so klein, dass kein Staub aufgewirbelt und kein Geräusch hörbar wird. Es werden rd. 600 m³ Warmluft in der Stunde gefördert, womit der Wagen in sehr kurzer Zeit angeheizt und eine reichliche Lufterneuerung erzielt wird. Durch regelbare Thermostate wird die Raumtemperatur automatisch in engen Grenzen geregelt. Ausserdem kann der Führer mit Schaltern in den Führertischen die Heizung ein- oder ausschalten, wenn sie nicht durch die Thermostate unterbrochen ist. Der Ventilator kann auch bei ausgeschalteten Widerständen in Gang gesetzt werden, um im Sommer die Lüftung zu verbessern. Um die genügende Heizung der der Abkühlung besonders ausgesetzten Eingangs- und Führerräume sicherzustellen, sind daselbst ausserdem je eine elektrische Fusswärmeplatte für den Führer und ein elektrischer Heizkörper eingebaut.

Das Gerippe des *Wagenkastens* (Abb. 6) bildet einen aus leichten Stahlprofilen geschweissten Träger von 16,3 m Spannweite zwischen den Stützpunkten auf den Drehgestellen. An beiden Enden schliessen die leichten Vorbauten mit je 2,6 m Ueberhang an, sodass die ganze Kastenlänge 21,5 m beträgt. Die Freihaltung des Innenraumes mit Ausnahme der drei Querwände, die Unterbrechung der Längswände durch die Oeffnungen für Türen und Fenster, die Kröpfung des Wagenbodens an den Enden wegen der Forderung einer tiefen Bodenlage zwischen den Drehgestellen und anderes stellten dem Statiker bei der Kastenkonstruktion einige schwierige und interessante Aufgaben, umsomehr als die Aenderung der Grösse und Richtung

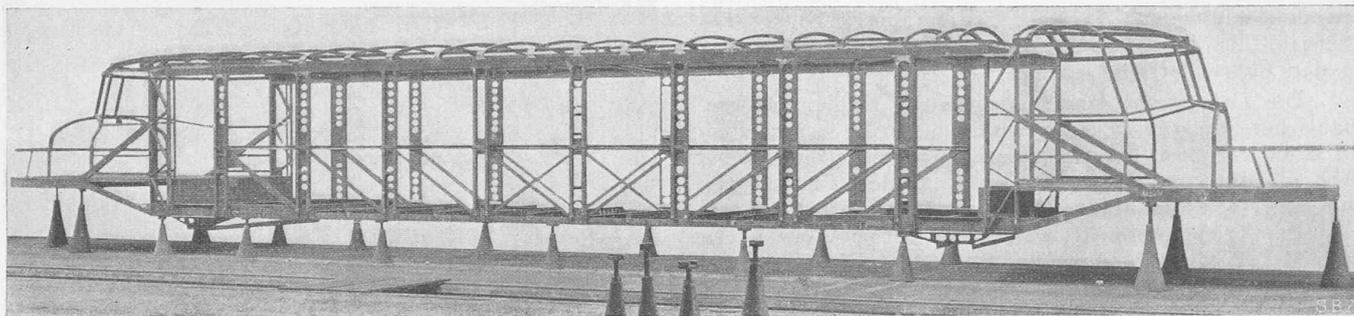
Elektrischer Leichttriebwagen der Schweizerischen Bundesbahnen, Reihe CLe^{2/4} Nr. 201 bis 206

Abb. 6. Stahlgeschweisstes Wagenkastengerippe, als Längsträger von 16,3 m Stützweite. — Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

der Kräfte bei der Fahrt durch Kurven, die Seitenwind-, Antriebs- und Bremskräfte, die von der Verwindung der Geleiseebene bei Kurveneinläufen und Unebenheiten herührenden und die dynamischen, durch die Unvollkommenheit des Wagenlaufes und der Bahn entstehenden Kräfte zu berücksichtigen waren. Ferner war die Bedingung gestellt, dass der Wagen bei einem Anprall von 10 km/h Geschwindigkeit keine wesentlichen Beschädigungen erleiden dürfe. Aehnliche Verhältnisse liegen zwar auch bei Fahrzeugen gewöhnlicher Bauart vor, doch spielen sie bei Forderung kleinster Gewichte und Anwendung grösster Geschwindigkeiten eine früher beim Eisenbahnfahrzeugbau nicht gekannte Rolle. Es war deshalb auch nötig, die Richtigkeit der Rechnung und Konstruktion sowie die Güte der Arbeit durch Spannungsmessungen an kritischen Stellen des fertigen, unverschalteten Kastengerippes unter ruhender und schwingender Last eingehend zu überprüfen, wobei einzelne Schwächen verbessert und zudem wertvolle Erkenntnisse für die künftige Entwicklung derartiger Konstruktionen gewonnen werden konnten. Nach Anbringung der mit dem Gerippe verschweissten Wandverschalung aus Stahlblech wurden die Spannungsmessungen wiederholt, wobei festgestellt wurde, dass die Verschalung zur Erhöhung der Festigkeit und Steifigkeit des Kastens erheblich beiträgt. Da eine dauerhafte, Kräfte übertragende Verbindung zwischen Stahlblechverkleidung und Stahlgewölbe leichter auszuführen ist und genügend dicke Verkleidungsbleche aus Leichtmetall erhebliche Mehrkosten und nur unwesentliche Gewichtersparnisse bringen, wird Leichtmetall auch künftig hierfür voraussichtlich nicht verwendet werden. Im übrigen fand Aluminium, ausser für das Dach, vielseitige Anwendung für Tür- und Fensterrahmen u. s. m.

Die beiden *Drehgestellrahmen* sind ebenfalls aus Stahl geschweisst. Sie stützen sich mit acht kräftigen Spi-

ralfedern auf die Gehäuse der Achslager, die als Rollenlager ausgebildet sind. Der Abstand der Achsen beträgt 2,5 m. Statt der üblichen Achshalter sind im Innern der Spiralfedern zylindrische Lagerführungen mit Dauerfett-schmierung vorhanden. Der Wagenkasten stützt sich auf zwei im Drehgestellrahmen aufgehängte, parallel zum Geleise liegende grosse Blatt-Tragfedern. Die Speichenräder haben mit Rücksicht auf die für den Kurvenlauf vorteilhafte tiefe Lage des Schwerpunktes der Drehgestelle und des Wagenkastens wie auch zur Gewichtersparnis einen Durchmesser von nur 900 mm. Sie sind ohne aufgezo-gene Radreifen in einem einzigen Stück aus vergütetem Spezialstahl-guss erstellt.

Ueber dem einen Drehgestell ist auf dem Dach ein *Stromabnehmer* der üblichen Pantographen-Bauart mit Luftdruckbetätigung, jedoch von besonders leichter Ausführung und mit flacher Wippe aufgestellt. Die Verwendung eines einzigen Stromabnehmers, die bei der geringen Stromstärke des Einzeltriebwagens möglich schien, hat sich auch bei Fahrgeschwindigkeiten von 150 km/h vollständig bewährt. Ebenso hat sich die Verwendung des Stromabnehmers an Stelle eines schweren und teuren sogenannten Hauptschalters, wie ihn die schweren Triebfahrzeuge besitzen, zur Abschaltung des Transformators von der Fahrleitung selbst unter voller Belastung als ungefährlich erwiesen. Zum Heben und Senken des Stromabnehmers dient ein elektro-pneumatisches Ventil, das vom Wagenführer mit den in jedem Führertisch vorhandenen Schaltern elektrisch fern-gesteuert wird. Der Stromabnehmer senkt sich selbsttätig, wenn eine der verschiedenen Sicherheitseinrichtungen in Funktion tritt. Er kann nur gehoben werden, wenn der Steuercontroller in der Nullstellung steht.

Die Hochspannungsleitung vom Stromabnehmer zum Transformator führt über eine auf dem Wagendach befindliche Schmelzstreifen-Hörnersicherung mit Erdungsbügel zum Schutze des Transformators bei Kurzschluss in dessen Hochspannungswicklung oder in der Zuleitung. Von der Hörner-Sicherung ist die Hochspannungsleitung in einem Schutzrohr mit eingebautem metallisch armiertem Kondensator in den direkt darunter im Vorbau des Wagens eingebauten *Autotransformator* mit Oelkühlung geführt. Zur Kühlung dient der beim Fahren durch Jalousien in den Vorbau des Wagens eintretende und seitlich vor den Wagentüren wieder austretende Luftstrom, in dem die Kühlrohre oder Kühltaschen des Transformators liegen (Abb. 7). Die Dauerleistung des Transformators beträgt 210 kVA nach IEV-Normen. Im Oelkasten des Transformators befinden sich ausser diesem der Hauptstromwandler für das Maximalstromrelais für Hauptstrom, die Ueberschalt-drosselspule und ein Spannungsteiler zur Verhinderung des Schleuderns der Triebräder.

Die Niederspannungswicklung des Transformators hat fünf mit den Fahrhaltern verbundene Anzapfungen für 162 bis 833 V und eine weitere von 230 V Spannung im Leerlauf zur Speisung der Hilfsbetriebe: Heizung, Motor des Luftkompressors, Motor des Gleichstromgenerators für

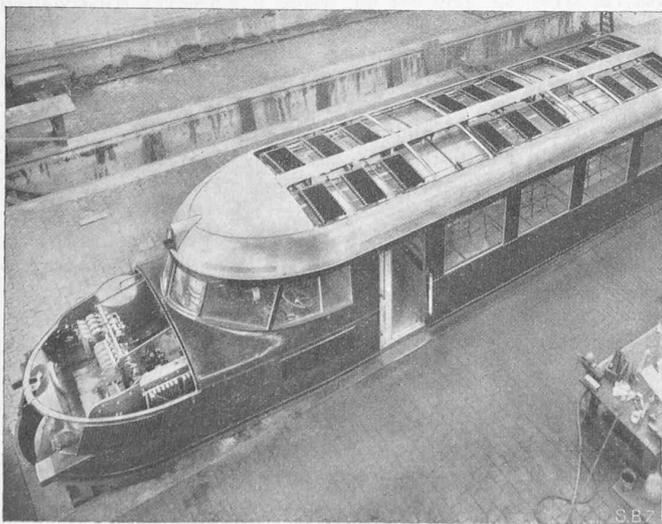


Abb. 5. Draufsicht auf geöffnetes Dach und Vorbau II.

Steuerstrom, Licht und Bremse. Durch passende Verbindung der fünf Fahrspannungen über die Fahrschalter A bis F (Abb. 7) mit der Uberschaltrosselspule werden zehn Spannungsstufen von 63 bis 740 V für die Regelung der Drehzahl der Triebmotoren und Anpassung der Leistung an den Fahrwiderstand erzeugt.

Die *Fahrschalter* sind pneumatische Hüpfen mit mechanischer Steuerung der Luftventile durch Nockenscheiben auf einer vor dem Transformator befindlichen Steuerwelle (Abb. 7), die vom Wagenführer von beiden Führersitzen aus mit einem Handrad gedreht werden kann. Von dort wird der Triebmotorenstrom in den Vorbau am andern Ende des Wagens zu den Wendeschaltern I bis IV (Fahrerichtungsschalter) geführt, die sich dort zunächst den Triebmotoren befinden (Abb. 8).

Die *Wendeschalter* sind ebenfalls pneumatisch betätigte Hüpfen, die Luftventile dazu jedoch elektrisch gesteuert mit Hilfe eines Steuerschalters in jedem Führertisch und der Kontakte auf der in Abb. 7 rechts sichtbaren Steuerwalze. Die Wendeschalter besorgen zugleich einen Teil der Aufgaben, die bei schweren elektrischen Triebfahrzeugen dem hier fehlenden Hauptschalter zukommen.

Durch die Unterbringung des Transformators in dem unter dem Stromabnehmer befindlichen Vorbau, der Triebmotoren und der Hilfsbetriebe im andern und in dem darunter befindlichen Drehgestell konnte ein vollständiger Gewichtsausgleich erzielt werden.

Die beiden sechspoligen *Triebmotoren* arbeiten mit Stirnzahnrad-Uebersetzung 1 : 2,96 mit geraden Zähnen und Hohlwellenantrieb auf je eine Triebachse des Drehgestells. Sie sind nach dem bei den Einphasentriebfahrzeugen der SBB üblichen System gebaut. Sie haben Eigenventilation mit Zutritt der Kühlluft von oben durch Ventilationschlitz in der Vorbauverschalung und weisen nach IEV-Normen folgende Leistungen pro Motor auf: Stundenleistung bei 100 km/h Geschwindigkeit 200 kW, Dauerleistung bei 115 km/h Geschwindigkeit 165 kW. Die Stundenleistung beider Motoren zusammen beträgt somit rd. 550 PS, bei rd. 40 t Gewicht des vollbesetzten Wagens 13,75 PS/t. Auf horizontaler Bahn wird eine Geschwindigkeit von 100 km/h in 60 sec nach 900 m Fahrt erreicht, was einer mittleren Beschleunigung von $0,425 \text{ m/s}^2$ entspricht. Zur Beschleunigung auf 125 km/h sind etwa $2\frac{1}{3}$ km Weg und etwas weniger als 2 min erforderlich. Die max. Anfahrzugkraft am Rad beträgt 2500 kg.

Die beiden Triebmotoren sind wegen des gegenüber der Parallelschaltung wesentlich geringern Gewichtes in Serie geschaltet. Der bei dieser Schaltung bestehenden Schleudergefahr wird durch den erwähnten Spannungsteiler für Schleuderschutz begegnet.

Die Triebmotoren dienen auch als Betriebsbremse. Das *Bremsproblem* wird mit wachsender Fahrgeschwindigkeit immer bedeutender und schwieriger; von ihm, bzw. vom erzielbaren Bremsweg hängt auch die Grenze der zulässigen Geschwindigkeit auf gerader Bahn ab. Es musste deshalb für diese schnellfahrenden leichten Triebwagen mit besonderer Sorgfalt behandelt werden. Die *elektrische Bremsung* mit den Triebmotoren bietet den grossen Vorteil, dass die Bremskraft auf einfache Weise nahe der Adhäsionsgrenze zwischen Rad und Schiene gehalten werden kann. Sie wirkt allerdings nur auf die Triebräder und gibt somit, bezogen auf das ganze Wagengewicht, bei den hier beschriebenen Fahrzeugen nur die Hälfte der bei Bremsung aller Räder möglichen Bremskraft. Dennoch ist sie wirksamer als die gewöhnliche Klotzbremsung aller acht Räder. Der kürzeste Bremsweg auf horizontaler Bahn bei 125 km/h Anfangsgeschwindigkeit, der bei der grössten mit Rücksicht auf die Adhäsion der Räder auf den Schienen zulässigen Bremskraft von 150 kg/t erreicht würde, beträgt 400 m, bei Bremsung der Hälfte der Räder somit 800 m. Bei Versuchen wurden bei halber Besetzung der Wagen Bremswege von rd. 850 m erzielt, was einer mittleren wirklichen Bremskraft von rd. 140 kg/t entspricht.

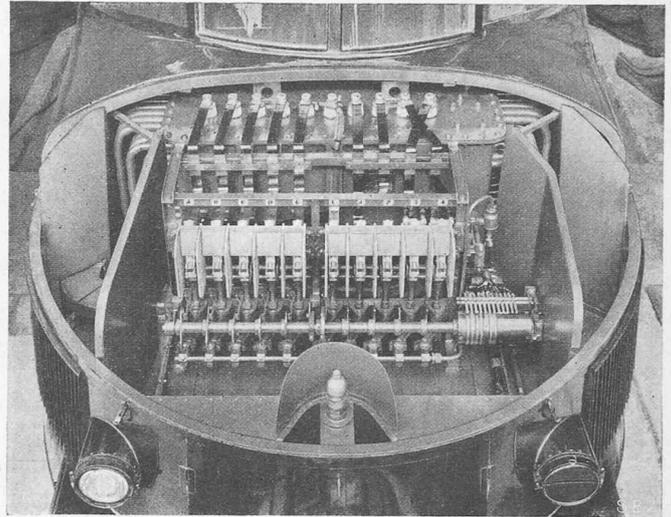


Abb. 7. Abgedeckter Transformator-Vorbau (Seite I).

In der Bremschaltung arbeiten die Triebmotoren als Gleichstromgeneratoren auf die im Doppeldach des Wagens untergebrachten, durch Luftschlitze im äusseren Dach gekühlten Bremswiderstände aus Chrom-Nickel-Widerstandsband. Die Schaltung wird durch neun pneumatische Hüpfen von gleicher Bauart wie die Fahrhüpfen besorgt, deren Ventile ebenfalls mechanisch durch auf der Steuerwelle sitzende Nockenscheiben gesteuert werden.

Bei der elektrischen Bremsung werden die Feldwicklungen der als Gleichstromgeneratoren arbeitenden Triebmotoren durch den Bremsstrom selbst erregt, somit unabhängig davon, ob die Fahrleitung unter Spannung steht und der Stromabnehmer gehoben ist oder nicht. Um die Erregung einzuleiten, werden die Feldwicklungen zu Beginn der Bremsung und bei schwachen Bremsströmen mit Gleichstrom fremd erregt. Um jedoch die Gleichstromquelle nicht unnötig zu belasten, wird die Fremderregung durch ein vom Bremsstrom betätigtes Relais unterbrochen, sobald der Bremsstrom auf etwa 200 A angestiegen ist. Als Ersatz beim Versagen der Motorbremse dient die Luftbremse, die beim Ausbleiben des Steuerstroms durch den Sicherheitsapparat selbsttätig in Wirkung tritt.

Bei der Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h beträgt die Bremsstromstärke auf der ersten Bremsstufe, auf welcher sämtliche Bremswiderstände ($1,25 \Omega$) eingeschaltet sind, rd. 850 A, die dadurch erzeugte Bremskraft beider Triebachsen rd. 3000 kg, bei leerem Wagen (16 t auf den Triebachsen) somit 188 kg/t. Sie fällt mit abnehmender Geschwindigkeit von selbst und kann, nachdem sie jeweils auf rd. 2100 kg gefallen ist, durch sukzessives Ausschalten von Bremswiderständen wieder auf den Höchstwert von 3000 kg gesteigert werden. Im Mittel beträgt sie somit etwa 2550 kg oder für den vollen Wagen 128 kg/t Last auf den Triebachsen, im Vergleich zur mittleren Wirkung der bisher üblichen Eisenbahnbremsen mit auf die Radreifen gepressten Bremsklötzen ein sehr günstiger Wert. Auf der elften Bremsstufe, auf welcher die Motoren kurz geschlossen sind, fällt die Bremskraft bei rd. 10 km/h Geschwindigkeit auf etwa 1300 kg und bei nur geringem weiterem Sinken der Geschwindigkeit auf Null. Zum gänzlichen Anhalten genügt daher die Motorbremse nicht. Von der neunten Bremsstufe an wird deshalb eine auf die Räder des andern Drehgestells (Transformatorseite) wirkende Zusatzbremse betätigt.

Der Bremsweg beträgt bei 125 km/h Anfangsgeschwindigkeit auf ebener Bahn bei Anwendung der elektrischen und der Zusatzbremse allein rd. 850 m, die mittlere Verzögerung $0,71 \text{ m/s}^2$ — ein günstiges Ergebnis, werden doch mit Ausnahme einer kurzen Uebergangszeit (neunte und zehnte Stufe) nur zwei Achsen gleichzeitig gebremst. Bei gleichzeitiger Wirkung der elektrischen

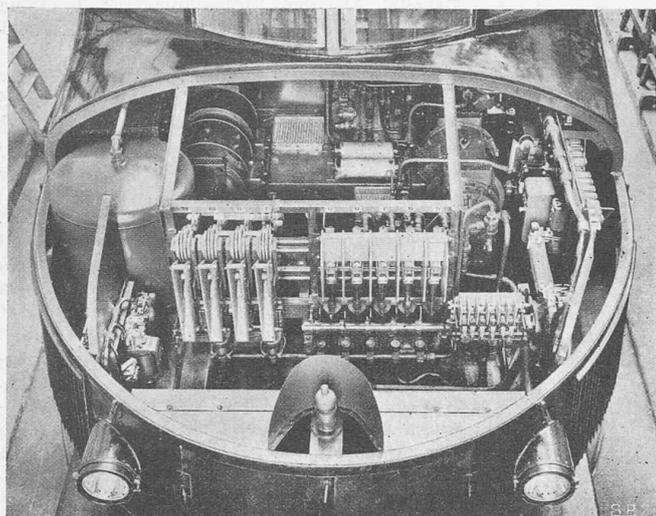


Abb. 8. Geöffneter Vorbau Triebgestell-Seite (II).

Bremse auf die Triebachsen und der Luftbremse mit anfänglich vollem Druck von 5 at auf die Laufachsen kann der Bremsweg unter gleichen Bedingungen auf rund 530 m gekürzt werden. Die mittlere Verzögerung beträgt dann $1,13 \text{ m/s}^2$, die Bremskraft pro t Wagen-gewicht rd. 110 kg.

Für die regelmässigen Betriebsbremsungen wird nur die elektrische Bremse (mit Zusatzbremse auf der neunten bis elften Stufe) benützt. Sie hat den Vorteil kräftiger Wirkung bei grossen Geschwindigkeiten, was wegen der häufigen Geschwindigkeitsverminderungen bei Kurven, Haltestellen usw. besonders vorteilhaft ist. Ausserdem ist sie sehr einfach und bequem zu bedienen, verbraucht keine Bremsklötze und erzeugt keinen schädlichen Bremsstaub.

Als Hilfs- und Notbremse für den Fall des Versagens der elektrischen Bremse und bei Betätigung der Notbremse durch Reisende sowie durch die Sicherheitssteuerung dient eine *Luftdruckbremse*. Sie wirkt mit je zwei Bremsklötzen, von der bei Eisenbahnfahrzeugen üblichen Ausführung, auf die Laufräder, mit je einem auf die Triebräder. In jedem Drehgestell ist ein Bremszylinder eingebaut, in welchen die Druckluft direkt eintritt, wenn der Wagenführer das zu seiner rechten Hand am Führertisch angebrachte Brems-Ventil benützt, oder wenn ein Notbremshahn gezogen wird oder die Sicherheitssteuerung anspricht. Das Führerbrem-ventil ist so gebaut, dass der Führer unter Beobachtung des Manometers am Führertisch mit dem Ventilgriff jeden beliebigen Zylinderdruck genau einstellen kann. Das Führer-Bremsventil ist mit einer Klinke versehen, mit welcher der Führer die Luftsandstreuer gleichzeitig mit dem Bremsventil betätigen kann.

Da die Luftbremse bei Betätigung mit dem Führer-Bremsventil, durch die Notbremse oder durch die Sicherheitssteuerung auch die Triebräder bremst, so sorgt ein pneumatischer Unterbrechungskontakt dafür, dass die elektrische Bremse nicht gleichzeitig wirkt, da sonst die Räder festgebremst würden. Für Notbremsungen ist im Führer-Tisch ein zweites Bremsventil angebracht, mit dem der Führer während der elektrischen Bremsung der Triebräder gleichzeitig die Laufräder mit Luft bremsen kann, und zwar mit 5 at, wenn die Steuerung auf einer der Bremsstufen eins bis acht, mit rund 3 at, wenn sie auf den Bremsstufen neun bis elf steht. Die Klotz-bremse jedes Drehgestelles kann durch Drehen einer neben den Führertischen befindlichen Kurbel von Hand angezogen werden.

Zur Erzeugung der Druckluft für die Bremse und die pneumatischen Apparate (Stromabnehmer, Wendeschalter, Fahr- und Bremshüpfen, Pfeife, Sander, Fensterwischer,

Tür- und Fusstrittbewegung) dient ein rotierender, zwei-stufiger *Kompressor* für 300 l/min bei 2850 U/min und Verdichtung auf 8 at, angetrieben von einem mit dem Kompressor zusammengebauten Einphasenseriellektromotor von 5,4 PS. Er wird an die erwähnte 220 V-Anzapfung des Transformators durch einen von den Führertischen aus elektrisch ferngesteuerten Hüpfen angeschlossen.

Vom Kompressor gelangt die Druckluft über Oelabscheider in einen Luftbehälter von 200 l Inhalt und von da über die zugehörigen Steuerorgane einerseits direkt mit vollem Druck von 8 at zu den pneumatischen Apparaten, andererseits über einen Druckregler mit auf 5 at vermindertem Druck in die Bremsleitung zum Führerbremventil, zum Bremsventil im Sicherheitsapparat und zu den Notbremshähnen. Der Kompressor mit Motor und Hüpfen und der Luftbehälter sind im Vorbau Motorenseite eingebaut (Abb. 8, links). Zum Heben des Stromabnehmers bei fehlendem Druck im Behälter dient eine Handpumpe im Vorbau Transformatorseite.

Zur Gleichstromerzeugung für Steuer- und Beleuchtungszwecke dient eine *Motorgeneratorgruppe*, deren Asynchron-Motor mit Hilfsphase und Kondensator für direktes Anlassen unter 220 V vom Transformator gespiesen wird. Die Drehzahl beträgt rd. 950 U/min, die Leistung 1,5 kW, die Gleichstromspannung des Nebenschlussgenerators 36 bis 50 V. Die Motorgeneratorgruppe befindet sich im Vorbau Triebmotorseite (Abb. 8, rechts). Ein normaler Zug-beleuchtungsregler regelt die Spannungsverhältnisse und die Ladung der normalen Beleuchtungs-Akkumulatoren-Batterie.

Der *Führertisch* ist in jedem Vorraum links angeordnet (Abb. 3). Mit einem Handrad dreht der Führer über eine unter dem Wagenboden durchgehende Verbindungswelle die erwähnten querliegenden Steuerwellen in den Vorbauten (Abb. 7). Die Steuerung ist sehr leichtgängig. Durch Rechtsdrehung werden die zehn Fahrstufen, durch Linksdrehung die elf Bremsstufen geschaltet, wobei jeder Stufe $1/12$ der ganzen Umdrehung entspricht. Zum Beschleunigen und Verzögern des Wagens hat somit der Führer einzig das Handrad zu drehen, was sich bei den sehr häufigen Geschwindigkeitsänderungen und sich kurzfolgenden Halten als sehr zweckmässig erwiesen hat.

Wenn sämtliche im Führertisch angeordneten Schalter und das Handrad auf Null und die Griffe zur Türbewegung auf „Zu“ stehen, so kann im Führertisch ein Schlüssel gedreht und abgenommen werden. Dadurch werden alle Schalter und die Griffe zur Türbewegung festgehalten und die Kupplung zwischen Handrad und Steuerwelle gelöst, sodass Unbefugte sie nicht bewegen können.

Die Füsse des Führers ruhen auf dem Pedal der *Sicherheitssteuerung*. Wenn der Führer aus Unachtsamkeit oder Ohnmacht unterlässt, einen leichten Druck auf den vorderen Pedalteil auszuüben, so spricht der Sicherheits-Apparat an und setzt zuerst ein Signalthorn beim Führertisch in Tätigkeit. Kurz darauf werden die Wendeschalter ausgeschaltet, der Stromabnehmer gesenkt und die Luft-Bremse betätigt. Auf den gleichen Sicherheitsapparat wirkt in gleicher Weise die *automatische Zugsicherung*, System „Signum“¹⁾, wenn eine damit ausgerüstete Stelle der Strecke unachtsam befahren wird.

Von den beiden elektrischen Probeleuchttriebswagen versieht einer den fahrplanmässigen Dienst und legt dabei täglich rd. 500 km zurück. Der andere wird, wenn er nicht als Ersatz im Dienst steht, in grossem Umfang für Gesellschafts- und andere Sonderfahrten verwendet, die beim Publikum grossen Anklang finden. Bis Ende 1935 haben die Wagen rd. 125 000 km zurückgelegt.²⁾

¹⁾ Beschrieben von Ing. F. Steiner in „SBZ“, Band 103, 1934, Nr. 24 und 25, S. 279* und 290*.

²⁾ Mit Beginn des Sommerfahrplans, 15. Mai d. J., werden sechs derartige Leuchttriebwagen zur Verfügung stehen, die zur Ausfüllung von Fahrplanlücken und Fahrleistungs-Ergänzungen in allen drei SBB-Kreisen dienen werden.