Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 80 (1962)
Heft: 13: Schweizer Mustermesse 1962

Artikel: Die elektrischen Trans-Europ-Express-Züge der SBB
Autor: Guignard, Robert / Meyenburg, Klaus von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66128

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: 03.07.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Botschaft des Bundespräsidenten zur Schweizer Mustermesse 1962

Was schon wiederholt und mit Recht über die Nützlichkeit der nationalen Messen gesagt worden ist, erhält angesichts der wirtschaftlichen Zukunftsprobleme, vor denen wir heute stehen, besondere Bedeutung. Alle Studien auf diesem Gebiet unterstreichen die Notwendigkeit, von Zeit zu Zeit eine Produktionsbilanz unserer Volkswirtschaft zu erstellen, um prüfen zu können, ob wir den wissenschaftlichen und technischen Fortschritten genügend Rechnung tragen, und um darüber zu wachen, dass unsere Erzeugnisse ihre volle wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit bewahren. Welche Haltung wir auch gegenüber den Bestrebungen zu einer europäischen Integration einnehmen, und welches das Verfahren und der Ablauf der bevorstehenden Verhandlungen sein mögen, so werden selbstverständlich — abgesehen von jeder rein politischen Betrachtungsweise, wie zum Beispiel derjenigen der Wahrung der Neutralität — Qualität und Stärke unserer wirtschaftlichen Stellung im unvermeidlichen Kampf ums Dasein bedeutsam ins Gewicht fallen. In der heutigen Zeit der Ueberbeschäftigung, in welcher die Anforderungen einer vielleicht nur vorübergehenden Konjunktur der Forschungstätigkeit und einer zukunftgerichteten Entwicklungsarbeit oft hindernd im Wege stehen, ist es nicht unnütz, an diese Tatsachen zu erinnern.

Die Schweizer Mustermesse in Basel trägt in hohem Masse dazu bei, diese notwendige Gewissenforschung über den Stand unserer wirtschaftlichen Vorbereitungen zu ermöglichen. Von Jahr zu Jahr nimmt ihr Erfolg zu, was sich in der Zahl der Besucher und dem Umfang der Geschäfte äussert. Zu den Ergebnissen, die in Zahlen ausgedrückt werden können, kommen jene hinzu, die sich nicht in diese Form kleiden lassen, die aber wahrscheinlich die lebenswichtigsten und notwendigsten Erfolge darstellen, die wir wünschen können. Wir denken an den Geist der Initiative, an die schöpferische Energie, an den Willen zum Fortschritt — Eigenschaften, die unsere Tätigkeit beleben und deren Erhaltung für unser Dasein entscheidend ist. Eine wirtschattliche Blütezeit, wie wir sie noch nie erlebt haben, könnte leicht die Bedeutung jener Voraussetzungen vergessen lassen, auf die es ankommt, und mit denen man sich gerade dann beschäftigen muss, wenn man die Notwendigkeit dazu am wenigsten verspürt. Die Schweizer Mustermesse trägt in wertvoller Weise zu dieser Selbstbesinnung bei. Sie stellt sich in den Dienst eines Grossteils unseres Wirkens und bildet damit ein Bindeglied zwischen den verschiedenen Teilen der eidgenössischen Gemeinschaft. Sie bedeutet eine Ehrung des beruflichen Gewissens und der Leistungen von Arbeitgebern und Arbeitnehmern. Sie ist eine Quelle des Ansporns für alle diejenigen, die sich ihrem Beruf hingeben im Bestreben, damit die Ehre des Landes hochzuhalten.

Paul Chaudet, Bundespräsident

Die elektrischen Trans-Europ-Express-Züge der SBB

DK 625.232:621.335.2

Von **Robert Guignard,** dipl. Ing., Sektionschef für Wagenbau, und **Klaus von Meyenburg,** dipl. Ing., Sektionschef für Triebfahrzeugbau bei der Generaldirektion der Schweiz. Bundesbahnen, Bern

Hierzu Tafel 9/10

Alle bisher gebauten Trans-Europ-Express-Züge (TEE-Züge) fahren mit Dieseltraktion. Die SBB liessen erstmals elektrische TEE-Züge bauen, die mit den vier in Europa hauptsächlich verwendeten Bahnstromarten betrieben werden können. Sie verkehren seit 1. Juli 1961 auf den Strecken Zürich—Gotthard—Mailand und Mailand—Simplon—Paris. Die elektrotechnischen Probleme beim Bau der Vierstrom-Ausrüstung waren sehr interessant und vielgestaltig. Es galt vor allem, Schaltungen zu entwickeln, die eine einfache Zugsteuerung durch den Lokführer ermöglichen, wobei irgendwelche Fehlmanipulationen ohne schlimme Folgen bleiben.

Die Staatsbahnen von Frankreich, Belgien, Holland, Westdeutschland, Italien und der Schweiz haben im Jahr 1957 erstmals TEE-Züge in den Verkehr gesetzt. Es sind schnellfahrende Dieseltriebzüge, die einen gehobenen Komfort der Inneneinrichtung aufweisen. Sie verbinden rund 80 verkehrswichtige Städte Westeuropas in Fahrzeiten, die durchwegs wesentlich kürzer sind als jene aller übrigen Reisezüge. Deshalb und dank der aussergewöhnlichen Ausstattung erwarben sich die TEE-Züge rasch die Gunst der Reisenden. In der Tat kann man sich diese Züge nicht mehr aus dem Verkehrsdienst der Bahnen wegdenken.

Im Netz der TEE-Züge bestand eine Lücke zwischen Zürich und Mailand durch den Gotthard und zwischen Mailand und Paris durch den Simplon. Für diese die Alpen durchquerenden Routen ist die elektrische Traktion wegen der langen, starken Gefälle und der Tunnel vorteilhafter als die Dieseltraktion, indem jede Verunreinigung der Atmosphäre wegfällt und weil auch auf den Steilrampen mit der höchstzulässigen Streckengeschwindigkeit gefahren werden kann.

Konstrukteur und Ersteller des wagenbaulichen Teils der vier Zugeinheiten war die Schweizerische Industriegesellschaft Neuhausen. Den elektrischen Teil projektierte und baute die Maschinenfabrik Oerlikon. Die jedem Wagenelement eigene Luftkonditionierungsanlage lieferte die AG Brown, Boveri & Cie., Baden. Auf der Strecke Zürich—Mailand verkehrt je ein Zugpaar am Vormittag und am Nachmittag, und zwar mit einer Fahrzeit von 4 Stunden, wobei nur in Lugano und Como ein Halt eingeschaltet wird. Zwischen Mailand und Paris läuft ein Tageszugpaar mit achtstündiger Fahrzeit, mit Zwischenhalt in Lausanne und Dijon.

Der wagenbauliche Teil

Wie die Typenskizze (Bild 2, Falttafel) zeigt, setzt sich der Zug aus 5 Wagen wie folgt zusammen: je 1 Steuerwagen mit Sitzabteil an den Zugenden, 1 Zwischenwagen mit Sitzabteil, 1 Speisewagen, 1 Maschinenwagen.

Der Zug ist 125 m lang und wiegt rund 259 t. Die drei Wagen mit Sitzabteilen enthalten zusammen 126 bequeme Polstersitze. Jeder Wagen besteht aus einem grossen Abteil mit 42 Plätzen zwischen den Drehgestellen. Ueber einem der beiden Drehgestelle befindet sich eine geräumige Einstiegplattform. Sie enthält einen grossen Schrank mit Ablage für Mäntel und Grossgepäck. Ueber dem andern Drehgestell befinden sich je ein Abort für Damen und Herren und ein Frisierraum für Damen. Vom führerstandseitigen Vorraum der Steuerwagen aus lässt sich durch ein grosses Fenster und die verglaste Türe die zu befahrende Strecke und die Tätigkeit des Lokführers beobachten.

Der Speisewagen enthält einen grossen Speisesaal mit anschliessender Bar. Dem gehobenen Komfort entsprechend sind auf die Wagenbreite verteilt nur drei Plätze angeordnet.

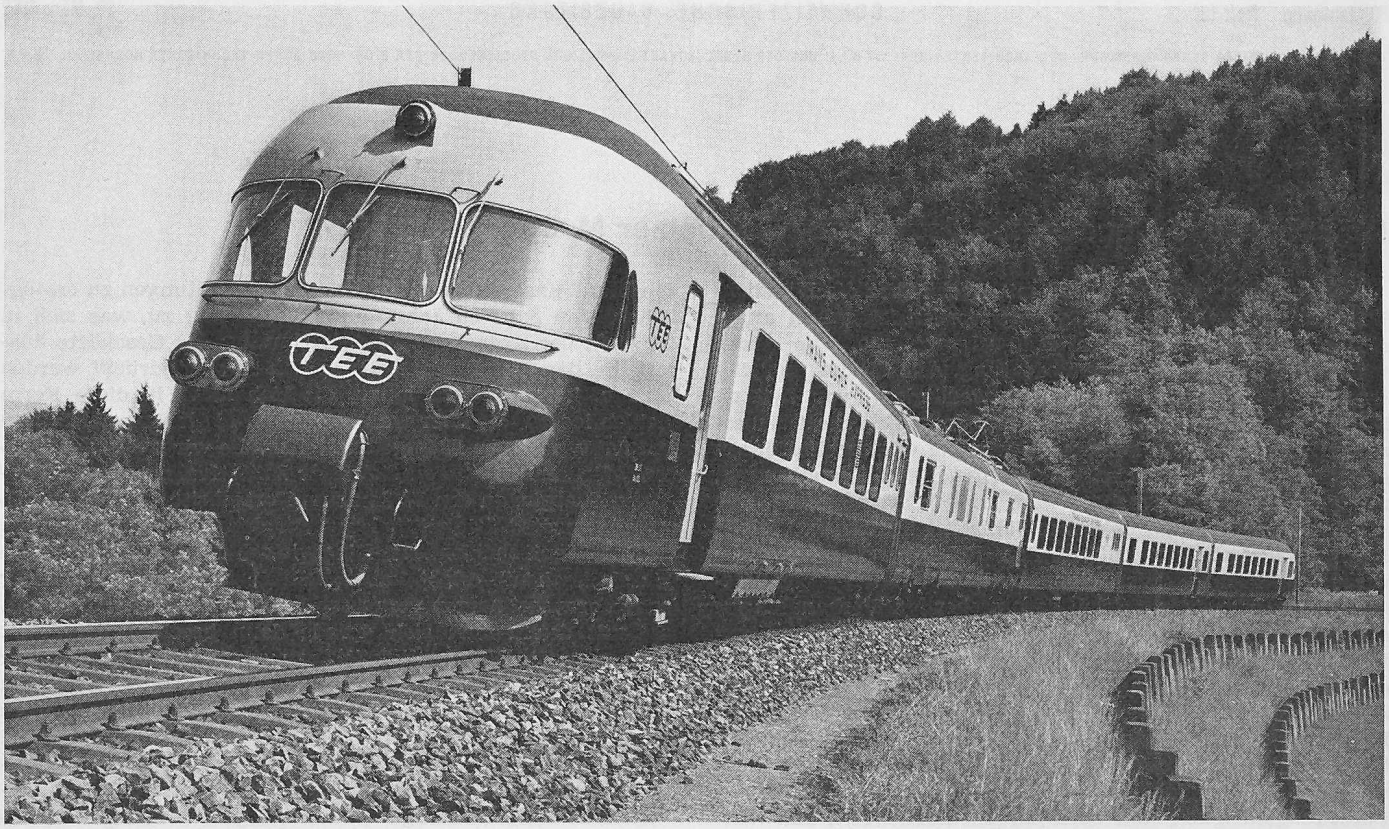


Bild 1. Aussenansicht des Triebzugs

Dem Gast und dem Bedienungspersonal steht daher reichlich Platz zur Verfügung. Dies hatte zur Folge, dass die Küche nicht mehr im Speisewagen untergebracht werden konnte; sie befindet sich nebenan im Maschinenwagen. Dieser enthält nebst der gesamten elektrischen Ausrüstung für die vier europäischen Bahnstromsysteme und der Küche auch die notwendigen Diensträume für internationalen Verkehr.

Die eingebaute elektrische Traktionsleistung wurde so gewählt, dass nötigenfalls später ein weiterer Wagen zwischen Maschinenwagen und Steuerwagen eingeschoben werden könnte. Der Zug würde dann 168 Sitzplätze enthalten.

Um den Reisenden den Gang durch den Zug bequemer zu gestalten, wurden die Wagen durch geschlossene Uebergänge verbunden. Sie sind nach innen vollständig abgedichtet, so dass Uebergangstüren in den Stirnwänden der Wagen nicht nötig sind. Nur die Sitzabteile selber sind gegen die Vorräume mit Schiebetüren abschliessbar. Die Uebergänge sind eine konstruktive Weiterentwicklung einer erstmals bei den auf der Strecke Zürich—Amsterdam—Paris verkehrenden dieselelektrischen Zügen der holländischen und schweizerischen Bahnen angewendeten Bauart.

Die Personenwagen

Der Zwischenwagen 4 und die zwei Steuerwagen 1 und 5 sind weitgehend gleich gestaltet. Die Steuerwagen enthalten je einen Führerstand und sind von genau übereinstimmender Bauart.

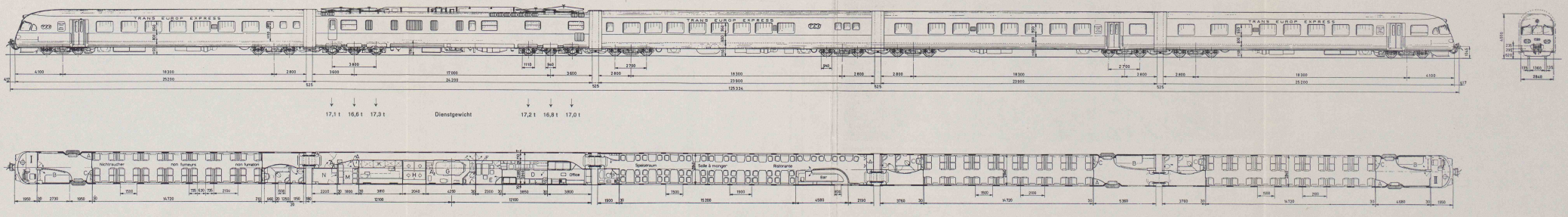
Für die *Kasten* der Wagen wurde eine selbsttragende Röhrenkonstruktion gewählt (Bilder 3, 4, 5). Alle Bauelemente bestehen aus ebenen oder abgekanteten Blechen aus St 37. Bei der Wahl des Materials ist besonders auf gute Kaltverformbarkeit geachtet worden. Aussenwandbleche, Fussboden- und Dachbleche enthalten 0,25 % Kupfer als Korrosionsschutz. Das Untergestell besteht aus zwei Z-förmigen Langträgern in 4 mm Blech. Sie sind mittels I- oder U-förmiger Querträger verbunden. Das 1,5 mm starke Bodenblech ist gewellt und mit den Längs- und Querträgern verschweisst. Die Seitenwände aus 2,5-mm-Blech sind mittels Punktschweissung mit den Säulen und Längsgurten verbunden. Die Säulen stützen sich mit verbreiterten Füssen auf die Längsträger, mit denen sie verschweisst sind. Seitenwände und Längsträger sind dadurch starr verbunden. Das 1,5-mm-Dachblech ist durch eingepresste Längssicken ausgesteift. Die Dachspriegel bestehen aus U-Profilen. Sie sind möglichst niedrig gehalten, damit genügend Raum für das Unterbringen der Ventilationskanäle verblieb.

Alle Teile des Kastens wurden weitmöglichst als Einzelteile fertiggestellt und mit Lehren zusammengebaut. Eine gut überlegte Konstruktion und Arbeitsplanung beim Schweissen und beim Zusammenbau haben ermöglicht, Ungenauigkeiten und grössern Verzug zu vermeiden, so dass wenig Richtarbeit nötig war und keine gefährlichen innern Spannungen entstanden.

Der Wagenkasten ist mit erheblichem Aufwand und grösster Sorgfalt *akustisch und thermisch isoliert* worden (Bild 6). Für beide Isolationsaufgaben verwendete man das geeignetste Material. Alle Verkleidungsbleche wurden auf der Innenseite mit einem Dröhnschutz-Material von rund doppelter Dicke des zu schützenden Blechs überzogen; ebenso die untere Seite des gewellten Bodenblechs. Die Wärmeisolation im Dach ist reichlich bemessen, um Wärmeverluste im dort befindlichen Kanal für die klimatisierte Luft zu vermeiden. Zu diesem Zweck wurde über die Dröhnschutzmasse eine 30 mm dicke Schicht von Fiberasbest aufgespritzt. Ferner sind alle Zwischenräume mit Glasfasermatten ausgefüllt.

Beim Bau des Wagenbodens sind die Vorkehren zur Lärmbekämpfung besonders wichtig. Man wählte das bewährte System des schwimmenden Bodens, bei welchem jede direkte metallische Verbindung zwischen Bodenblech und Fussboden selbst vermieden ist. Bild 7 zeigt im einzelnen die Bauart des Fussbodens. Er besteht aus 15 mm dicken Tischlerplatten, welche gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt sind. Diese Platten sind mittels Querhölzern befestigt, die ihrerseits auf den in den Tälern des Wellblechbodens verlegten Längshölzern aufliegen. Auf das Bodenblech ist eine 8 mm dicke akustische Dämmatte aufgeklebt. Ueber den Drehgestellen ist die Dämmatte doppelt verlegt worden. Die Hohlräume zwischen den Querhölzern sind mit Glaswolle ausgestopft. Der Fussboden ist insgesamt 65 mm dick.

Die innere *Ausstattung* der Reisendenabteile wurde so getroffen, dass eine freundliche, ruhige Atmosphäre für die



Wagen 1
Sitzplätze 42
Tara 40 t

Wagen 2
Maschinen und Küche
Tara 102 t

Wagen 3
Sitzplätze: Speiseraum und Bar 48 + 6 = 54
Tara 40 t

Wagen 4
Sitzplätze 42
Tara 37 t

Wagen 5
Sitzplätze 42
Tara 42 t

A Apparate
B Gepäck und Garderobe
C Luftkonditionierung
D Küche
E Mannschaftsraum
F Pneumat. Apparate
H Widerstände
K Gleichrichter
L Luftkanäle
M Zoll- und Zugpersonal
N Gepäckraum 2,5 m³/t
P Dienstchef

Betriebsart:	16⅔ ~ dauernd	16⅔ ~ einstündig	50 ~ 1500 V= 3000 V= dauernd	50 ~ 1500 V= 3000 V= einstündig
Leistung an der Motorwelle kW	2148	2376	2048	2272
Zugkraft am Rad kg	8320	9700	8140	9560
bei einer Geschwindigkeit km/h	92,5	87,5	90	85

Triebraddurchmesser	1110 mm
Laufraddurchmesser	940 mm
Uebersetzungsverhältnis	1:2,34
Anzahl Fahrmotoren	4
Gewicht des gesamten Triebzuges	259 t
Reibungsgewicht des Triebwagens	68 t
Anzahl Sitzplätze	126
Anzahl Sitzplätze im Speiseraum und in der Bar	48 + 6 = 54
Max. Anfahrzugkraft am Rad	16 000 kg
Max. Geschwindigkeit	160 km/h

Bild 2. Typenbild des elektrischen TEE-Zuges der Schweizerischen Bundesbahnen, erbaut im Jahre 1961 durch die Schweizerische Industriegesellschaft Neuhausen und die Maschinenfabrik Oerlikon. Maßstab 1:200

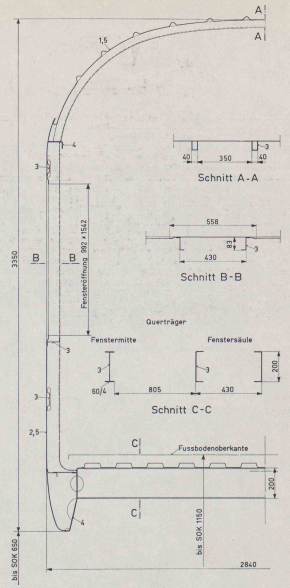


Bild 3. Kastenquerschnitt eines Personenwagens. Die eingetragenen Zahlen geben die Blechdicken in mm an. Massstab 1:20

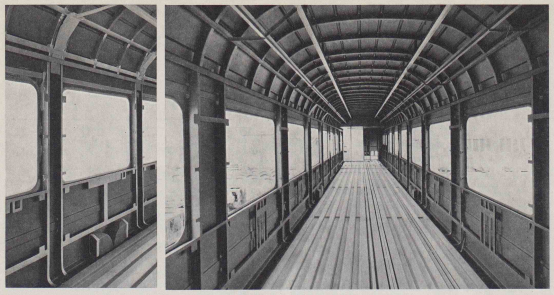


Bild 5. Innenansicht zur Seitenwand
Unter dem Fenster sieht man die Einstrittsstutzen zu den Luftkanälen an der Seitenwand

Bild 4. Innenansicht des Rohbaukastens (Wagen 4)

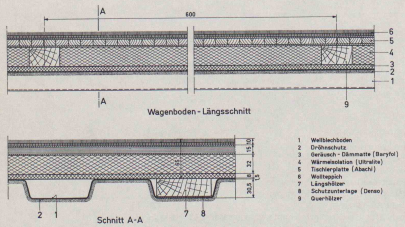


Bild 6. Schnitte des Fussbodens im Abteil
Massstab 1:5

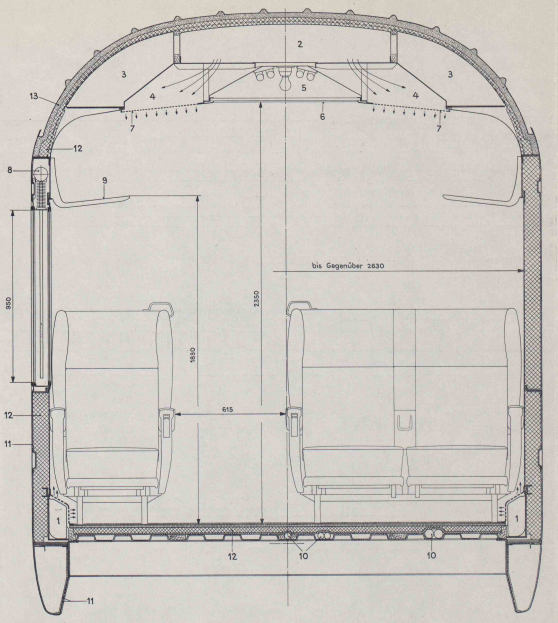


Bild 7. Querschnitt des Wagenkastens mit Isolation und Luftkanälen. Massstab 1:17

1 Seitenwandkanal
2 Druckkanal im Dach
3 Rückluftkanal im Dach
4 Verteilkanal
5 Beleuchtungskanal
6 Gewellte Kunststoff-Leuchtdecke
7 Viellochdecke
8 Lamellenstoren mit Motorantrieb
9 Längsgepäckträger
10 Elektrische Leitungen
11 Dröhnschutz
12 Wärmeisolation (Ultralite)
13 Fiberasbest-Isolation

Bild 11 (rechts). Vertikalschnitt 1:7 durch die Einstiegtreppe
1 Türflügel
2 Gummischlauchdichtung

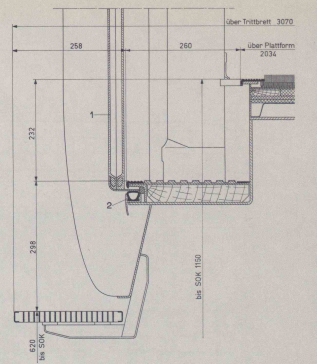
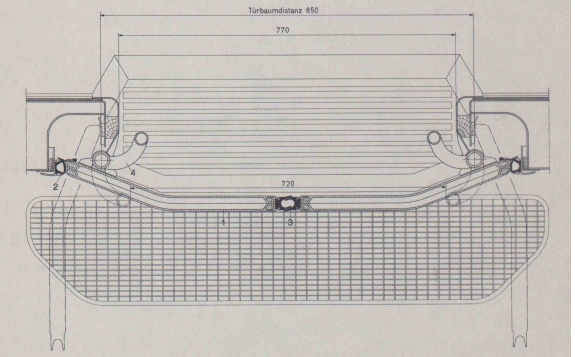


Bild 10 (unten). Horizontalschnitt 1:7 durch die Einstiegtüre
1 Türflügel
2 Gummischlauchdichtung
3 Gummidichtprofil
4 Handgriff



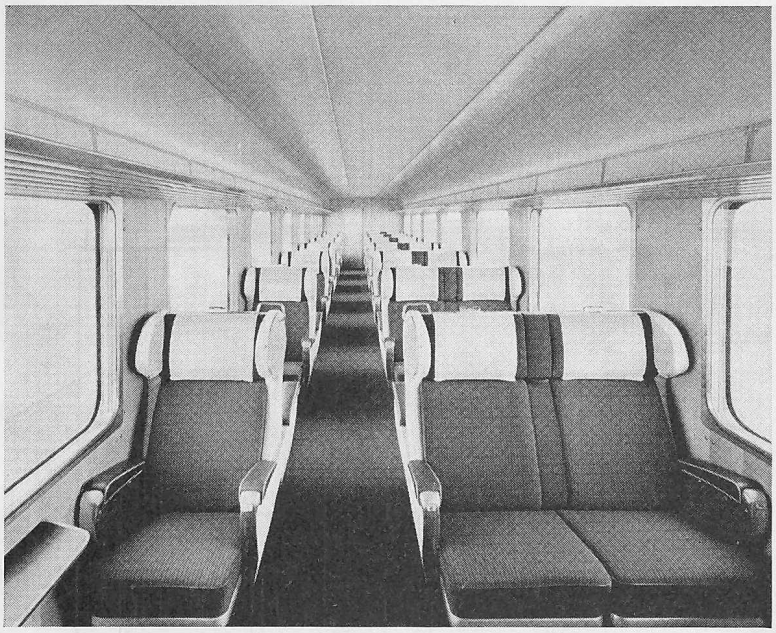


Bild 9. Innenansicht des Personenabteils 1. Klasse



Bild 9a. Ebenso, ohne die waschbaren Polsterüberzüge

Reisenden entstand (Bild 9). Die Wandverkleidungen bestehen aus mit hellem Eschenholz fournierten Holztafeln. Die Gepäckträger in Al-Profil sind als durchgehende Längsgepäckträger über den Fenstern angeordnet. Die Stühle weisen bewegliche Sitze und Rücklehne auf; der Sitz kann um 15 cm in jede gewünschte Stellung verschoben werden, wobei die Rücklehne mitbewegt wird, so dass sie immer geeignet geneigt ist. Mittels eines Druckknopfs können Sitz- und Rücklehne zum Verschieben freigegeben werden. Die Sitze sind mit Möbelstoff überzogen. Für jeden Wagen wurde eine andere Farbe gewählt. Die Seitenwände der Sitze gegen den Mittelgang sind mit hellem Kunstleder überzogen.

Die *Fenster* sind doppeltverglast und fest. Zwischen den beiden Gläsern ist eine bewegliche Lamellenstore eingebaut. Sie kann durch einen Schalter mittels eines Elektromotors nach Wunsch eingestellt werden.

Zur *Beleuchtung* der Reisendenräume verwendete man Fluoreszenzlampen, die in einem 800 mm breiten Kanal in Wagenlängsmitte im Dach untergebracht sind. Dieser Kanal ist nach unten mit einem gewellten, durchsichtigen Plasticmaterial abgeschlossen. Es entsteht eine gleichmässige, nicht blendende, angenehme Beleuchtung. Ihre Lichtstärke beträgt in der 80 cm über dem Boden gedachten horizontalen Ebene 500 Lux.

Die *Wagentüren* bestehen aus zwei Drehflügeln. Die Türbäume sind über der Türöffnung mittels Kegelgetrieben und horizontaler Welle kraftschlüssig gekuppelt, so dass die Türflügel sich miteinander bewegen. Um eine möglichst grosse lichte Breite der Türe zu erreichen und gleichzeitig zu verhindern, dass die Türflügel in offener Stellung in das Lichtraumprofil hineinragen, sind die Türbäume gegen die Wagenmitte versetzt. Daher sind die Türflügel gegen die Drehachse hin leicht nach innen gebogen. Die lichte Weite der Wagentüre beträgt 720 mm. Die Türe lässt sich mit zwei Koffern mittlerer Grösse ohne Schwierigkeiten durchschreiten.

Um eine gute Abdichtung und Schallisolation zu erhalten, sind — wie Bild 10 zeigt — besondere Vorkehrungen getroffen worden. Die Dichtheit gegen das Eindringen von Regen und Schnee konnte mittels eines Gummischlauchs erreicht werden, der über den ganzen Umfang des Türlichts verlegt ist. Ueberschreitet der Zug die Geschwindigkeit von 15 km/h, so füllt sich dieser Schlauch selbsttätig mit Druckluft, wodurch er gegen Türrahmen und Türflügel gepresst wird und hermetisch abdichtet. Der dabei auf die Türflügel ausgeübte Druck erzeugt ein Schliessmoment, so dass die Türe nicht mehr geöffnet werden kann. Um dies notfalls doch zu ermöglichen, ist bei jeder Türe ein Nothahn zum Entleeren des Dichtungsschlauchs angebracht.

Jeder Türflügel besteht aus zwei zusammengeklebten Profilen aus Polyester mit Glasfaserverstärkung. Der Raum zwischen diesen Profilen ist mit Isoliermaterial ausgefüllt. Jeder Türflügel enthält ein doppelverglastes Fenster.

Die Aufstiegstreppe hat nur drei Tritte. Der unterste liegt 350 mm über dem normal niedrigen Bahnsteig (Bild 11). Da die Treppen unmittelbar gegenüber dem Drehzapfen liegen, konnten das höchstzulässige Breitenmass angewendet und bestmögliche Trittverhältnisse erzielt werden.

Wie schon eingangs erwähnt, befindet sich im Vorraum ein grosser Schrank für Mäntel und grosses Gepäck, welche

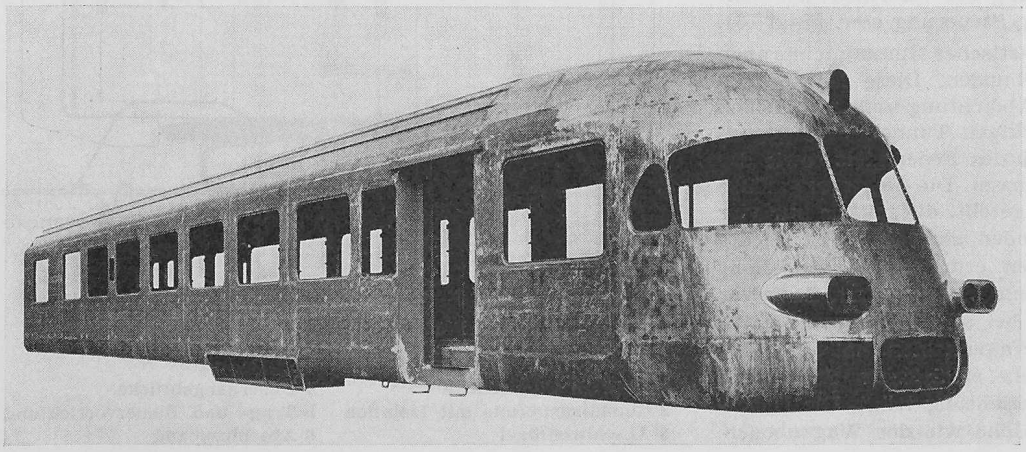


Bild 8. Ansicht des Rohbaukastens eines Steuerwagens

Die Bilder 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 und 11 befinden sich auf der Falttafel

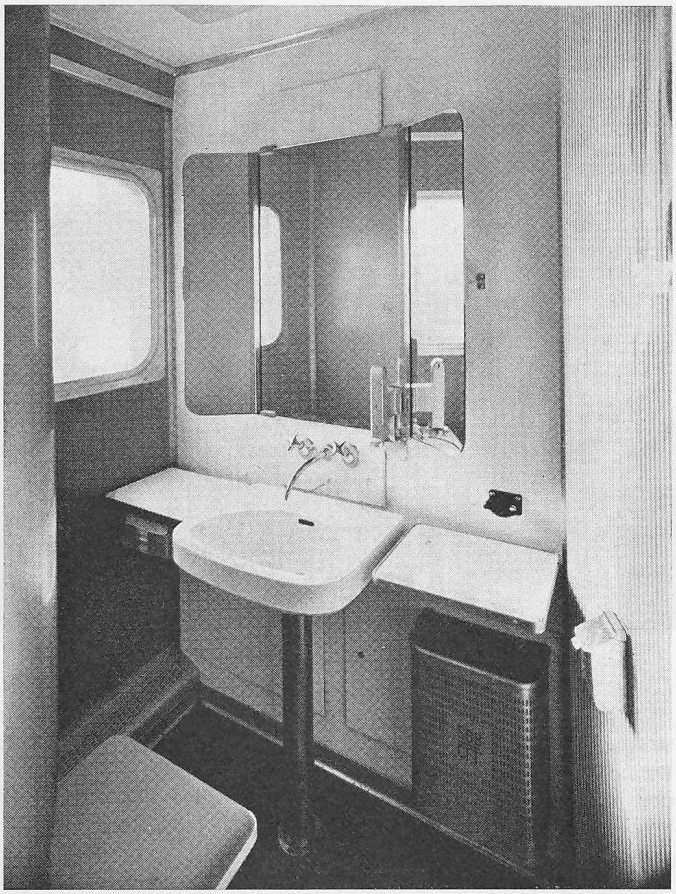


Bild 12. Ansicht des Frisierraums

der Fahrgast hier vor dem Eintritt in den Sitzraum ablegen kann.

Für die Waschgelegenheiten in den Aborten und im Frisierraum, die sich — wie ebenfalls eingangs angedeutet — am andern Ende des Wagens befinden, steht kaltes und warmes Wasser zur Verfügung. Die gegen Kondenswasserbildung geschützten Wasserbehälter fassen 440 Liter und sind in einem gut wärmeisolierten Raum im Dach untergebracht. Der Frisierraum ist mit einem grossen, dreiteiligen Spiegel, einem gepolsterten Sitz und den nötigen Ausrüstungsgegenständen versehen (Bild 12).

Die Abteilschiebetüren aus anodisch oxydierten Aluminiumblechen sind ohne Schloss. Sie werden durch eine einfache Vorrichtung in der offenen und der geschlossenen Stellung gehalten.

Bild 13 stellt den geschlossenen *Uebergang zwischen den Wagen* dar. Dieser Uebergang befindet sich nicht wie üblich in der Wagenaxe, sondern seitlich, so dass die Hälfte der Wagenbreite zur Anordnung der Aborte bzw. der Gepäck- und Mantelablage zur Verfügung steht. An den freien Stirnwänden gegenüber dem Uebergangstunnel befinden sich die Kabelkasten für die Verbindung der verschiedenen elektrischen Kupplungen für Heizung, Steuerung usw. (Bild 16).

Der Uebergang ist mittels elastischer Gummimembranen mit den Wagenstirnwänden verbunden. Diese Membranen gewährleisten eine einwandfreie Abdichtung und ermöglichen eine freie Bewegung des rechteckigen Tunnelrohres gegenüber dem Wagenkasten innerhalb des Federspiels sowie der seitlichen Bewegungen in den Kurven. Die Uebergangsröhre ist in der Mitte in zwei Hälften geteilt, die mittels nur vier Spannriegeln miteinander verbunden sind und eine leichte und rasche Trennung der Wagen ermöglichen. Das Rohr ist oben und unten durch ein Hebelsystem geführt, und zwar in der Weise, dass die Rohraxe bei allen Bewegungen den Winkel zwischen den beiden Wagenkasten halbiert. Der untere Führungshebel enthält ein sphärisches Stützlager, welches die ganze Uebergangseinrichtung trägt. Die Uebergangsbrücke liegt auf gleicher Höhe wie der Wagenboden.

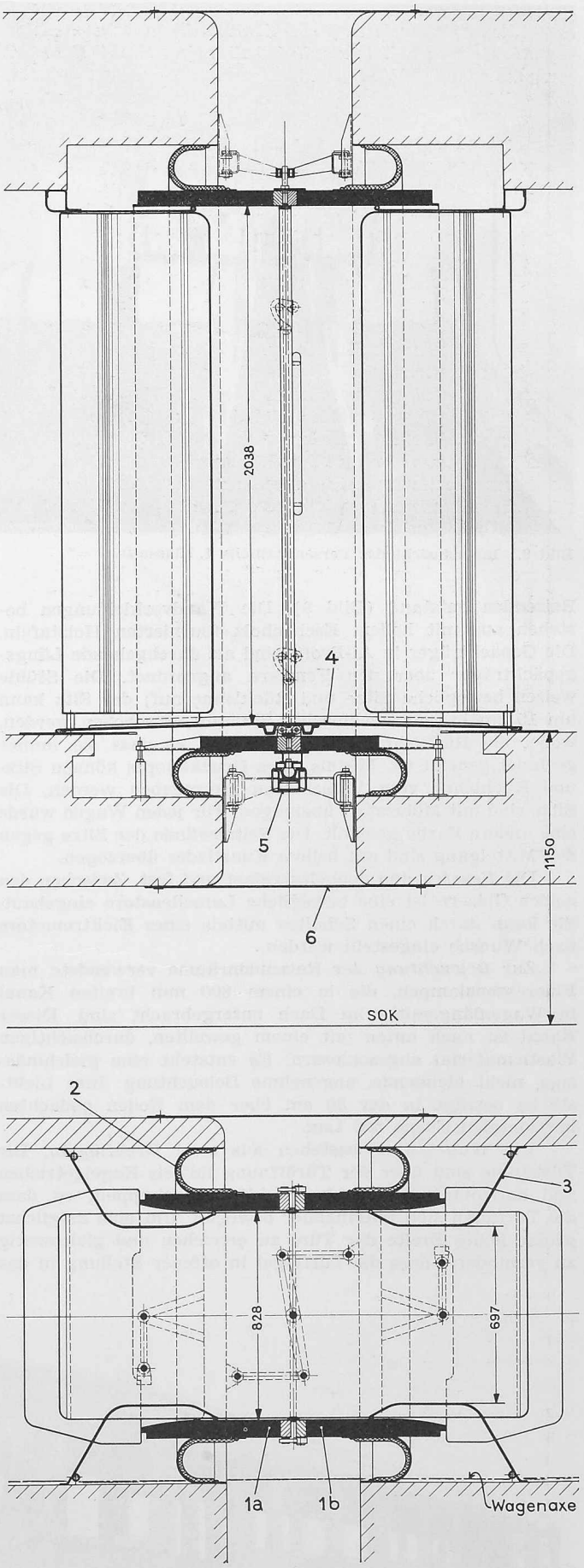


Bild 13. Uebergangseinrichtung

1a und 1b Tunnelhälfte
2 Gummimembrane mit Isolation
3 Abschlussflügel
4 Uebergangsbrücke
5 Trag- und Steuervorrichtung
6 Abschlussband

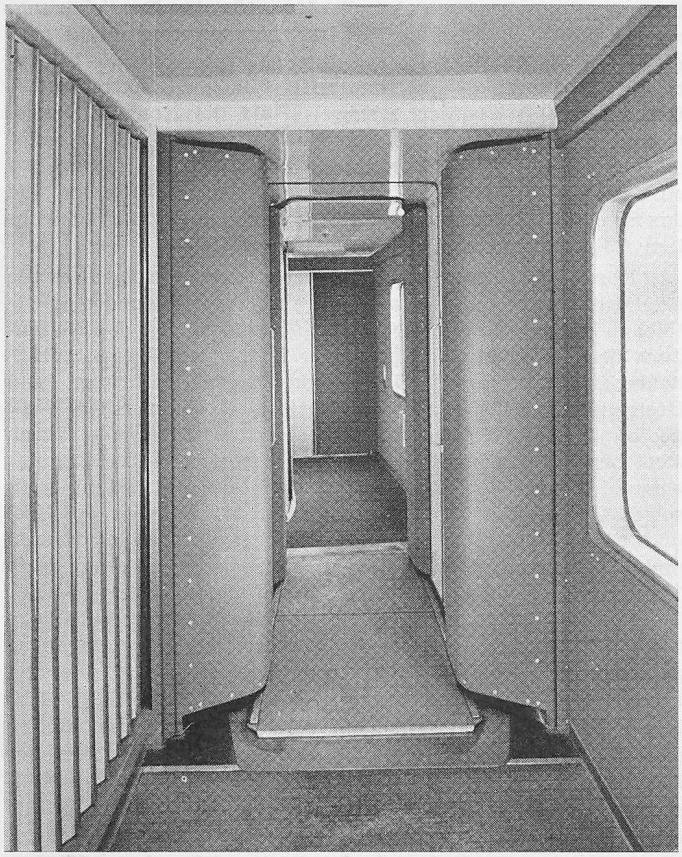


Bild 15. Innenansicht der Uebergangseinrichtung

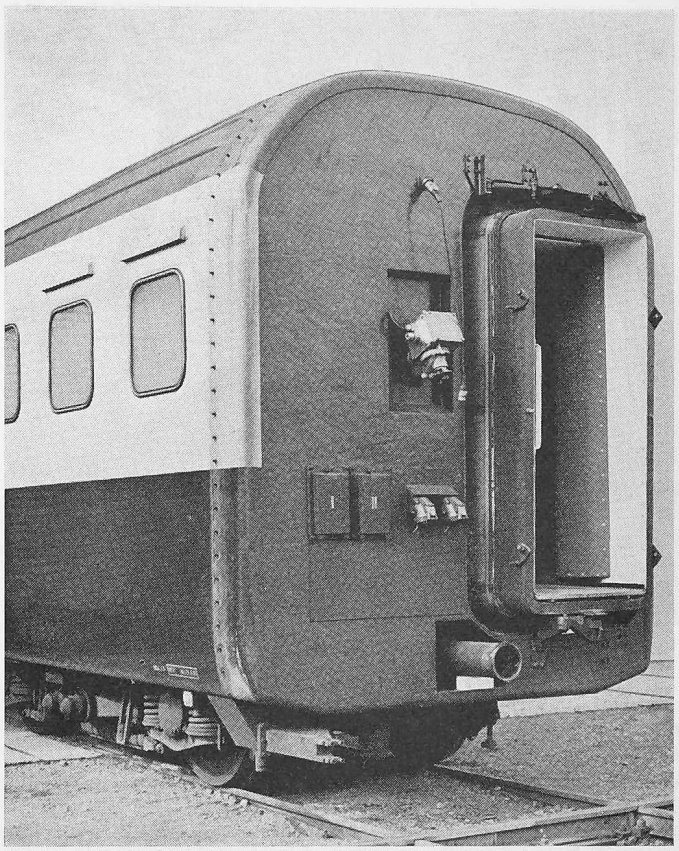


Bild 16. Stirnansicht eines Personenwagens

Die Funktionsweise der Uebergangseinrichtung in Kurven ist in Bild 14 dargestellt. Die vorstehenden Enden des Uebergangsrohrs sind aus ästhetischen Gründen durch gelenkige Verschalungen abgeschlossen (Bild 15). Die gegenüberliegenden Enden der Seitenwände der Wagen sind ringsum durch einen Abschluss aus elastischem Gummituch verbunden.

Die Wagen sind unter sich mit einer zweiteiligen, mit Ringfedern gefederten *Kurzkupplung* (Zug- und Druckkupplung) verbunden. Die beiden Kupplungshälften verbindet eine zweiteilige Schalenmuffe, die durch Lösen von 4 Schrauben leicht getrennt werden kann. Die Kupplungsfedern haben eine Vorspannung von je 3 t, ihre Endkraft beträgt nach 50 mm Hub 34 t.

Um eine gute Laufruhe auch in der Querrichtung zu gewährleisten, ist eine auch als Schlingerbremse dienende Querkupplung zwischen den Wagen eingebaut. Sie besteht aus zwei ineinander gleitenden Rohren. Am äussern Rohr sind Reibungselemente angeordnet, die mittels Federn gegen das innere Rohr gepresst werden. Laufversuche haben die gewünschte Wirksamkeit der Schlingerbremse bestätigt.

An beiden Enden des Zugs sind automatische Kupplungen, Typ Scharfenberg, vorhanden. Sie übertragen bei gekuppelten Zügen die Zug- und Stosskräfte und verbinden die pneumatischen und elektrischen Leitungen. Die gesamte Zugsteuerung ist so eingerichtet, dass von einem Führerraum aus zwei Züge geführt werden können.

Auf jedem Zug wird eine Hilfskupplung mitgeführt. Sie dient im Störungsfall zur Verbindung zwischen der Scharfenbergkupplung und der normalen Schraubenkupplung der Abschlepplokomotive.

Das *Führerpult* ist für sitzende Bedienung eingerichtet (Bild 17). Es enthält alle Bedienungsgeräte, Instrumente und Kontrollorgane übersichtlich und handlich angeordnet. Drei grosse, doppeltverglaste und mit Scheibenwischern versehene Führerraum-Frontfenster ermöglichen einen guten Ueberblick auf das Gleis und die Signale. Mittels eines Ventilators kann warme Luft zwischen die beiden Scheiben der Doppelverglasung geblasen werden, wodurch eine Sichtbehinderung bei Schlechtwetter, wie z. B. bei Schnee, Eis und Reif vermieden wird.

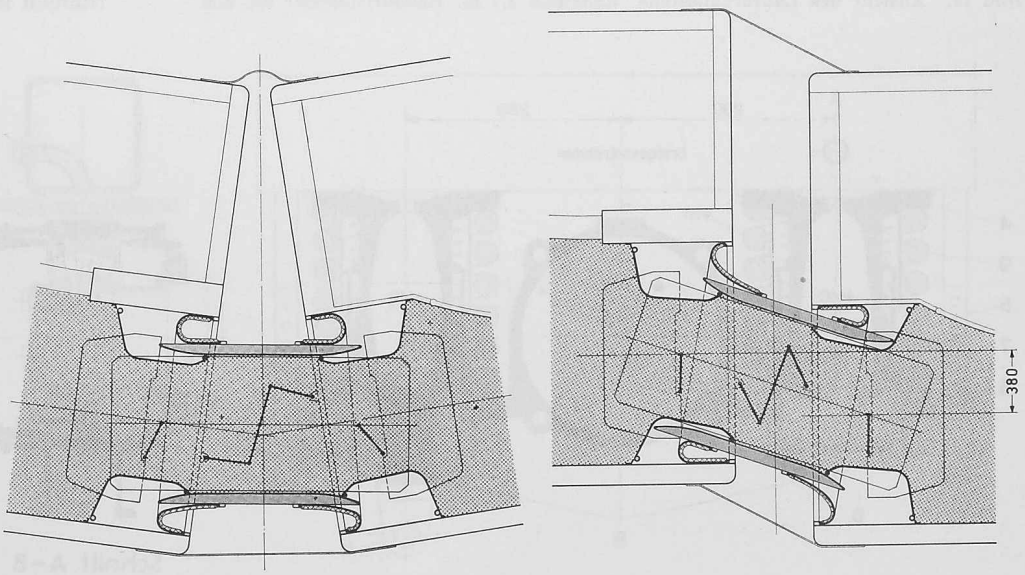


Bild 14. Stellung der Uebergangseinrichtung in Kurven

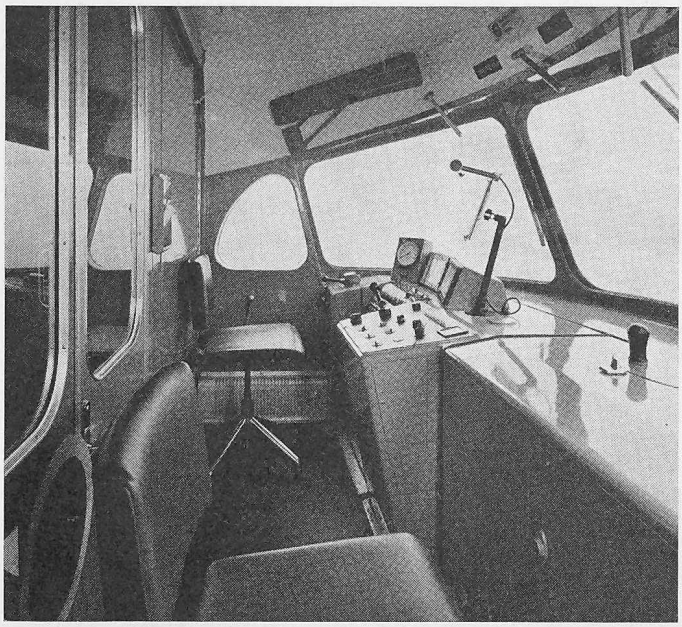


Bild 17. Innenansicht des Führerstandes

Die äussere Form der Wagen ist mittels Modellen untersucht worden, um dem Zug eine gediegene, einfache und auch aerodynamisch günstige Form zu geben. Ein Modell des Kopfteils wurde im Windkanal des Flugzeugwerkes Emmen eingehenden Versuchen unterzogen. Unter anderem konnte dabei die geeignetste Anordnung der Scheibenwischer bei allen Geschwindigkeiten bis zu 160 km/h gefunden werden.

Die Drehgestelle

Die zweiachsigen Drehgestelle der Steuerwagen, des Zwischenwagens und des Speisewagens sind von einheitlicher Bauart, abgesehen von den Geräten für die Zugsicherung, welche nur an den beiden Enddrehgestellen angebracht sind (Bild 18). Es handelt sich bei diesen Geräten um die Uebertragungsmagnete des bei den SBB üblichen elektromagnetischen Signum-Systems einerseits und die Kontaktbürsten der bei der SNCF verwendeten Kontaktvorrichtung (Krokodil) anderseits. Die Drehgestelle der beiden Steuerwagen sind ferner mit einer Gleitschutzapparatur versehen, die das Schleifen der Räder bei starken Bremsungen und schlechtem Adhäsionszustand der Schienen verhindert.

Der Kasten ruht über seitliche, in einem Oelbad liegende Gleitstützen auf einer Pendelwiege. Die zwischen den Gleitflächen auftretenden Reibungskräfte verhindern das Schlingern des Drehgestells. Ein in der Mitte der Wiege befindlicher Drehzapfen überträgt nur horizontale Führungs- und Bremskräfte. Diese Kräfte werden durch einen Silentblock gedämpft. Die Wiege wird vom Drehgestellrahmen durch zwei Lenker geführt, deren Gelenke mit sphärischen Gummielementen versehen sind. Die horizontale Verbindung zwischen Wiege und Drehgestellrahmen ist dadurch spielfrei und nützt sich nicht ab. Zur Federung zwischen Kasten und Drehgestellrahmen dienen vier parallel geschaltete Torsionsstäbe, die in der Pendelwiege eingebaut sind. Jeder Torsionsstab trägt auf der einen Seite einen mit der Wiege fest verbundenen und auf der andern Seite einen drehbar gelagerten Hebel. Dieser überträgt die Vertikallast über ein sphärisches Gleitlager, das in einem Oelbad liegt. Das äussere Ende dieses Hebels nimmt die leicht gegen aussen geneigten Pendel auf, welche die Vertikalkräfte von der Pendelwiege, d. h. dem Wagenkasten auf den Drehgestellrahmen übertragen. Durch die Neigung der Pendel wird die erwünschte Rückstellkraft erzeugt. Die Querbewegungen der Wiege werden durch einen hydraulischen Dämpfer gedämpft. Der Drehgestellrahmen besteht aus je zwei röhrenförmigen Längs- und Querträgern, die aus je zwei U-förmig gepressten Blechen aufgebaut sind. Die Schweissnaht liegt in der neutralen Zone des Querschnitts.

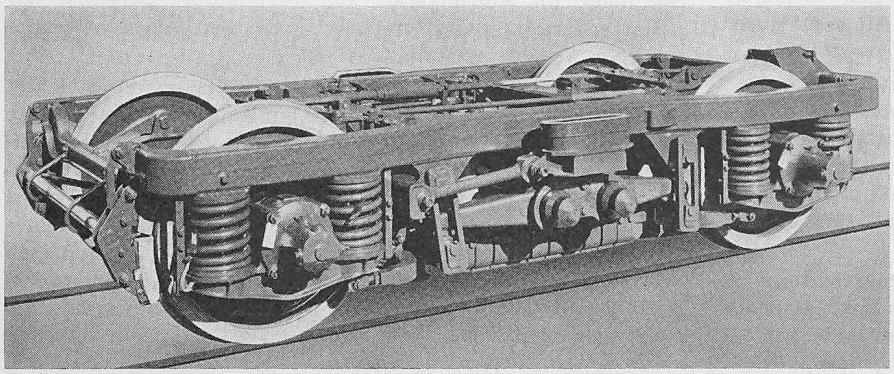


Bild 18. Ansicht des Laufdrehgestells. Radstand 2,7 m, Raddurchmesser 940 mm

Die primäre Federung und die horizontale Führung der Achsen sind in Bild 19 dargestellt. Der Drehgestellrahmen ruht über Schraubenfedern und Federtellern auf den Tragarmen der Achskisten. Die Führung besteht aus zwei zylindrischen Zapfen, die am Drehgestellrahmen angeschweisst sind und über eine Bronzehülse in einem mit der Achskiste verbundenen Stahlzylinder gleiten. Alle Teile der Führung liegen in einem Oelbad. Wie Bild 19 zeigt, sind die beiden Führungsorgane einer Achskiste nicht übereinstimmend gebaut, da nur der innere Zapfen für die Uebertragung der Bremskräfte der Magnetschienenbremse auf den Drehgestellrahmen ausgebildet ist.

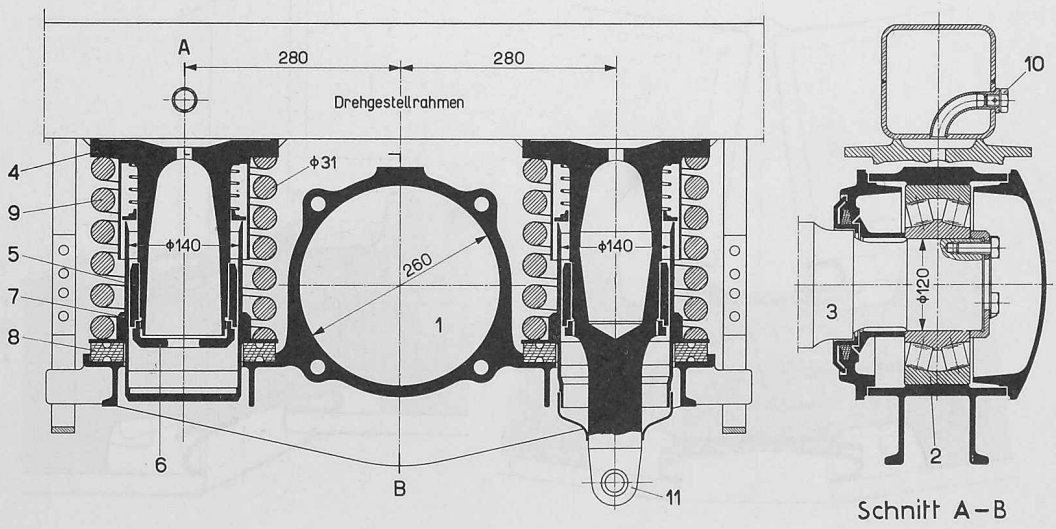


Bild 19 (links). Achslager-Führung und -Federung der Laufdrehgestelle

1 Rollenachslagergehäuse
2 Pendelrollenlager
3 Radsatz
4 Führungszapfen
5 Führungsbüchse
6 Dämpfungsmutter
7 Federteller mit Führungsrohr
8 Gummiunterlage
9 Schraubentragfeder
10 Entlüftungsschraube
11 Führungszapfen mit Mitnehmer für Magnetschienenbremse

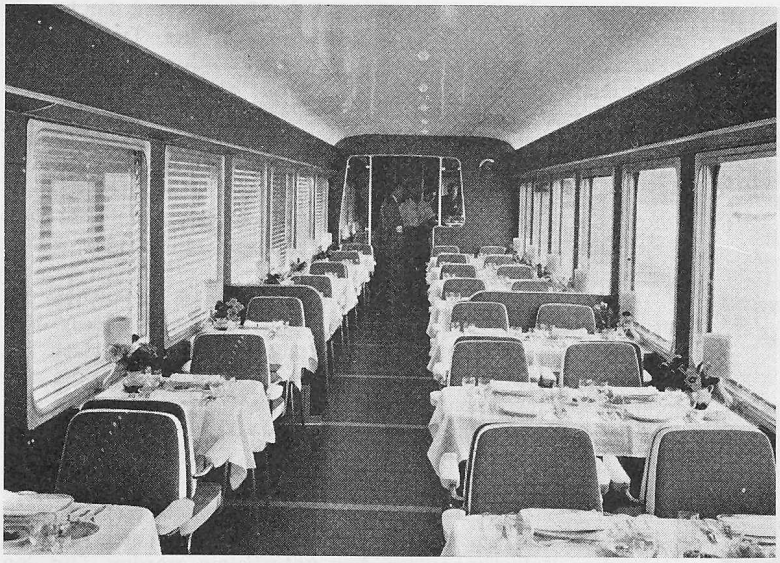


Bild 20. Innenansicht des Speiseraums

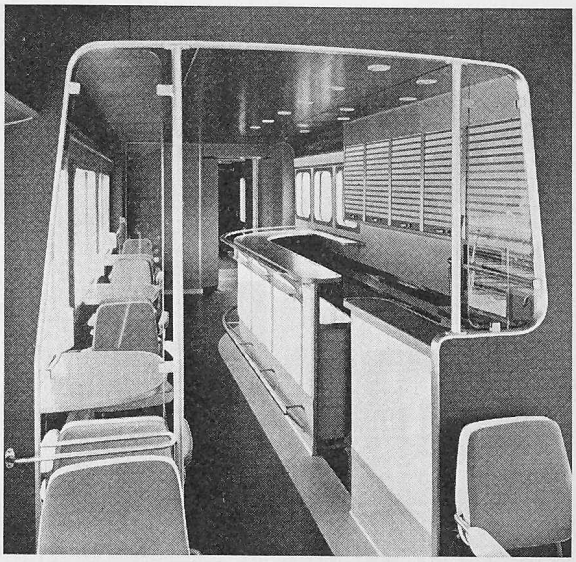


Bild 21. Innenansicht der Bar

Der Bremszylinder, das Bremsgestänge und der Gestängeregler sind im Drehgestell selbst eingebaut. Alle Gelenke des Bremsgestänges enthalten Büchsen aus Nylon, wodurch Lärm und Erschütterungen beim Bremsen stark herabgemindert werden und der mechanische Wirkungsgrad des Bremsgestänges dauernd gut bleibt.

Der Speisewagen

Der Speisewagen befindet sich in der Mitte des Zugs, neben dem Maschinenwagen. Der Speiseraum enthält 48 Sitze, und in der anschliessenden Bar können während der Mahlzeiten an 3 weiteren Tischen 6 Fahrgäste essen. Für den Oberkellner ist am Ende des Speisesaals ein kleiner, abgeschlossener Büroraum vorhanden. Der Speisesaal und die Bar sind unter Mitwirkung von Architekt W. Henne, Schaffhausen, der auch in den übrigen architektonischen Fragen beraten hat, gestaltet worden (Bilder 20 und 21). Die Ausstattung wirkt ruhig und harmonisch; sie vermittelt dem Fahrgast die angenehme Atmosphäre eines wenn auch nicht luxuriösen, so doch gediegenen Gastraums. Auf jedem Tisch befindet sich am Fenster eine kleine Tischlampe mit gelbem Schirm. Die leicht gepolsterten Stühle sind beweglich und mit graublauem Polsterstoff überzogen. Aus praktischen und hygienischen Gründen und um das Reinigen zu erleichtern, ist der Boden mit dunkel getöntem Linoleum belegt. Die Wände sind mit Kunstleder in rötlich gemasertem Dessin verkleidet. Die Röhrenbeleuchtung ist indirekt und wirkt durch Rückstrahlung von der hellen Decke. Der akustischen und thermischen Isolierung ist bei diesem Wagen besondere Sorgfalt gewidmet worden. So wurde beispielsweise die 8 mm dicke Schalldämmmatte auf der ganzen Bodenfläche doppelt verlegt, um den Fahrlärm noch besser abzuhalten.

Die Wasserbehälter für die Versorgung von Bar, Küche und Anrichte fassen insgesamt 1800 Liter. Sie sind in einem gut isolierten Kasten, der am Untergestell aufgehängt ist, untergebracht und werden durch die Abluft der Wagenheizung erwärmt. Das Wasser wird von einer Pumpe gefördert. Diese läuft während der Betriebszeit des Wagens dauernd. Wird kein oder wenig Wasser benötigt, so fliesst das Ueberschusswasser wieder in die Behälter zurück.

Der Maschinenwagen

Der neben dem Speisewagen eingereihte Maschinenwagen dient mehreren Zwecken. Seine Konstruktion hat daher und auch wegen der umfänglichen elektrischen Apparatur verschiedene schwierige Probleme geboten, die ausgedehnte Untersuchungen erforderten und nur dank guter

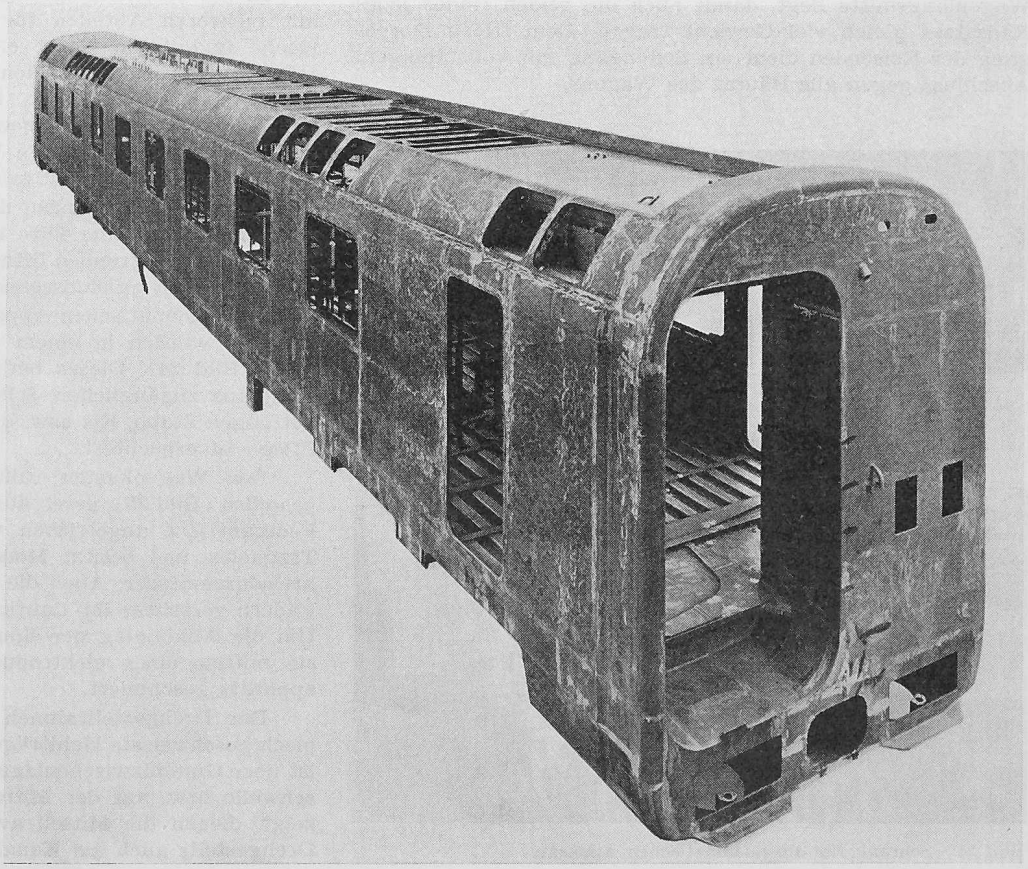


Bild 22. Rohbaukasten des Maschinenwagens



Bild 23. Küche im Maschinenwagen

Zusammenarbeit der Konstrukteure der elektrischen Ausrüstung und des wagenbaulichen Teils mit dem Zugförderungs- und Werkstättedienst der SBB gelöst werden konnten. Der Maschinenwagen dient in erster Linie zur Aufnahme der elektrischen Vierstromausrüstung, dann der Küche und Anrichte sowie verschiedener Diensträume. Ein schwieriges Problem war u. a. auch die Gewichtsverteilung, die in der Weise getroffen werden musste, dass beide Drehgestelle gleich stark belastet sind und der Schwerpunkt zudem in der Wagenlängsmitte liegt, damit auch die beiden Räder jedes Radsatzes gleich viel Gewicht tragen. Dem freien Durchgang der Reisenden dient ein Seitengang mit vollständigem Abschluss gegen alle Räume des Wagens.

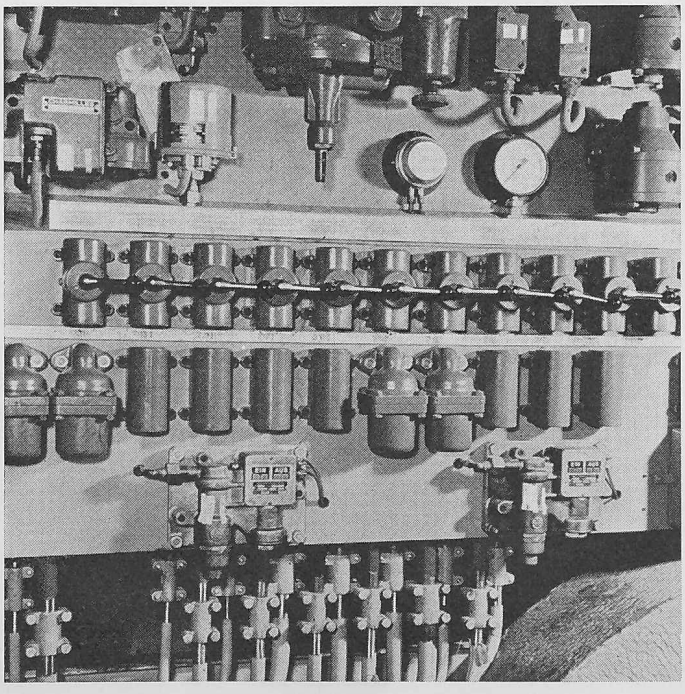


Bild 24. Schrank für die pneumatischen Apparate

Die Verteilung der verschiedenen Räume und der hauptsächlichen elektrischen Apparate zeigt das Typenbild 2 (Falttafel). Der Transformator war das schwerste und umfänglichste Stück. Er wurde nahe der Mitte und des Schwerpunkts des Wagens angeordnet. Er wiegt 12 t. Anrichte, Küche und Ruheraum für das Restaurations- und Küchenpersonal sowie der zugehörige Dienstabort nehmen ungefähr die Hälfte der zur Verfügung stehenden Grundfläche ein. Im übrigen Teil befinden sich die Räume für die elektrische Apparatur, ein Zollabteil und ein kleiner Raum für eingeschriebenes Gepäck.

Der *Wagenkasten* ist grundsätzlich gleich gebaut wie für die übrigen Fahrzeuge des Zugs und besteht auch aus dem gleichartigen Material. Ebenso sind alle Teile elektrisch zusammengeschweisst. Wie Bild 22 zeigt, mussten im Dach und in den Seitenwänden viele, teils grosse Oeffnungen für den Ein- und Ausbau der elektrischen Apparate ausgespart werden. Diese Oeffnungen dienen auch der Kontrolle und für Unterhaltsarbeiten.

Der Kasten ist 24,2 m lang. Dank seiner ausgesprochenen Leichtkonstruktion wiegt er nur 14 t. Er ist ausgedehnten statischen Belastungsversuchen unterzogen worden. Um den dynamischen Kräften Rechnung zu tragen, wurden die Messungen mit 48 t Vertikallast, d. h. über der statischen Betriebslast, durchgeführt. Gleichzeitig übte man auf die Kopfstücke Druckkräfte bis zu 150 t aus. Mittels 500 Dehnungsmessstreifen, die an den hauptsächlich beanspruchten Stellen des Untergestells, der Längswände und des Daches angebracht wurden, konnte ein vollständiges Bild über die Verteilung und Grösse der Materialbeanspruchungen gewonnen werden. Alle Messungen ergaben günstige Resultate, indem die Elastizitätsgrenze an keiner Stelle erreicht worden ist. Es zeigten sich daher nirgends dauernde Verformungen.

Die *Küche* (Bild 23) ist mit einem elektrischen 5-Platten-Herd, einer Friteuse und zwei grossen Backöfen sowie einem Kühlschrank für Fleisch und Milchprodukte ausgerüstet. Ein Grill, eine elektrische Kaffeemaschine, zwei Abwaschbecken und Wärmeschränke für Platten und Geschirr vervollständigen die Ausrüstung. Trotz dem beschränkten Raum ist die gesamte Ausrüstung für die Arbeit des Kochs bequem eingerichtet. Ein sich zur Hälfte öffnendes Fenster und ein Ventilator ermöglichen eine gute Durchlüftung der Küche.

In der Anrichte befindet sich ein grosser Kühlschrank mit mehreren Abteilen für Getränke aller Art. Zwischen Küche und Anrichte ist eine Türe eingebaut, die gleichzeitig als Pass dient. Nächst der Anrichte sind in beiden Seitenwänden Oeffnungen für den Ein- und Auslad von Lebensmitteln, Flaschen usw. Die Klappen zu den Oeffnungen lassen sich gegen das Wageninnere öffnen und in geschlossenem Zustand mit zwei Riegeln sichern.

Zum Ein- und Auslad des Gepäcks in und aus dem Gepäckraum ist je eine Türe in den Seitenwänden vorhanden. Aus Sicherheitsgründen öffnen sie sich ebenfalls gegen innen und werden in geschlossenem Zustand auch verriegelt.

Die pneumatischen Apparate und Hahnen der Bremseinrichtung wurden in einem besondern Gerüst zusammengefasst (Bild 24). Dieses befindet sich in einem vom Seitengang aus zugänglichen Schrank. Die Apparate sind damit gut gegen Staub, Eis usw. geschützt, und ihre Kontrolle und Pflege ist erleichtert.

Der Wagenkasten ruht auf zwei dreiachsigen *Drehgestellen* (Bild 25), deren äussere Achsen über Brown, Boveri-Federantriebe angetrieben werden. Die mittlere Achse ist Tragachse und besitzt Monobloc-Räder mit 940 mm Laufkreisdurchmesser. Auch die Triebachsen sind mit Monobloc-Rädern versehen; ihr Laufkreisdurchmesser misst 1110 mm. Um die Abnützung der Spurkränze zu vermindern, werden sie mittels eines elektropneumatischen Spurkranzschmierapparats geschmiert.

Der Drehgestellrahmen ist eine vollständig aus Stahlblech geschweisste Hohlträgerkonstruktion. Jeder Fahrmotor ist über Gummizwischenlagen an drei Punkten auf der Kopfschwelle bzw. auf der Mitteltraverse gelagert. Wie Bild 26 zeigt, dienen die Mitteltraversen und die Längsträger des Drehgestells auch als Kanal für die Ventilationsluft zu den

Bild 25 (rechts). Ansicht des dreiachsigen Triebgestells, Radstand 3,80 m

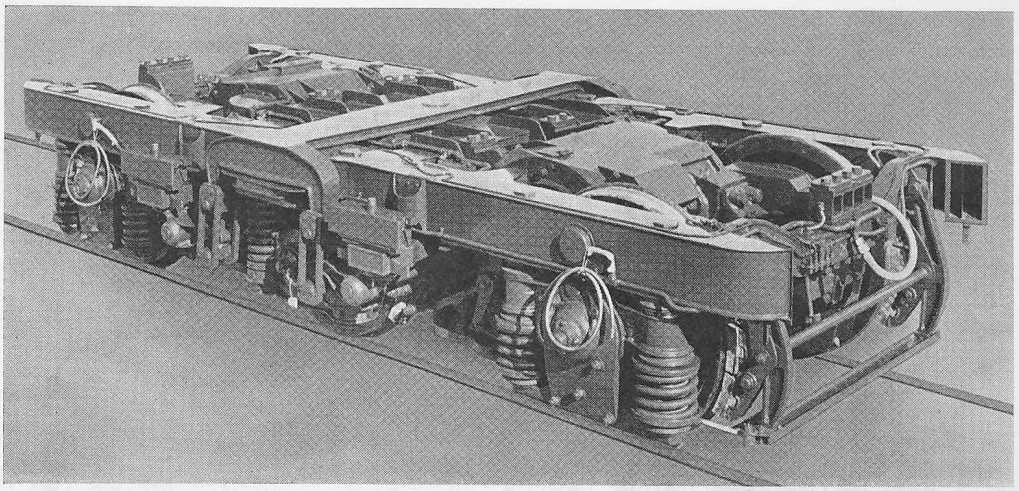


Bild 26 (Mitte). Anordnung der Ventilatoren und Luftkanäle zu den Fahrmotoren

1 bis 4 Ventilatoren (am Wagenkasten angebaut)
5 Drehgestellrahmen als Luftkanal ausgebildet
6 und 7 Fahrmotoren

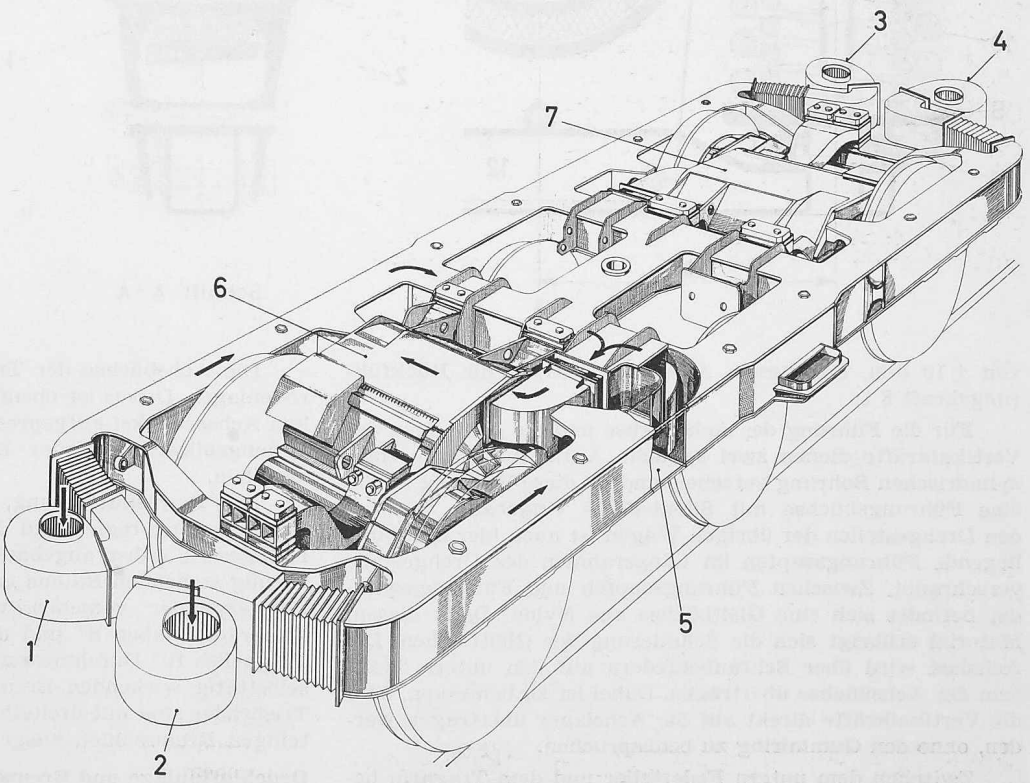


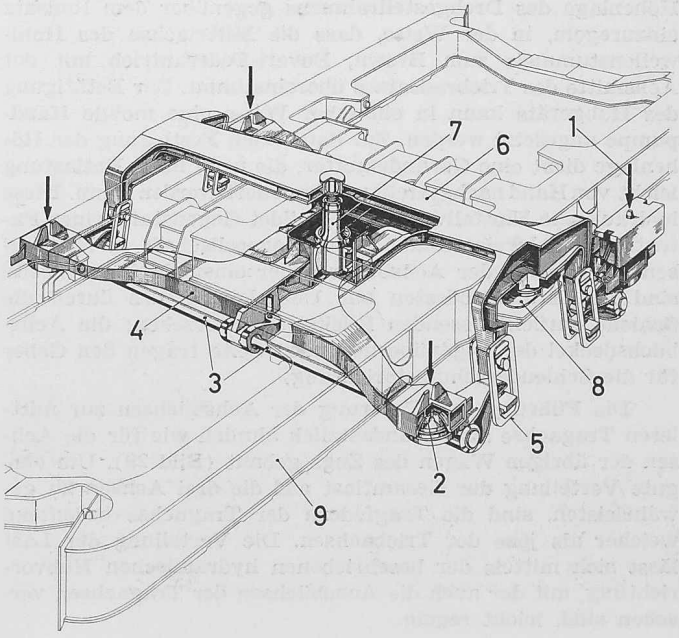
Bild 27 (unten). Kastenfederung des Triebgestells

1 Auflagestellen des Wagenkastens
2 Torsionsstablager
3 Torsionsstäbe
4 Pendelwiege
5 Wiegenpendel
6 Querbalken
7 Drehzapfen
8 Seitliche Gleitstützen
9 Drehgestellrahmen

Fahrmotoren, von denen jeder von zwei vertikalachsigen Ventilatoren belüftet wird, die am Untergestell des Kastens aufgehängt sind.

Die Form des Drehgestellrahmens und der Verbindungen zwischen den Längs- und Querträgern sowie die Anordnung der Schweissungen ist sorgfältig geprüft worden, um schroffe Querschnittübergänge zu vermeiden und eine gute Verteilung der beanspruchenden Kräfte über die Querschnitte zu erreichen. Nach dem Zusammenschweissen sind alle Anschlussflächen zur Aufnahme der Führungszapfen, der Triebmotoren und anderer wichtiger Teile mit grosser Genauigkeit bearbeitet worden. Der Drehgestellrahmen wiegt 1500 kg.

Bild 27 zeigt die Kastenfederung mittels vier Torsionsstäben. Der Wagenkasten ruht an vier Punkten über V-förmige Silentblocks auf der Pendelwiege. Diese ist, im Horizontalschnitt gesehen, H-förmig und ruht ihrerseits über sphärische Stützlager auf den beweglichen Hebeln der Torsionsstäbe. Die Vertikallast wird von diesen Hebeln über Pendel auf einen Querbalken übertragen, dessen beide Enden sich mittels in Oelbad gelagerten Gleitplatten auf die Längsträger des Drehgestells abstützen. Die an den Gleitplatten entstehenden Reibungskräfte dämpfen die Schlingerbewegungen des Drehgestells. Der im Drehgestellrahmen fest eingebaute Drehzapfen überträgt die Längskräfte vom Drehgestell über die Wiege auf den Wagenkasten. Er bildet ausserdem die Führung des obern Querbalkens und sichert damit die richtige Lage der Stützorgane in Querrichtung.



Die Anordnung der Achsführung und Federung der Triebachsen ist in Bild 28 dargestellt. In die Achsbüchse sind die beiden parallel liegenden Pendelrollenlager eingebaut, deren Innenringe direkt auf die 140 mm Durchmesser messenden Achsschenkel gepresst sind.

Um die Führungskräfte, welche das Rad auf die Schiene ausübt, zu dämpfen, ist der innere Teil der Achsbüchse von ringförmigen Gummidämpfern umgeben. Dieser Gummikranz ermöglicht ein seitliches Spiel der Achse und der Achsbüchse

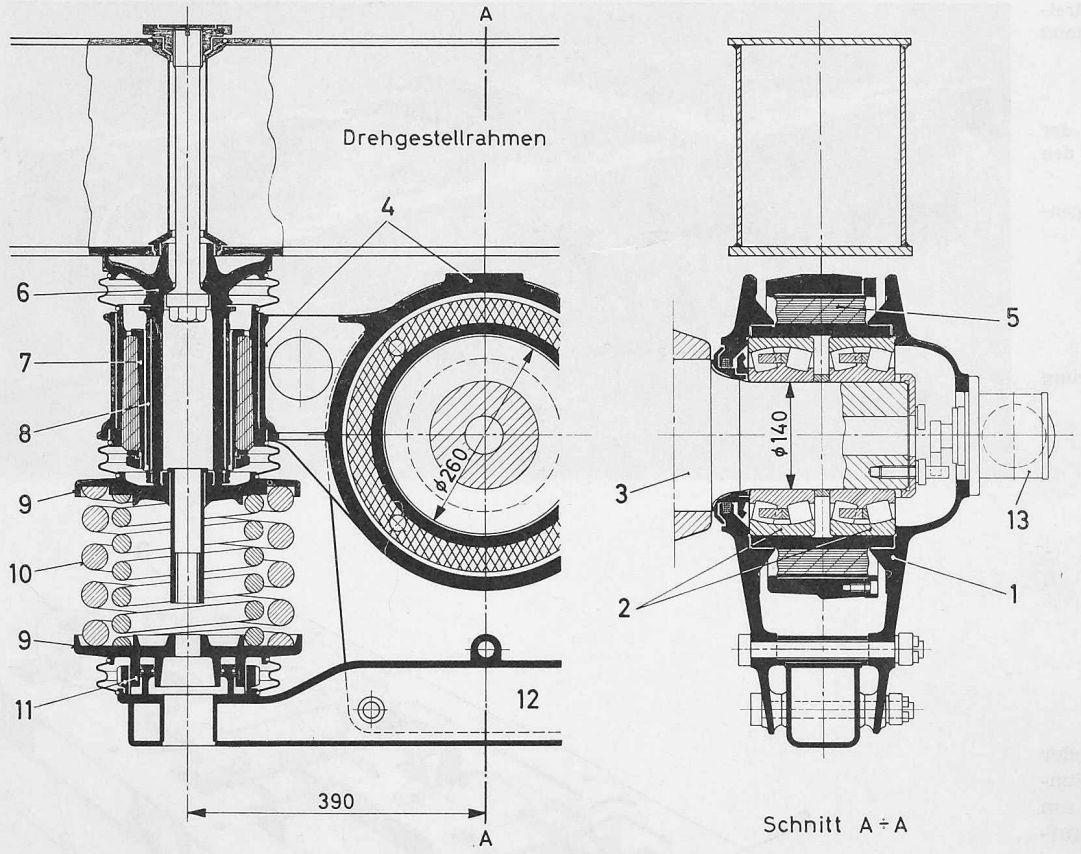


Bild 28. Achslager-Führung und -Federung der Triebachsen

1 Rollenachslagergehäuse
2 Pendelrollenlager
3 Radsatz
4 Ringgehäuse mit Achsbüchsführungen
5 Gummiring
6 Führungszapfen
7 Führungsbüchse mit Gummiblock
8 Gleitbüchse
9 Federteller
10 Schraubentragfeder
11 Vorrichtung für Höhenverstellung (Pat. SIG)
12 Tragtraverse
13 Schleuderschutz-Geber

von ± 10 mm. Bei diesem Ausschlag beträgt die Rückführungskraft 8 t.

Für die Führung der Achsbüchse und die Aufnahme der Vertikalkräfte dienen zwei seitliche Arme, die mit je einer zylindrischen Bohrung versehen sind. In diese Bohrung ist die eine Führungsbüchse mit Silent-Block eingebaut. Wie bei den Drehgestellen der übrigen Wagen ist auch hier der innen liegende Führungszapfen im Längsrahmen des Drehgestells verschraubt. Zwischen Führungszapfen und Führungszylinder befindet sich eine Gleitbüchse aus Nylon. Dank diesem Material erübrigt sich die Schmierung der Gleitflächen. Die Achslast wird über Schraubenfedern auf den untern Tragarm der Achsbüchse übertragen. Dabei ist zu bemerken, dass die Vertikalkräfte direkt auf die Achslager übertragen werden, ohne den Gummiring zu beanspruchen.

Zwischen dem untern Federteller und dem Tragarm befindet sich ein zylindrisches Hubgerät, das dazu dient, die Höhenlage des Drehgestellrahmens gegenüber dem Radsatz einzuregeln, in der Weise, dass die Mittelachse des Hohlwellenstummels zum Brown, Boveri-Federantrieb mit der Achsmitte des Triebradsatzes übereinstimmt. Zur Betätigung des Hubgeräts kann in einfacher Weise eine mobile Handpumpe angesetzt werden. Zur dauernden Festlegung der Höhenlage dient eine Gewindemutter, die nach ihrer Entlastung leicht von Hand nachgestellt und gesichert werden kann. Diese hydraulische Einstellvorrichtung bildet Gegenstand eines Patents der Schweizerischen Industriegesellschaft in Neuhausen. Die Deckel der Achsbüchsen der einen Drehgestellseite sind mit Erdungsbürsten zur Ueberleitung des durch die Schiene zurückfliessenden Rückstroms versehen; die Achsbüchsdeckel der gegenüberliegenden Seite tragen den Geber für die Schleuderschutzeinrichtung.

Die Führung und Federung der Achsbüchsen zur mittleren Tragachse sind grundsätzlich ähnlich wie für die Achsen der übrigen Wagen des Zugs gebaut (Bild 29). Um eine gute Verteilung der Gesamtlast auf die drei Achsen zu gewährleisten, sind die Tragfedern der Tragachse bedeutend weicher als jene der Triebachsen. Die Verteilung der Last lässt sich mittels der beschriebenen hydraulischen Hubvorrichtung, mit der auch die Achsbüchsen der Tragachsen versehen sind, leicht regeln.

Die Achsbüchse der Tragachse enthält nur ein Pendelrollenlager. Dieses ist ebenfalls direkt auf den 150 mm starken Achsschenkel aufgepresst. Die Achsbüchsdeckel sind mit Erdungsbürsten gleicher Bauart wie für die Triebachsen versehen.

Die Bremsausrüstung, bestehend aus Bremszylinder, Bremsgestängeregler und Bremsgestänge, ist ebenfalls im Drehgestell selbst angebaut. Wegen des geringen zur Verfügung stehenden Raums ist jedes Rad mit einem besondern Bremszylinder versehen worden; die Bremszylinder der Triebräder haben 8″ und die Bremszylinder der Räder der Tragachse 10″ Durchmesser. Die Bremskraft wird über einen selbsttätig wirkenden Bremsgestängeregler übertragen. Die Triebräder sind mit dreiteiligen, die Tragachsräder mit zweiteiligen Bremssohlen ausgerüstet.

Druckluftanlage und Bremsen

Die Druckluft wird von zwei Kolbenkompressoren mit je 1000 l/min Förderleistung geliefert. Der Antriebmotor des einen Kompressors wird durch das Drehstrombordnetz gespeist. Zu seiner Steuerung dient ein elektropneumatischer Regler, der bei 9 atü ein- und bei 10,5 atü ausschaltet. Der Motor zum andern Kompressor ist von der Batterie gespeist. Er wird bei 8,5 atü ein- und bei 10 atü ausgeschaltet. Dank dieser unterschiedlichen Schaltgrenzen für die Steuerung der Kompressormotoren läuft vorwiegend nur der vom Bordnetz betriebene Kompressormotor, während das batteriegespeiste Aggregat nur bei starkem Luftverbrauch oder schadhaft gewordener Drehstromkompressorgruppe einsetzt. Die Kompressoren speisen den 480 Liter fassenden Hauptluftbehälter. An diesen angeschlossen ist die Speiseleitung mit 10,5 atü Betriebsdruck, welche durch den ganzen Zug verläuft. Im Maschinenwagen speist sie einen Apparateluftbehälter von 180 Liter Inhalt über einen Druckregler mit Reduzierventil, durch welches der Betriebsdruck auf 6 atü gesenkt wird. Der Apparateluftbehälter speist über die Apparateleitung alle elektropneumatischen Ventile und Apparate, die ebenfalls elektropneumatisch gesteuerten Spurkranzschmierapparate und die übrigen pneumatischen Einrichtungen, die nicht direkt an die Speiseleitung angeschlossen sind.

Die Speiseleitung liefert die Druckluft für die mit 5 atü Leitungsdruck arbeitende pneumatische Bremse. Sie wird in

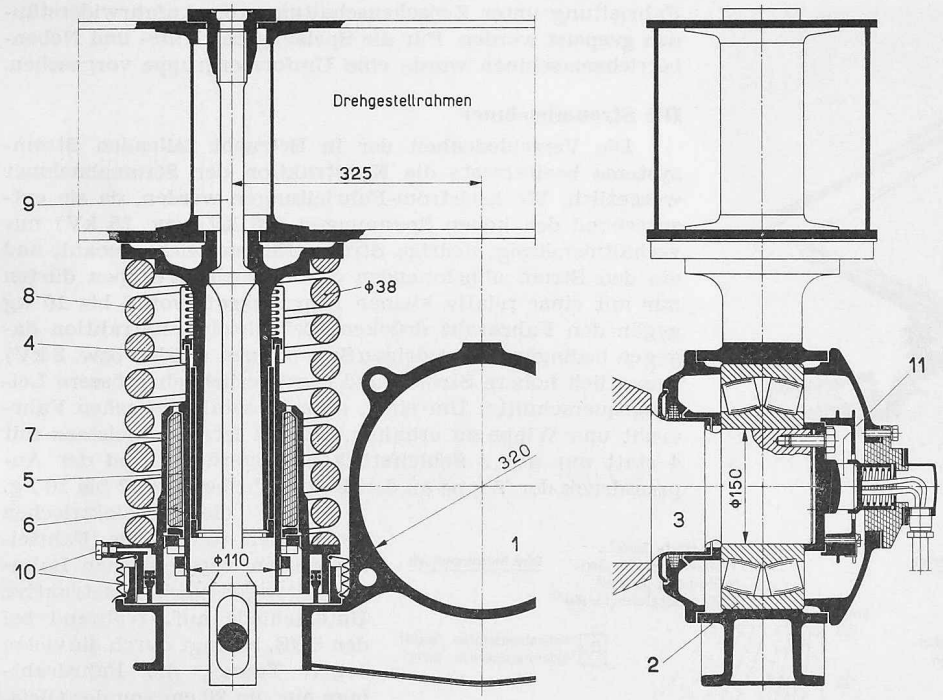


Bild 29. Achslager-Führung und -Federung der Laufachse zum Triebgestell

1 Rollenachslagergehäuse
2 Pendelrollenlager
3 Radsatz

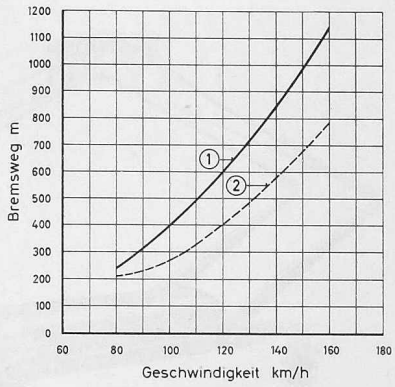


Bild 30. Bremswegkurven

1 Schnellbremsung mit Luftbremse
2 Schnellbremsung mit Luft- und Magnetschienenbremse

4 Führungszapfen
5 Gleitbüchse
6 Führungsbüchse mit Gummiblock
7 Federteller
8 Schraubentragfeder
9 Abhebesicherungsstange
10 Vorrichtung für Höhenverstellung (Pat. SIG)
11 Erdungsbürste

normaler Art von dem in jedem Führerstand befindlichen Führerbremsventil gesteuert. Die Speiseleitung beliefert auch die pneumatische Steuerapparatur der Schleuderschutzeinrichtung sowie zwei zusätzliche Luftbehälter für den Maschinenwagen, ferner die beschriebene pneumatische Einrichtung zum Abdichten der Eingangstüren, die Steuerapparatur der im Steuerwagen vorhandenen Spurkranzschmierapparate, die Fensterwischer an den Frontfenstern der Führerstände, den Entkupplungsapparat der automatischen Kupplung und schliesslich den Steuerapparat der Magnetschienenbremse mit Druckluft.

Die Bremsapparatur des Zugs umfasst
a) eine elektrische Widerstandbremse,
b) eine zweistufige automatische Druckluftbremse,
c) eine Magnetschienenbremse,
d) eine Handbremse in jedem Führerstand.

Die automatische Druckluftbremse ist im Lösen abstufbar. Sie wird auf jedem Fahrzeug durch ein Steuerventil Oerlikon Typ ESt4d gesteuert. Die zwei Druckstufen sind geschwindigkeitsabhängig. Ein elektropneumatisches Ventil schaltet auf höhern Bremszylinderdruck, wenn die Fahrgeschwindigkeit 60 km/h oder mehr beträgt, und auf niedrigeren Bremszylinderdruck, wenn die Fahrgeschwindigkeit unter 50 km/h absinkt.

In die gemeinsame Zuleitung zu den Bremszylindern der Triebgestelle ist ein Druckschalter eingebaut, der die elektrische Bremse unterbricht, sobald der Bremszylinderdruck 1,5 atü übersteigt.

Die Achsen der Drehgestelle beider Steuerwagen werden vor dem Verschleifen durch einen Gleitschutzregler geschützt; dieser tritt in Tätigkeit, wenn bei schlechtem Adhäsionszustand Gleiten auftritt. Er wirkt durch vorübergehendes Entlasten der Bremszylinder mittels eines Auslassventils.

Die *Magnetschienenbremse* ist in allen Laufdrehgestellen des Zugs eingebaut (Wagen 1, 3, 4, 5). Sie besteht aus zwei Gleitschuhen mit einer grössern Zahl unter sich verbundener Reibungselemente. In Ruhestellung werden die Gleitschuhe durch Rückstellfedern in 105 mm Abstand vom Schienenkopf gehalten. Die Magnetschienenbremse tritt nur dann in Tätigkeit, wenn der Hauptleitungsdruck unter 2,5 atü sinkt, d. h. bei Schnellbremsung. Bei eingeschalteter Magnetschienenbremse wird der Gleitschuh von zwei über ein Elektroventil pneumatisch betätigten Kolben auf die Schiene abgesenkt. Gleichzeitig wird die Magnetspule erregt. Jeder Gleitschuh erzeugt einen Anpressdruck von rd. 8400 kg auf die Schiene. Sobald der Druck in der Hauptleitung wieder auf 3,5 atü gestiegen ist, hört die Wirkung der Schienenbremse auf. Mit einem Druckknopf im Führerstand kann die Funktionsweise der Magnetschienenbremse unabhängig von der Luftbremse erprobt werden.

Bild 30 zeigt die Bremswegkurven, welche bei Versuchen mit der automatischen Druckluftbremse mit und ohne Wirkung der Magnetschienenbremse aufgenommen worden sind. Man erkennt, dass der Bremsweg durch die Wirkung der Magnetschienenbremse um rund 30 % verkürzt wird.

Der elektrische Teil

Allgemeines

Bei den westeuropäischen Eisenbahnen führte die technische Entwicklung der elektrischen Traktion zur Anwendung von vier hauptsächlichsten Stromsystemen. Es sind dies Wechselstrom 15 kV $16^2/_3$ Hz bzw. 25 kV 50 Hz und Gleichstrom 1,5 kV bzw. 3 kV.

Auf den zu befahrenden Strecken sind alle diese Stromsysteme vorhanden, so dass die elektrische Apparatur für Wechselstrom verschiedener Spannungen und Frequenzen und für Gleichstrom verschiedener Spannungen zu bauen war. Die elektrische Ausrüstung des Zugs wurde so bemessen, dass sie nicht nur für die im gegenwärtigen Einsatz vorkommenden Rampen von 26 ‰ am Gotthard und Simplon genügt, sondern dass auch die grösste am Arlberg vorhandene Steigung von 33 ‰ befahren werden kann. Es wurde auch eine genügende Leistungsreserve vorgesehen, um das Sitzplatzangebot wenn nötig durch Einfügen eines sechsten Wagens zu erhöhen. Aus diesen Anforderungen ergaben sich für den Zug die in Tabelle 1 zusammengestellten Leistungsdaten und Gewichte.

Die Projektierungsarbeiten für die elektrische Traktionsausrüstung wurden von der Maschinenfabrik Oerlikon in enger Zusammenarbeit mit dem Zugförderungs- und Werkstättedienst der Generaldirektion SBB durchgeführt. Sie ergaben als Gesamtkonzeption vier Fahrmotoren, welche im Wechselstrombetrieb über Silizium-Gleichrichter aus einem Transformator und im Gleichstrombetrieb direkt aus der

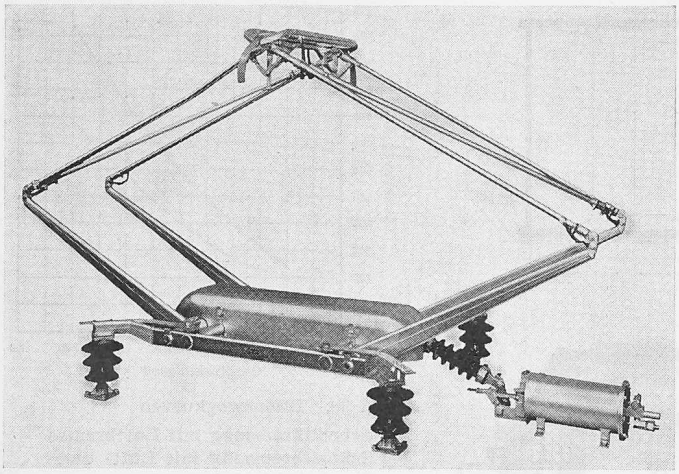


Bild 31. Stromabnehmer

Fahrleitung unter Zwischenschaltung von Anfahrwiderständen gespeist werden. Für die Speisung der Hilfs- und Nebenbetriebsmaschinen wurde eine Umformergruppe vorgesehen.

Die Stromabnehmer

Die Verschiedenheit der in Betracht fallenden Stromsysteme beeinflusste die Konstruktion der Stromabnehmer wesentlich. Wechselstrom-Fahrleitungen werden, da sie entsprechend den hohen Spannungen (15 kV bzw. 25 kV) nur verhältnismässig niedrige Ströme führen, leicht gebaut, und die den Strom abnehmenden Stromabnehmerwippen dürfen nur mit einer relativ kleinen Anpresskraft von 6 bis 10 kg gegen den Fahrdraht drücken. Bei Gleichstromtraktion dagegen bedingen die niedrigen Spannungen (1,5 kV bzw. 3 kV) wesentlich höhere Ströme und damit erheblich grössere Leitungsquerschnitte. Um einen guten Kontakt zwischen Fahrdraht und Wippe zu erhalten, werden letztere meistens mit 4 statt nur mit 2 Schleifstücken ausgerüstet, und der Anpressdruck der Wippe an den Fahrdraht beträgt 12 bis 16 kg.

Neben diesen elektrischen Merkmalen weisen die Fahrleitungen der verschiedenen Bahnverwaltungen noch konstruktive Unterschiede auf. Während bei den SBB, bedingt durch die vielen engen Tunnel, die Fahrdrahtlage nur um 20 cm von der Gleisaxe abweichen darf, beträgt dieses Mass andernorts bis zum 40 cm. Somit kann nicht überall mit gleich breiten Stromabnehmer-

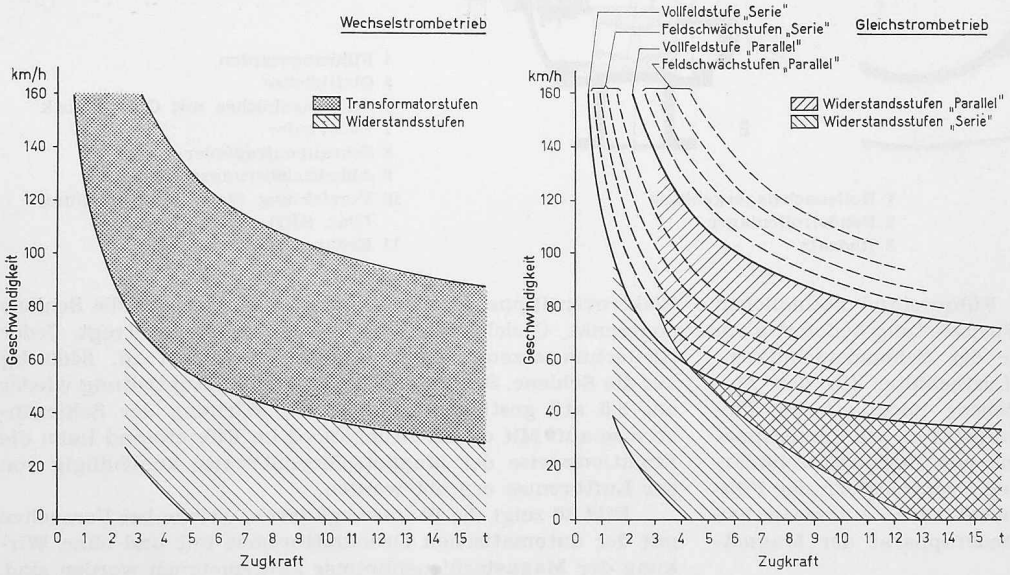


Tabelle 1. Leistungsdaten und Gewichte

		dauernd		einstündig		maximal*)	
		16⅔~	Gleichstr. und 50~	16⅔~	Gleichstr. und 50~	16⅔~	Gleichstr. und 50~
Leistung an der Welle	kW	2148	2048	2376	2272	—	—
bei Fahrgeschwindigkeit	km/h	93	90	88	85	—	—
Maximalgeschwindigkeit	km/h	—	—	—	—	160	160
Zugkraft am Rad	kg	8320	8140	9700	9560	17 600	19 200

					Fünfwagenzug	Sechswagenzug
Elektr. Bremskraft am Rad	kg	7500	Länge des Zugs	m	125,3	149,8
Getriebeübersetzung		1:2,34	Gewicht des Zugs	t	259	296
Triebraddurchmesser (neu)	mm	1110	Gewicht des Maschinenwagens	t	102	102
			Adhäsionsgewicht	t	68	68

*) nicht gleichzeitig auftretend

Tabelle 2. Ausrüstung der TEE-Stromabnehmer

Abnehmer Nr.	Anzahl Wippen	Wippenbreite mm	Schleifstücke	Netz	Anpressdruck bei $v = 0$ kg	Anpressdruck bei $v = 160$ kg
1	2	1950	2 · (Cu-Fe Fe-Cu)	SNCF=	9	rd. 16
2	1	1450	Cu-Fe Fe-Cu	FS SNCF ∿	8	rd. 12
3	1	1320	Al	SBB	7	rd. 9
4	2	1950	2 × C_{met}	SNCB NS	9	rd. 16

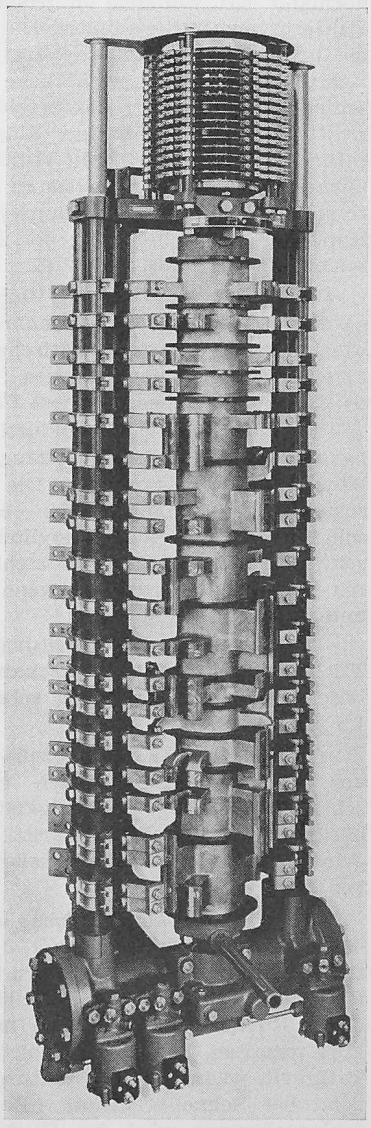


Bild 33. Systemumschalter

wippen gefahren werden. Es zeigte sich auch, dass die bei den SBB normalisierten Stromabnehmer für Geschwindigkeiten von mehr als 125 km/h nicht geeignet waren.

Um allen oben genannten Anforderungen zu entsprechen, wurde mit der Firma Brown, Boveri & Cie. ein neuer Stromabnehmer entwickelt und in systematischen Versuchen erprobt. Bild 31 zeigt den neuen TEE-Stromabnehmer, der wahlweise mit Gleich- oder Wechselstromwippen verschiedener Breiten ausgerüstet werden kann. Um allen Betriebsbedingungen gerecht zu werden, mussten pro Maschinenwagen vier Stromabnehmer vorgesehen werden, welche paarweise ineinandergeschachtelt über den Drehgestellen anzuordnen waren (Bild 32). Die Ausrüstung dieser Stromabnehmer mit Wippen und Schleifstücken geht aus Tabelle 2 hervor. Die vier Stromabnehmer sind durch eine Dachleitung parallel geschaltet; sie mussten daher alle für die grösste vorkommende Betriebsspannung isoliert werden.

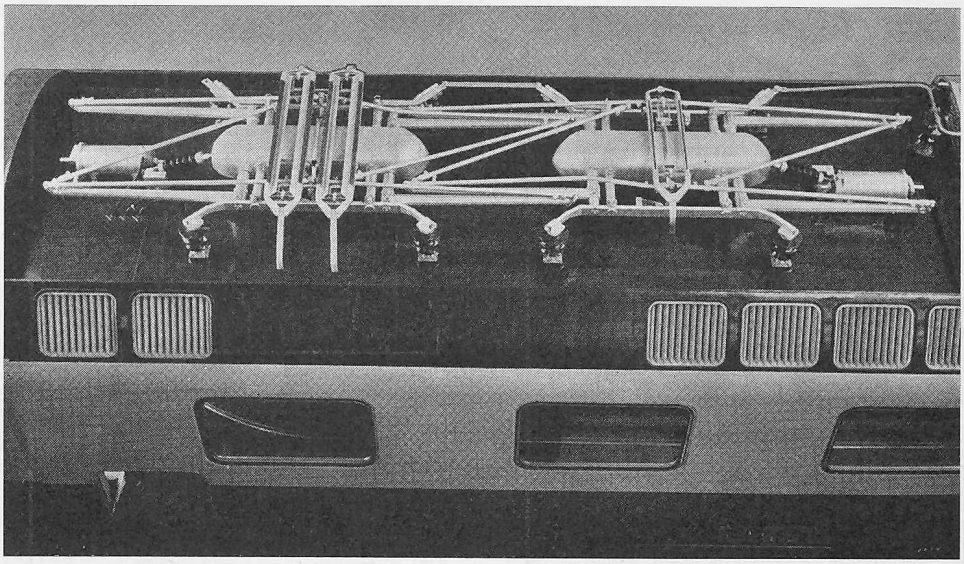


Bild 32. Anordnung der Stromabnehmer auf dem Dach des Maschinenwagens

Systemumschaltung

Je nach dem jeweils im Fahrdraht vorhandenen Stromsystem sind im Maschinenwagen die Fahrmotor-, Hilfsbetriebe- und Steuerstromkreise entsprechend zu schalten. Zu diesem Zweck ist ein Systemumschalter eingebaut. Es handelt sich um einen elektropneumatisch angetriebenen Walzenschalter (Bild 33), dessen vier Schaltstellungen je einem Stromsystem entsprechen. Diesem Schalter sind also sehr wichtige Schaltfunktionen zugeordnet, die unter keinen Umständen falsch ausgeführt sein dürfen, ansonst an den Maschinen und Apparaten unweigerlich grössere Schäden entstehen würden. Um die Gewähr dafür zu haben, dass der Schalter nicht versehentlich in eine unrichtige Stellung gebracht wird, ist seine Steuerung einem automatisch arbeitenden Fühlsystem übertragen. Dieses Fühlsystem hat somit die verschiedenen Stromsysteme innerhalb der für sie zugelassenen Spannungsgrenzen auszuscheiden. Die prinzipielle Schaltung dieser Apparatur ist aus Bild 34 ersichtlich. An die Dachleitung sind ein Spannungswandler und in Serie dazu ein ohmscher Spannungsteiler mit parallel geschaltetem Kondensator angeschlossen. Bei gehobenem Stromabnehmer und Wechselspannung am Fahrdraht wird das eine der bei-

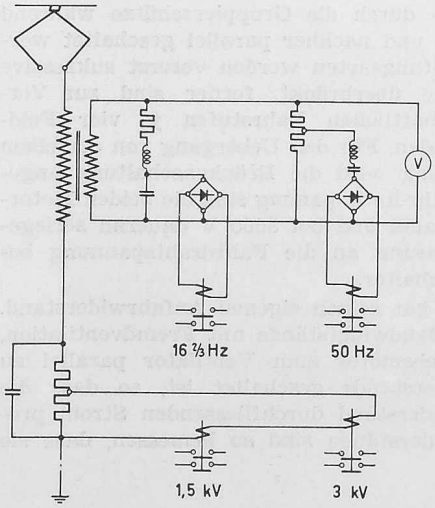


Bild 34. Prinzipschaltung für die Systemwahl

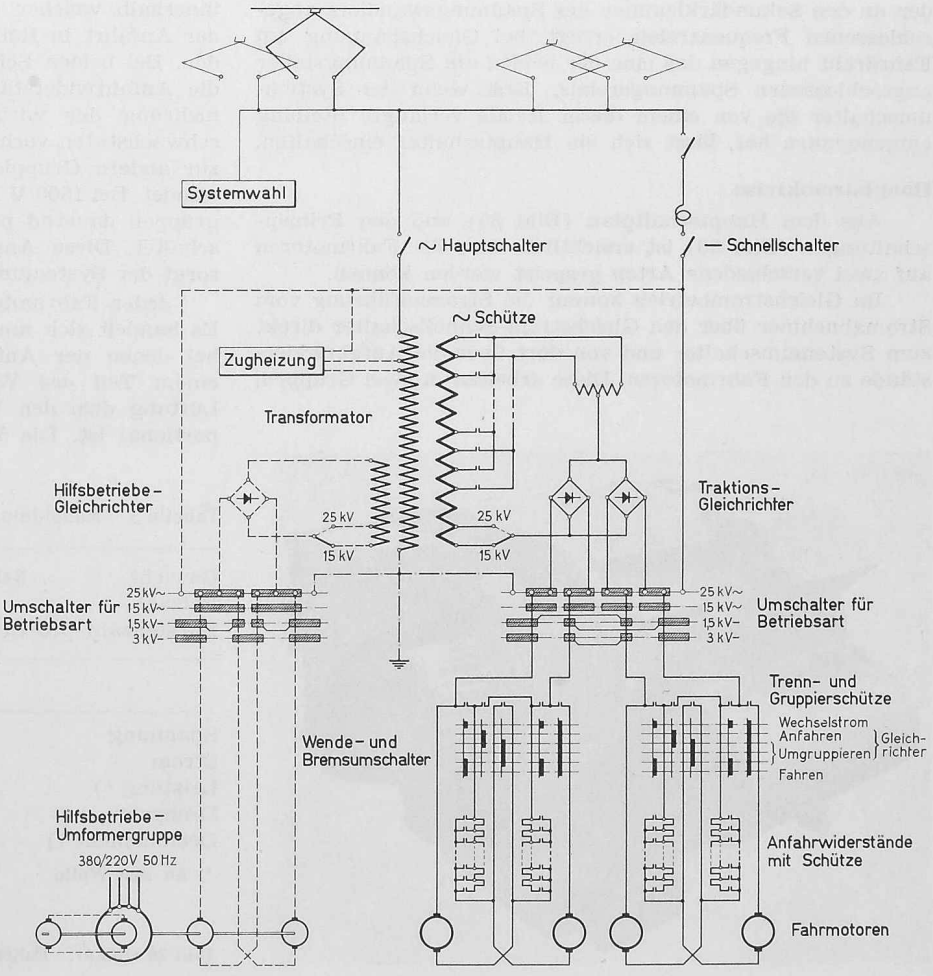


Bild 35 (rechts). Hauptschaltplan

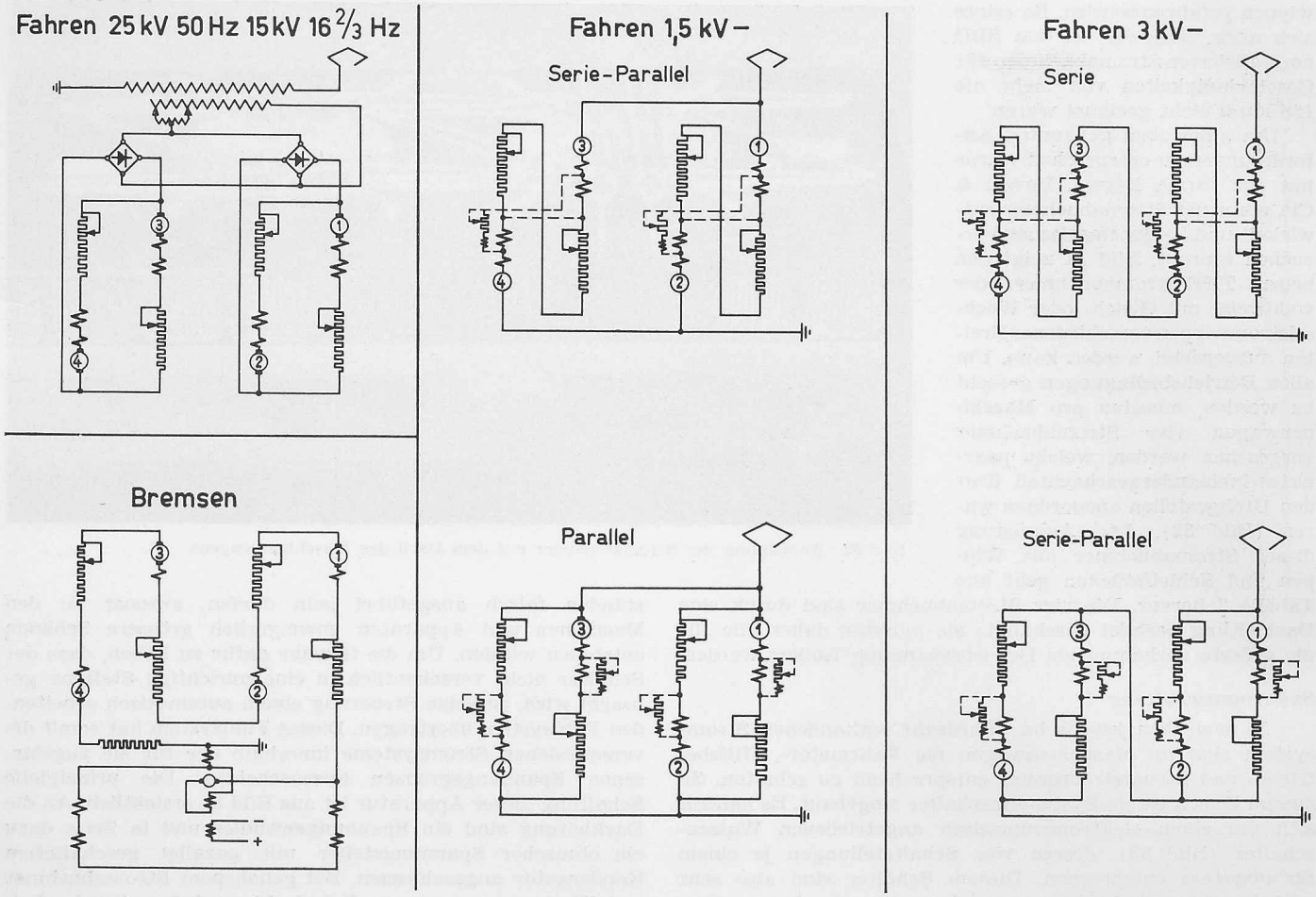


Bild 36. Prinzipschaltungen für Fahren und Bremsen

den an den Sekundärklemmen des Spannungswandlers angeschlossenen Frequenzrelais erregt, bei Gleichspannung am Fahrdraht hingegen das eine der beiden am Spannungsteiler angeschlossenen Spannungsrelais. Erst wenn der Systemumschalter die von einem dieser Relais verlangte Stellung eingenommen hat, lässt sich ein Hauptschalter einschalten.

Hauptstromkreise

Aus dem Hauptschaltplan (Bild 35) und den Prinzipschaltungen (Bild 36) ist ersichtlich, dass die Fahrmotoren auf zwei verschiedene Arten gespeist werden können.

Im Gleichstrombetrieb kommt die Stromzuführung vom Stromabnehmer über den Gleichstrom-Schnellschalter direkt zum Systemumschalter und von dort über die Anfahrwiderstände zu den Fahrmotoren. Diese arbeiten in zwei Gruppen, innerhalb welcher sie durch die Gruppierschütze während der Anfahrt in Reihe und nachher parallel geschaltet werden. Bei beiden Schaltungsarten werden vorerst sukzessive die Anfahrwiderstände überbrückt, ferner sind zur Vermehrung der wirtschaftlichen Fahrstufen je vier Feldschwächstufen vorhanden. Für den Uebergang von der einen zur andern Gruppierung wird die Brückenschaltung angewendet. Bei 1500 V Fahrdrahtspanung sind die beiden Motorgruppen dauernd parallel und bei 3000 V dauernd seriegeschaltet. Diese Anpassung an die Fahrdrahtspannung besorgt der Systemumschalter.

Jeder Fahrmotor hat seinen eigenen Anfahrwiderstand. Es handelt sich um Bandwiderstände mit Fremdventilation, bei denen der Antriebsmotor zum Ventilator parallel zu einem Teil des Widerstands geschaltet ist, so dass die Lüftung dem den Widerstand durchfliessenden Strom proportional ist. Die Widerstände sind so bemessen, dass sie

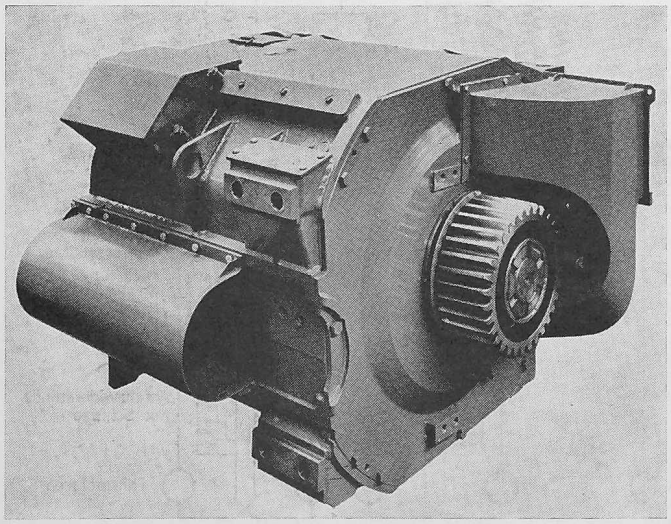


Bild 38 (links). Fahrmotor

Tabelle 3. Hauptdaten des Allstrom-Kollektormotors HFW 710

Gewicht	3450 kg	Ankerwicklungsart:
Polzahl	4	Einfach-Parallel
Bürstenzahl pro Stift	3	

		dauernd	einstündig	maximal
Spannung	V	1500	1500	2000
Strom	A	360	400	650
Leistung *)	kW	512	568	—
Drehzahl	U/min	1045	986	1860
Drehmoment *)	mkg	476	560	1130

*) an der Welle

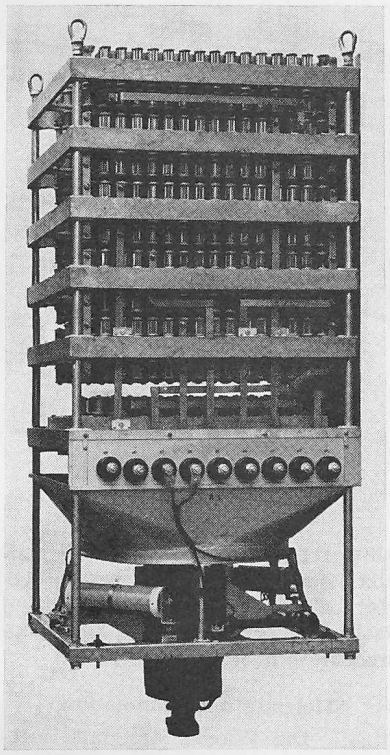


Bild 37. Fremdbelüfteter Anfahr- und Bremswiderstand

mit den in Frage kommenden Strömen dauernd belastet werden können (Bild 37).

Im Wechselstrombetrieb sind die Fahrmotoren jeder Gruppe immer parallel geschaltet, und der Systemumschalter verbindet die Gruppen mit je einem Silizium - Gleichrichter. Diese sind wechselstromseitig parallel an die sekundäre Regulierwicklung des Transformators angeschlossen. Die Primärwicklung des Transformators ist über einen Druckluft-Hauptschalter mit der Dachleitung verbunden. Für die Fahrstromregulierung werden vorerst die niedrigste Regulierspannung an die Gleichrichter gelegt und analog dem Gleichstrombetrieb die Anfahrwiderstände kurzgeschlossen. Anschliessend wird die den Gleichrichtern zugeführte Spannung nach und nach erhöht. Im Wechselstrombetrieb werden die Fahrmotoren weder umgruppiert, noch wird ihr Feld geschwächt.

Die für Fremdlüftung gebauten Fahrmotoren (Bild 38) werden also mit Gleichstrom oder mit Wellenstrom betrieben. Erwähnenswert ist, dass der von den Gleichrichtern kommende Wellenstrom direkt den Motoren zugeführt wird, d. h. ohne Zwischenschaltung einer Glättungsdrosselspule. Dies wurde durch den von der Maschinenfabrik Oerlikon eigens für diesen Zug neu entwickelten sog. Wellenspannungsmotor ermöglicht. Der ganze Stator ist geblecht ausgeführt und die Statorwicklung mit erhöhter Induktivität ausgelegt. Die Feld- und Wendepolwicklung werden bei allen Stromsystemen durch einen unveränderlichen gemeinsamen ohmschen Shunt überbrückt. Die charakteristischen Daten der Motoren sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Zur Gleichrichtung der Einphasenenergie dienen Silizium-Gleichrichter der Siemens-Schuckert-Werke. Pro Zweig der Graetzschaltung sind 7 Dioden in Serie und 4 parallel geschaltet. Sie sind mit den zugehörigen Kühlventilatoren, Ueberwachungs- und Schutzeinrichtungen in Schränken zusammengebaut (Bild 39). Silizium-Dioden sind gegenüber strom- und spannungsseitigen Ueberbeanspruchungen sehr empfindlich. Die Nennleistung des Gleichrichters musste daher entsprechend der Spitzenleistung des Fahrzeugs gewählt werden. Auch so war noch eine elektronische Ueberwachungseinrichtung nötig, welche bei Ueberlast oder innern Fehlern des Gleichrichters, wie z. B. Zellenschluss oder Unsymmetrie, sofort die Sekundärwicklung des Transformators kurzschliesst und den Hauptschalter auslöst und somit den Gleichrichter entlastet.

Der Transformator ist für eine Dauerleistung von 2592 kVA bei $16^2/_3$ Hz bzw. 3375 kVA bei 50 Hz ausgelegt. Seine Primärwicklung wird jeweils ganz an die Fahrdrahtspannung gelegt, so dass die Spannungen der Sekundärwicklungen beim Uebergang von 15 auf 25 kV im gleichen Verhältnis ändern. Dementsprechend wird bei 25 kV Primärspannung durch den Systemumschalter je ein Teil der Regulier-, Hilfsbetriebe- und Heizwicklungen abgeschaltet. Für die Regulierung des Fahrmotorstroms werden die Sekundärspannungen der Regulierwicklung über elektropneumatische Schütze und eine im Transformatorkessel eingebaute Zweiwegdrosselspule den Traktionsgleichrichtern zugeführt.

Die Züge sind mit einer elektrischen Bremse ausgerüstet, die es gestattet, bei allen vorkommenden Gefällen mit konstanter Geschwindigkeit zu fahren. Die Fahrmotoren werden dabei als Gleichstromgeneratoren geschaltet, deren Statoren zur Eigenerregung zusätzlich durch eine Erregermaschine fremderregt werden. Die in Reihe geschalteten Rotoren arbeiten auf die variablen Anfahrwiderstände.

Hilfs- und Nebenbetriebe

Für den Betrieb des Zugs mussten verschiedene Hilfsmaschinen und Hilfsapparate vorgesehen werden. Es handelt sich hier um die acht Ventilatorgruppen für die Kühlung der Fahrmotoren, um solche für die Kühlung der Traktionsgleichrichter, die Umwälzpumpe und Kühlerventilatorgruppe für das Transformatorenöl, die Kompressorgruppen zur Erzeugung von Druckluft für die Bremsen und die pneumatischen Apparate und den Batterieladegleichrichter. Ausserdem sind verschiedene Apparate und Maschinen eingebaut, die für den Betrieb des Zugs nicht notwendig sind, aber dem Wohl der Reisenden dienen. Zu diesen Nebenbetrieben gehören die modern eingerichtete, vollelektrische Küche, die Kühlanlagen in Küche und Bar, die Warmwasserversorgung für Küche, Bar und Toiletten, die Ventilations- und Klimaanlagen der Wagen und des Restaurants sowie die elektrischen Antriebe der Lamellenstoren.

Um für die Hilfs- und Nebenbetriebe möglichst wartungsfreie handelsübliche Maschinen und Apparate verwenden zu können, ist für deren Speisung ein Drehstrom-Bordnetz mit Normalspannung 380/220 V, 50 Hz vorgesehen worden. Die Versorgung dieses Netzes erfolgt aus einer Umformergruppe von 200 kVA Dauerleistung (Bild 40). Zum Antrieb dient ein Doppelkollektormotor, der mittels des Systemumschalters bei 3000 V Gleichstrom in Serie und bei 1500 V Gleichstrom parallel mit der Dachleitung des Maschinenwagens verbunden wird. Beim Wechselstrombetrieb werden beide Motorhälften parallel über den Hilfsbetriebe-Gleichrichter an die Hilfsbetriebewicklung des Transformators angeschlossen. Der Hilfsbetriebe-Gleichrichter ist aus gleichen Silizium-Dioden aufgebaut wie die beiden Traktionsgleichrichter, doch sind pro Zweig nur sechs Zellen in Serie und je zwei parallel geschaltet. Bei dieser Schaltung genügt für den Hilfsbetriebe-Gleichrichter die Eigenventilation.

Die zulässigen Spannungsschwankungen in den speisenden Netzen sind relativ gross. Sie betragen + 10 bis — 25 Prozent für die Wechselstromnetze und + 20 bis — 30 Prozent für die Gleichstromnetze der Bahnen. Innerhalb dieser Spannungsgrenzen müssen im Bordnetz Spannung und Frequenz annähernd konstant sein. Diese Forderung stellte an die Regulierung der Umformergruppe hohe Anforderungen. Deren Schaltung ist aus Bild 41 ersichtlich. Da der Antriebmotor neben der Serieerregung zustätz-

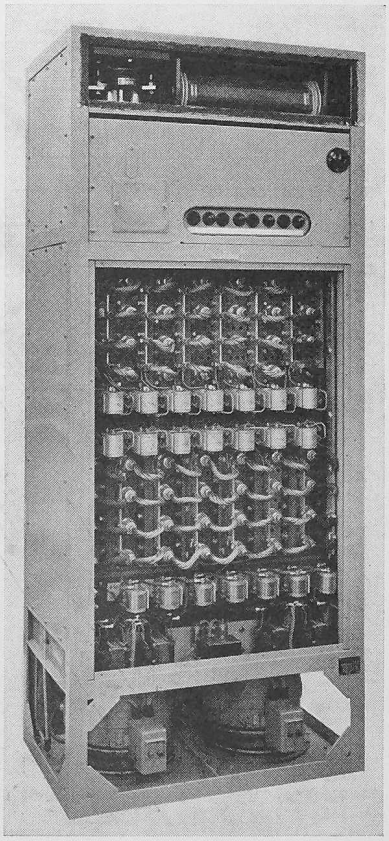


Bild 39. Siliziumgleichrichter für zwei Fahrmotoren

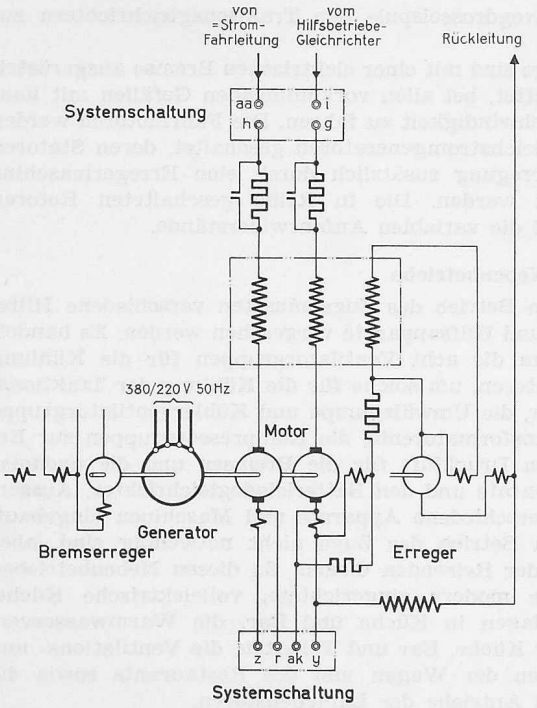


Bild 41. Prinzipschaltung für die Umformergruppe

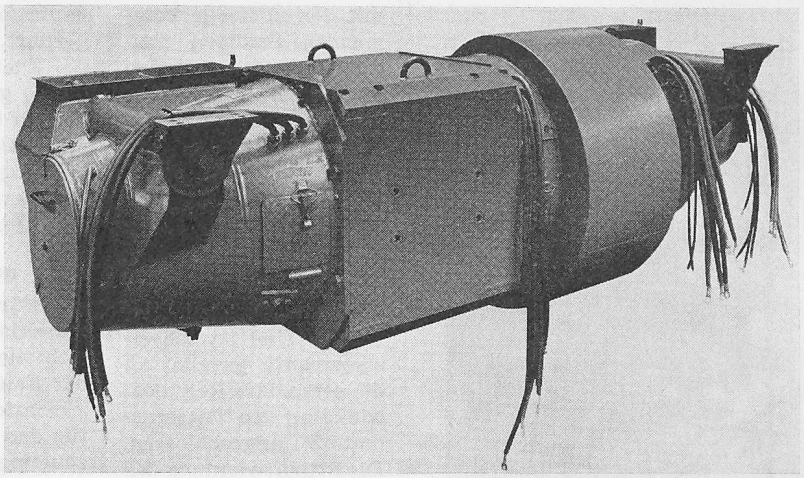


Bild 40. Umformergruppe für Hilfs- und Nebenbetriebe

lich aus einer Erregermaschine fremderregt wird, muss er im Fall eines Spannungsausfalls oder eines Kurzschlusses in der Gleichstromfahrleitung sofort entregt werden, ansonst die Gruppe durch ihre kinetische Energie rückwärts auf die Fahrmotoren oder den Kurzschluss arbeiten könnte.

Heizung und Klimaanlage

Die Wagen sind mit Luftheizung und Klimaanlage ausgerüstet. Diese basieren auf einer reichlich bemessenen Lüftungsanlage, deren Frisch- und Umluftmengen bei allen Betriebszuständen (Heizung, Lüftung, Kühlung) so gewählt sind, dass sie erhöhten Komfortbedingungen genügen. In Bild 42 ist der Luftkreislauf des Zwischenwagens 4 dargestellt.

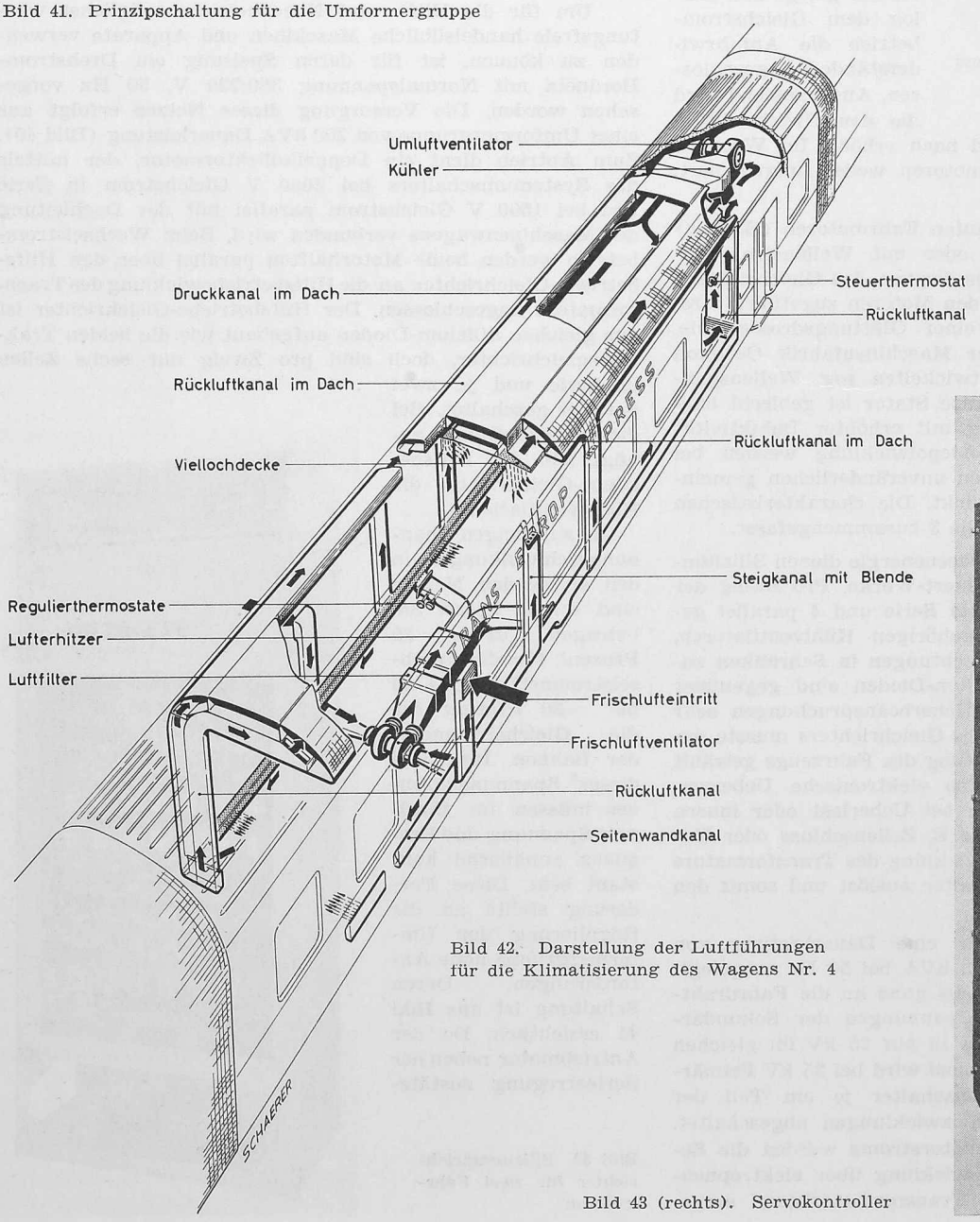


Bild 42. Darstellung der Luftführungen für die Klimatisierung des Wagens Nr. 4

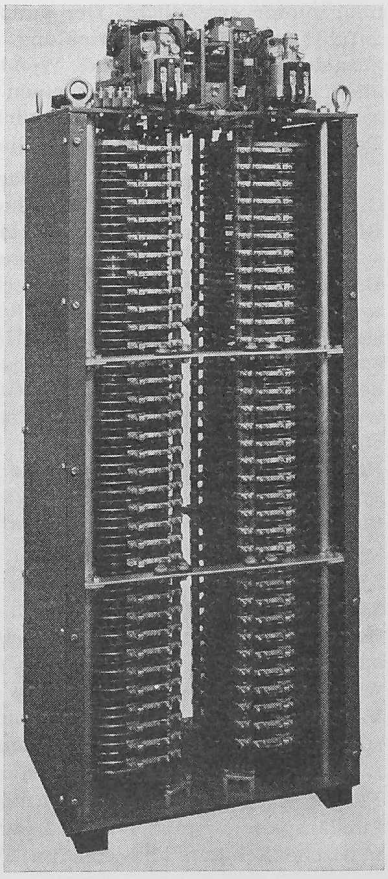


Bild 43 (rechts). Servokontroller

Der unter dem Wagenboden angeordnete Frischluftventilator saugt die Luft in Fensterhöhe auf beiden Wagenlängsseiten an. Diese wird über die Frischluftfilter und den Lufterhitzer in den Wagen gedrückt. Beim Heizbetrieb strömt die erwärmte Frischluft zum grössten Teil aus den Seitenwandkanälen in das Wageninnere. Ein kleinerer Teil gelangt durch Steigkanäle in die Rückluftkanäle und vermischt sich dort mit der aus den Wagenenden abgesaugten, filtrierten Rückluft. Der im Dachraum eingebaute Umluftventilator drückt diese Luft durch den Kühler und die Viellochdecke in das Abteil. Beim Lüftungs- oder Kühlbetrieb gelangt ein kleinerer Teil der Frischluft durch die Seitenwandkanäle in den Wagen. Der grössere Teil geht durch die Steigkanäle in die Rückluftkanäle und zusammen mit der Rückluft durch den Kühler in den Wagen.

Die Gesamtfrischluftmengen betragen bei Heizbetrieb 1300 m³/h und bei Lüftung und Kühlbetrieb 1000 m³/h; die entsprechenden Frischluftquoten pro Stunde und Fahrgast betragen 30 bzw. 25 m³. Von der Decke her werden bei Heizbetrieb 1600 m³/h und bei Lüftung und Kühlbetrieb 3100 m³/h eingeblasen.

Wird im Wagen Wärme verlangt, so wird die Frischluft erwärmt. Die zugeführte Wärmemenge ist dabei automatisch der Aussentemperatur, der Sonneneinstrahlung und der Wagenbesetzung angepasst, indem der im Frischluftstrom liegende Lufterhitzer durch Regulierthermostate intermittierend ein- und ausgeschaltet wird. Uebersteigt die Innentemperatur den am Steuerthermostat eingestellten Wert, so wird vorerst mit reiner Lüftung gearbeitet und beim weitern Ansteigen der Innentemperatur zunächst die erste und — wenn nötig — auch die zweite Stufe des im Umluftstrom liegenden Kühlers in Betrieb gesetzt. Die Sollwerttemperaturen des Innenraums können am Steuerthermostat eingestellt werden, dessen Fühler im Rückluftstrom liegt.

Die für die Lufterhitzer benötigte Energie wird einer einpoligen Heizleitung entnommen, welche entweder aus dem Transformator mit 1500 V, 16⅔ Hz oder 50 Hz oder aus der Fahrleitung mit 1500 oder 3000 V= versorgt wird. Die Widerstände der Lufterhitzer sind entsprechend umschaltbar. Die Ventilatormotoren und Kühlaggregate sind an das Bordnetz 380/220 V, 50 Hz, angeschlossen.

Beleuchtung

Für die Innenbeleuchtung der Abteile ist eine sehr lichtstarke Fluoreszenzröhrenbeleuchtung gewählt worden (rd. 500 Lux 80 cm über dem Boden). Die Beleuchtungskörper konnten aber nicht an das allgemeine Bordnetz angeschlossen werden, weil dieses fahrleitungsabhängig ist, d. h. bei den spannungslosen Systemtrennstellen und übrigen Schutzstrekken und bei gesenktem Stromabnehmer nicht in Betrieb ist. Es wurden daher in jedem Wagen kleine Umformergruppen vorgesehen, welche den Batteriestrom in Drehstrom von 380/220 V, 50 Hz, umwandeln. Für die Röhren hätte eine höhere Frequenz vorteilhaft sein können. Es wurde aber die Normalfrequenz gewählt, um normale Vorschaltgeräte verwenden zu können. So ist es auch möglich, bei Ausfall eines Beleuchtungsumformers die Lampen auf das Bordnetz umzuschalten oder umgekehrt beim Fehlen des Bordnetzes aus den Beleuchtungs-Umformergruppen die Frisch- und Umluftventilation zu speisen. Für den Fall des gänzlichen Versagens der Fluoreszenzbeleuchtung ist eine aus der Batterie gespeiste Glühlampen-Notbeleuchtung vorhanden.

Das Ein- und Ausschalten der Innenbeleuchtung des Zugs wird vom Führerstand aus gesteuert, und das Umschalten auf Hilfsspeisung der Röhrenbeleuchtung oder auf Notbeleuchtung geschieht selbsttätig.

Die Maschinen und Apparate für Heizung und Luftkonditionierung und für die Speisung der Beleuchtung lieferten die AG. Brown, Boveri & Cie.

Steuerung, Messung und Ueberwachung

Gemäss internationaler Vereinbarung werden TEE-Züge von den Lokomotivführern derjenigen Bahnverwaltung geführt, auf deren Netz sie jeweils verkehren. Somit kommt hier französisches, italienisches und schweizerisches Personal

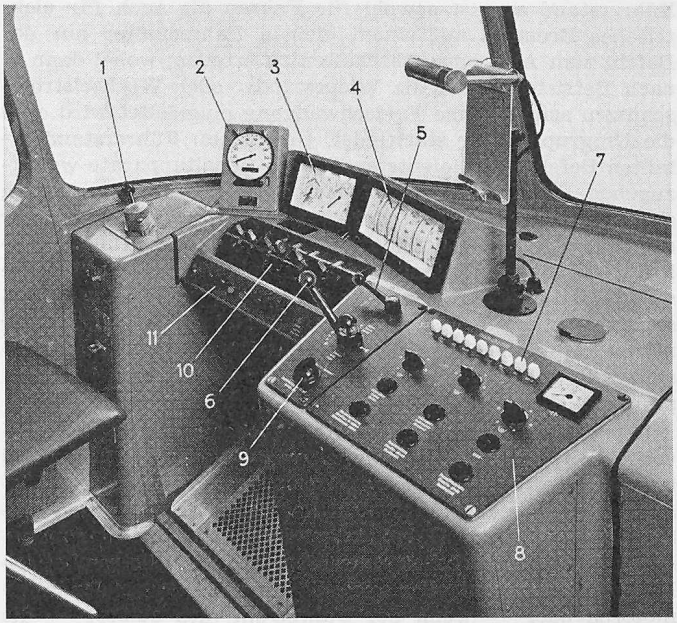


Bild 44. Bedienungsapparatur im Führerstand

1	Führerbremsventil	7	Tasten für Stromabnehmerwahl
2	Geschwindigkeitsmesser	8	Beleuchtungsschalttafel
3	Pneumat. Messinstrumente	9	Rückstellschalter für Zugsicherungen
4	Elektr. Messinstrumente	10	Steuerstromschaltkasten
5	Fahrrichtungsschalter	11	Meldelampen
6	Fahrschalter		

in Frage. Es war ferner zu berücksichtigen, dass die Systemwechselbahnhöfe Dole und Chiasso ohne Halt durchfahren werden und demzufolge die französischen und schweizerischen Führer die Züge unter verschiedenen Stromsystemen zu bedienen haben. Für die Konzeption der Steuerung ergaben sich daraus die folgenden Grundsätze:

— Die Bedienung der Apparate in den Führerständen muss für alle vier Stromsysteme gleich sein.
— Irgendwelche aussergewöhnliche Bestimmungen, wie z. B. zeitliche Beschränkung für die Benützung gewisser Fahrstufen, waren nicht zugelassen.
— Beim Systemwechsel dürfen allfällige Fehlmanipulationen des Bedienungspersonals zu keinen schwerwiegenden Schäden führen.

Diese Bedingungen konnten nur durch möglichst vollständige Automatisierung eingehalten werden.

Die *Umschaltung auf die verschiedenen Stromsysteme* wird — wie weiter oben beschrieben — einem selbsttätig arbeitenden Fühlsystem überlassen. Dem Triebwagenführer musste nur die Wahl des Stromabnehmers überlassen werden. Um diese möglichst zu vereinfachen, ist im Führerstand (Bild 44) nicht ein eigentlicher Wählschalter für die Stromabnehmer, sondern ein solcher für die verschiedenen Bahnverwaltungen eingebaut. Der Führer braucht so nur die seiner Verwaltung zugeordnete Taste niederzudrücken. Dadurch wird der richtige Stromabnehmer freigegeben und gleichzeitig die Sicherheitseinrichtung der betreffenden Bahnverwaltung eingeschaltet, d. h. in Frankreich und Belgien die «Krokodil»-Zugsicherung und in der Schweiz die induktive Zugsicherung «Integra». Die ebenfalls eingebaute Sicherheitssteuerung «Oerlikon» (Totmannpedal) mit Wachsamkeitskontrolle ist dauernd auf allen Netzen eingeschaltet. Die Züge sind ferner mit einer Auslösevorrichtung Bauart «Integra» ausgerüstet, welche bei Systemtrennstellen durch Beeinflussung vom Gleis her den Hauptschalter und die eingestellte Verwaltungstaste auslösen, womit das Fahrzeug sofort stromlos und der Stromabnehmer gesenkt wird. Letzterer kann erst wieder gehoben werden, wenn neuerlich eine Verwaltungstaste niedergedrückt wird.

Für die *Regulierung des Fahrmotorenstroms* ist ebenfalls eine automatische Steuerung gewählt worden. Vom

Führerstand aus ist sowohl für Fahren als auch für elektrisches Bremsen mit einem kleinen Fahrschalter nur der Befehl zum Auf- oder Abschalten zu erteilen, wobei dann je nach Betriebszustand die Widerstands- oder Wechselstromschützen schalten, die Feldschwächung eingeleitet wird oder die Umgruppierung stattfindet. Um die im Führerstand erteilten Befehle an die entsprechenden Schaltapparate weiterzugeben, ist im Maschinenwagen ein elektropneumatisch angetriebener Servokontroller eingebaut (Bild 43). Wird einer der beiden Aufschaltbefehle für mittlere oder maximale Zugkraft gegeben, so schaltet der Servokontroller Fahrstufen zu, bis der Fahrmotorenstrom der verlangten Zugkraft entspricht, wobei die Schaltkadenz mit steigendem Strom abnimmt. Mit zunehmender Geschwindigkeit werden alsdann sukzessiv Stufen zugeschaltet, um den Motorstrom konstant zu halten.

Der Servokontroller wird im Wechselstrombetrieb auch von der an den Gleichrichterklemmen liegenden Spannung in dem Sinn beeinflusst, dass, wenn diese ihren höchstzulässigen Wert von 1900 V erreicht hat, das Weiterschalten verhindert wird oder, z. B. bei steigender Fahrleitungsspannung, sogar Stufen abgeschaltet werden. Im Gleichstrombetrieb leitet der Servokontroller auch die Umgruppierung der Fahrmotoren oder — wenn der Fahrstrom dies zulässt — die Feldschwächung ein. Wird aus der Serie-Feldschwächstellung ein Aufschaltbefehl erteilt, so baut der Servokontroller erst die Feldschwächung ab und schaltet dann von der Serie- in die Parallelgruppierung um. Die wirtschaftliche Fahrweise wird dadurch ermöglicht, dass Meldelampen im Führerstand anzeigen, ob auf einer Widerstands-, Vollfeld- oder Feldschwächstufe gefahren wird.

Der Servokontroller besorgt ausserdem einige Hilfs-Schaltfunktionen, wie z. B. die Umschaltung der Fahrmotorventilatoren von schwacher auf starke Ventilation.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass die dem Servokontroller vom Führerstand aus mittels des Fahrschalters erteilten Schaltbefehle nur in Abhängigkeit verschiedener Ströme und Spannungen an die Schaltapparate weitergegeben werden. Gemessen wird der Wellen- bzw. Gleichstrom jedes Fahrmotors mittels Mess-Transduktoren (Gleichstromwandler). Diese beeinflussen je ein Minimalstrom- und ein gemeinsames Fortschaltrelais, die als Transduktorrelais ausgebildet sind. Das Fortschaltrelais bestimmt die Schaltkadenz, welche mit zunehmendem Strom abnimmt, und es sperrt das Weiterschalten des Servokontrollers, sobald der Fahrmotorstrom den verlangten Wert erreicht hat. Die Minimalstromrelais sperren im Gleichstrombetrieb bei Motorströmen von mehr als 200 A die Feldschwächung, so dass bei einer Anfahrt mit grossen Strömen von der Serie-Vollfeldstufe direkt umgruppiert wird und während der Fahrt mit kleinen Strömen zwischen die Serie-Vollfeldstufe und der Umgruppierung noch die vier Feldschwächstufen geschaltet werden.

Je ein weiteres Minimalstromrelais ist jeder Fahrmotorgruppe zugeordnet. Diese lassen bei eingeleiteter Umgruppierung den Servokontroller weiterschalten und damit Widerstandsstufen kurzschliessen, bis der Querstrom in der Brükkenschaltung einen Minimalwert erreicht, bei welchem die Brücke geöffnet wird. Damit konnte erreicht werden, dass sich die Umgruppierung bei allen vorkommenden Geschwindigkeiten ohne spürbaren Zugkraftsprung vollzieht.

An Ueberwachungsrelais sind den Fahrmotoren je ein Maximalstromrelais zugeordnet, welche in den Sekundärkreis der Gleichstromwandler geschaltet sind. Ein analoges Relais überwacht den Heizstrom, und herkömmliche Maximalstromrelais sind an die Stromwandler der Primär- und der Hilfsbetriebewicklung des Transformators angeschlossen. Ferner ist ein Erdschlussrelais eingebaut, welches, wie alle vorerwähnten Relais, den Hauptschalter im Störungsfall auslöst. Die Gleichstromausrüstung wird einerseits durch die im Gleichstrom-Schnellschalter eingebaute Ueberstromauslösung und anderseits durch ein Differentialstromrelais geschützt. Beim Differentialstromrelais handelt es sich auch um ein Sekundärrelais, das an einen Gleichstromwandler mit getrennten Steuerwicklungen für Haupt- und Hilfsstromkreise angeschlossen ist.

Für die Steuerung der übrigen Schaltapparate wurden grundsätzlich die herkömmlichen Schaltungen und Verriegelungen gewählt. Einige mussten allerdings wegen der Verschiedenartigkeit der Stromsysteme noch ergänzt werden. So musste z. B. bei den Hauptschaltern eine Abhängigkeit mit der Stellung des Systemumschalters bzw. der Art des speisenden Stromsystems geschaffen werden.

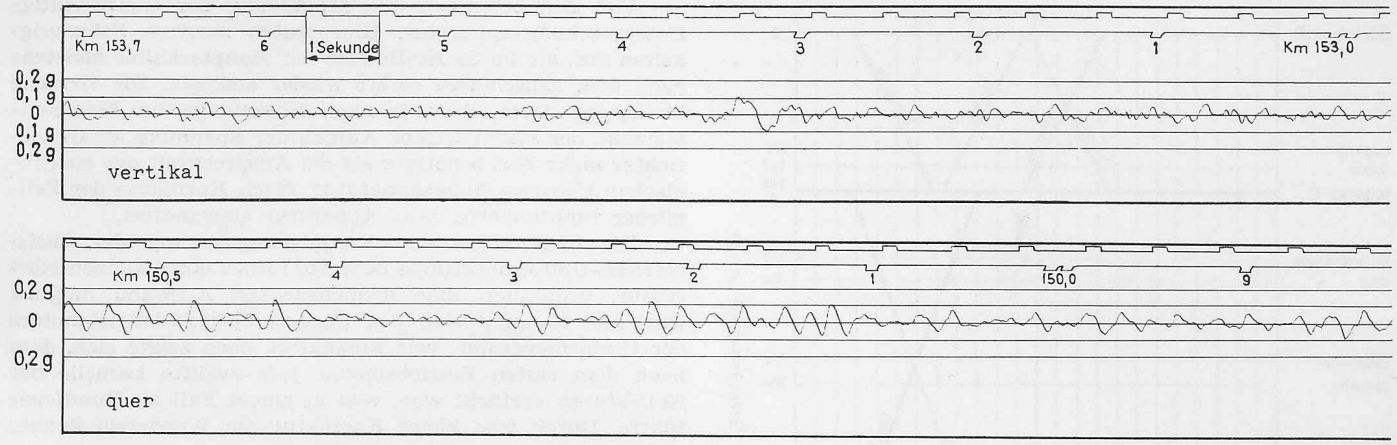
Betriebserfahrungen

Die vier TEE-Züge sind in der kurzen Zeit von rund drei Jahren entworfen, konstruiert und gebaut worden. Der erste Zug ist am 1. April 1961 im Lieferwerk abgenommen worden. Ausgedehnte Versuchsfahrten dienten neben der Erprobung der elektrischen Einrichtung mit den verschiedenen Stromsystemen auch der Messung der Laufeigenschaften, der Bestimmung der Bremswege bei Anwendung der Luft- und der elektrischen Magnetschienenbremse sowie der Einstellung und Untersuchung der Klimaanlage. Zur Prüfung der Zulassung der Züge auf ihrem Netz hat auch die SNCF verschiedene Untersuchungen durchgeführt; u. a. hat sie sich dabei versichert, dass die Züge bei Fahrgeschwindigkeiten bis zu 160 km/h keine unzulässige Beanspruchung am Gleis verursachen, und dass die Stromkreise ihrer Sicherungsanlagen (Schienenstromkreise) durch die Magnete der Schienenbremse nicht beeinflusst werden.

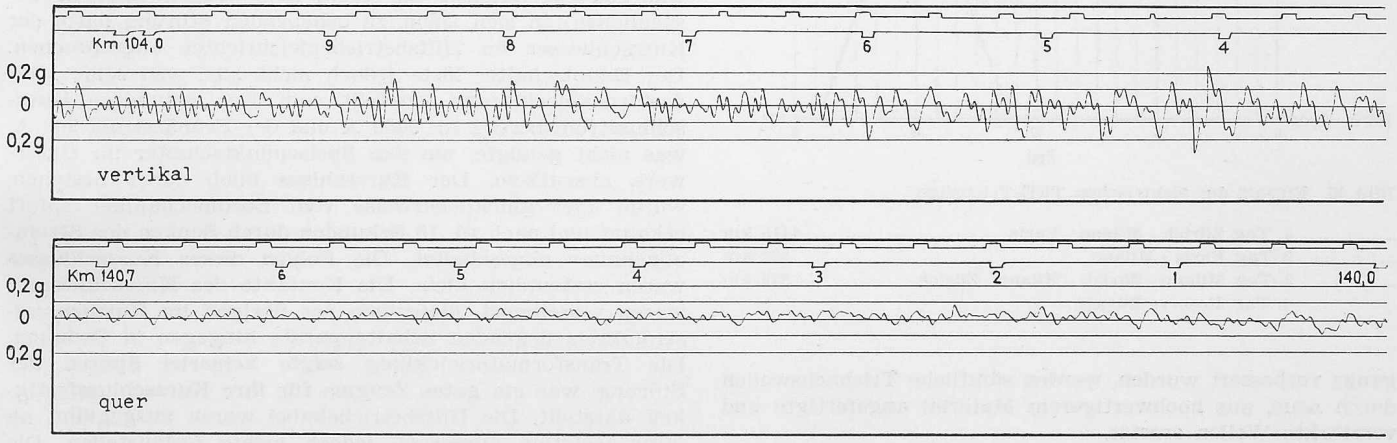
Alle Versuche haben sehr zufriedenstellende Resultate gezeitigt. Die bei den Bremsversuchen gemessenen Bremswege (Bild 30) entsprachen den gestellten Bedingungen und bestätigten die gute Wirksamkeit der als Notbremse dienenden Magnet-Schienenbremse. Probefahrten auf Gleisen in unterschiedlichem Unterhaltszustand nach einer Laufleistung eines Zugs von 180 000 km mit Geschwindigkeiten bis $v = 145$ km/h ergaben ebenfalls gute Resultate (Bild 45). Nicht ganz so gut wie bei den übrigen Wagen ist der Lauf des Maschinenwagens, welcher mit Rücksicht auf sein grosses Gewicht und das beschränkte Vertikalspiel des Federantriebs wesentlich härter gefedert werden musste als die Personenwagen.

Eingehende Temperaturmessungen bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen haben die gute Wirksamkeit der Klimaanlage bestätigt und gezeigt, dass ihre Steuerung sehr empfindlich ist und selbst grosse Schwankungen der Aussentemperatur in kürzester Zeit auszugleichen vermag. Im Heiz- wie im Kühlbetrieb gewährleistet sie eine gut ausgeglichene Temperatur in den Fahrgasträumen. Dank der Filtrierung der Umluft und dem reichlichen Zusatz von Frischluft ist die Luft selbst in den Raucherabteilen stets sauber und angenehm frisch. Die reichlich dimensionierte Wärmeisolation der Wagenkasten wirkt sich vorteilhaft auf den Energieverbrauch aus und gestattet, mit relativ kurzen Vorheiz- bzw. Vorkühlzeiten der Klimaanlage die Räume auf die gewünschte Temperatur zu bringen. Dank den über die ganze Abteillänge angeordneten breitflächigen Lufteintritten arbeitet die Anlage praktisch zugfrei. Einzig in Einspurtunneln trat bei hoher Fahrgeschwindigkeit ein etwas unangenehmer Luftzug auf. Er ist durch den beträchtlichen Druckunterschied zwischen der Staufront an der Zugspitze und dem Sog am Zugschluss erzeugt worden. Da der Durchgang durch den ganzen Zug nur von wenigen Türen unterteilt ist, die zur Klimatisierung der Einstiegplattformen und Vorräume mittels Abluft absichtlich nicht dicht schliessen, wird der Druckausgleich innerhalb des Zugs praktisch nicht behindert. Durch gute Abdichtung der Führerstände konnte die anfänglich unangenehme Zugerscheinung auf ein zulässiges Mass vermindert werden. Weitere Verbesserungsmassnahmen werden geprüft und bilden Gegenstand ergänzender Untersuchungen.

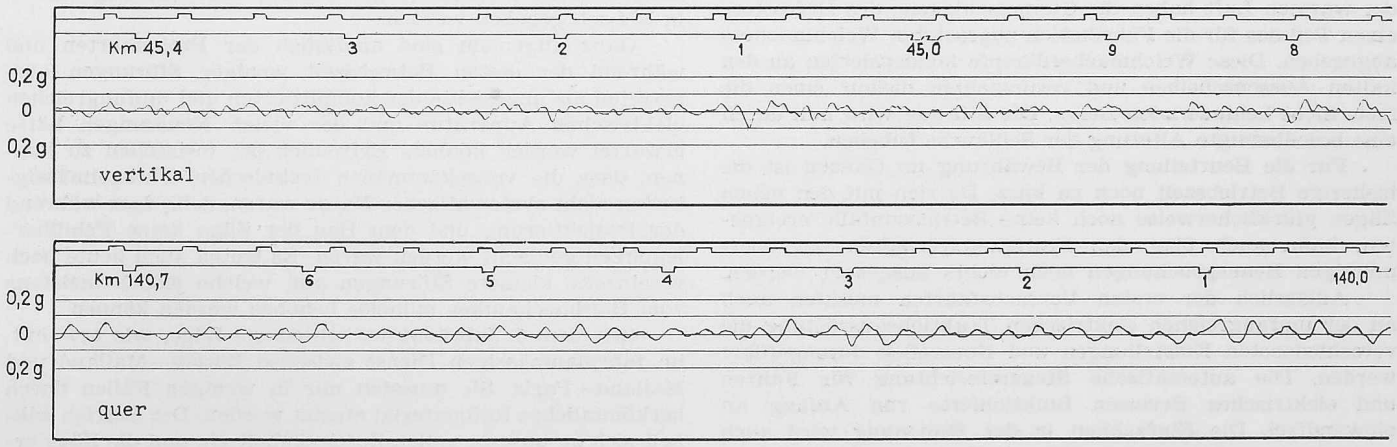
Auf Grund der befriedigenden Resultate im Versuchsbetrieb konnten die Züge am 1. Juli 1961 in den fahrplanmässigen Dienst eingesetzt werden. Sie haben seither eine Laufleistung von über 700 000 km zurückgelegt. Von den vier Zügen sind stets drei im Einsatz. Der vierte ist Reserve in Zürich. Der Einsatz der Züge ist im Bild 46 dargestellt. Man sieht daraus, dass sie in drei aufeinander folgenden Einsatztagen zweimal die Strecke Mailand—Paris und viermal die Strecke Zürich—Mailand zurücklegen, was einer



Steuerwagen an der Zugspitze (Messort über dem vorderen Drehgestell)



Maschinenwagen (Messort im Zollabteil)



Steuerwagen am Zugende (Messort über dem hinteren Drehgestell)

Bild 45. Wagenlaufdiagramme (Vertikal- und Querbeschleunigungen) nach einer Laufleistung von 180 000 km, gemessen mit Askania-Beschleunigungsmesser auf der Strecke Domodossola - Lausanne bei einer Geschwindigkeit von 145 km/h

Laufdistanz von 2816 km und einer mittleren Tagesleistung von 939 km entspricht.

Die neuen TEE-Verbindungen Zürich—Mailand und Mailand—Paris haben sich in der kurzen Betriebszeit gut eingeführt. Wegen ihrer hohen Reisegeschwindigkeit und dem in jeder Beziehung guten Reisekomfort sind die Züge beim Reisepublikum beliebt und über Erwarten gut besetzt. Auf der Strecke Zürich—Mailand werden die Plätze im Mittel zu 69 % und auf der Strecke Paris—Lausanne sogar zu 102 % benutzt. Besonders geschätzt sind die guten Laufeigenschaften und die dank der vorzüglichen Schallisolation erreichte Laufruhe sowie die bequeme, gediegene, in ansprechenden Farbtönen gestaltete Innenausrüstung und die mit der Klimaanlage erreichten vorzüglichen Luftverhältnisse.

Neben einigen geringfügigen Kinderkrankheiten, mit denen bei Neukonstruktionen immer zu rechnen ist, einem Triebachsbruch und Anfangsmängeln an der Fensterheizung im Führerstand sind bis jetzt im wagenbaulichen Teil keine grössern Störungen aufgetreten. Die Kinderkrankheiten konnten durch geeignete Massnahmen rasch weitgehend beseitigt werden. Für den erwähnten Achsbruch war nach dem bisherigen Befund eine unglückliche Häufung von an sich geringfügigen Faktoren, wie Ueberschreitung der der Berechnung zu Grunde gelegten Achslast, falsche Einstellung eines Anschlags zur Federspielbegrenzung, ungünstiger Querschnittübergang sowie kleine Oberflächenschäden in der kritischen Zone massgebend. Obschon die Achswellen der übrigen Triebachsen sofort durch Kaltverfestigung und günstigere Formgebung des gefährlichen Querschnittüber-

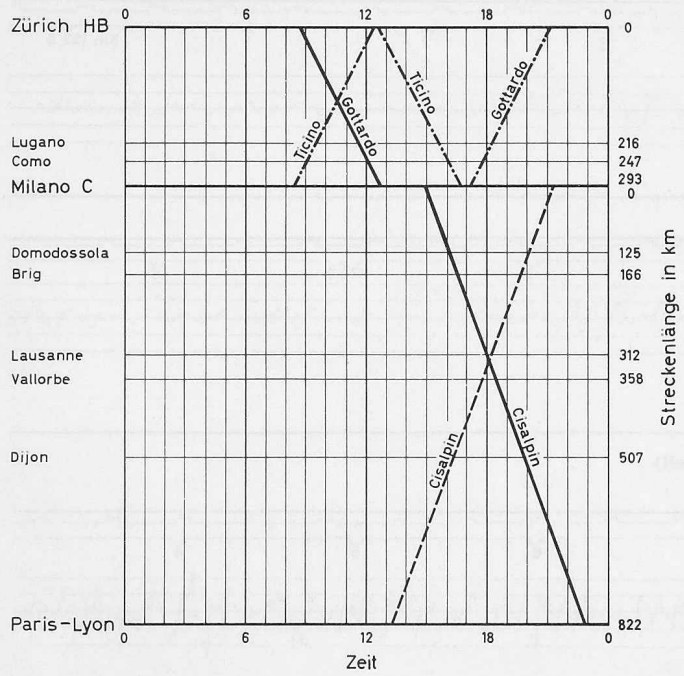


Bild 46. Einsatz der elektrischen TEE-Triebzüge

————	1. Tag Zürich - Milano - Paris	1115 km
— — —	2. Tag Paris - Milano	822 km
— . — . —	3. Tag Milano - Zürich - Milano - Zürich	879 km
	4. Tag Reserve Zürich	

gangs verbessert wurden, werden sämtliche Triebachswellen durch neue, aus hochwertigerem Material angefertigte und verstärkte Wellen ersetzt.

Recht interessant waren die erwähnten Schwierigkeiten mit der Fensterheizung im Führerstand. Unter Einwirkung der warmen Luft haben die Gummischläuche des Defrosters einen Teil des für die Fabrikation zugesetzten Weichmachers abgegeben. Diese Weichmacherdämpfe kondensierten an den kalten Aussenscheiben und verursachten darauf einen die freie Sicht behindernden Belag. Die Störung wird nun durch eine beschleunigte Alterung der Schläuche behoben.

Für die Beurteilung der Bewährung im Ganzen ist die bisherige Betriebszeit noch zu kurz. Da sich mit den neuen Zügen glücklicherweise noch keine Betriebsunfälle ereigneten, kann auch über das Festigkeitsverhalten bei übermässigen Beanspruchungen noch nichts ausgesagt werden.

Anlässlich der ersten Versuchsfahrten mussten auch an der umfangreichen elektrischen Traktionsausrüstung die verschiedensten Einstellungen und Kontrollen durchgeführt werden. Die automatische Steuereinrichtung für Fahren und elektrisches Bremsen funktionierte von Anfang an einwandfrei. Die Einfachheit in der Bedienung wird auch vom Fahrpersonal aller beteiligten Verwaltungen sehr geschätzt, so dass es rasch eingeübt war.

Die Kommutation der erstmals als Wellenspannungsmotoren ausgebildeten Fahrmotoren ist bei den verschiedenen Stromsystemen, insbesondere auch während der Feldschwächung, eingehend untersucht worden. Diese Kommutation war von Anfang an vorzüglich, was sich auch inzwischen durch den sehr kleinen Bürstenverschleiss von nur 0,19 mm pro 1000 km bestätigte.

Während der Probefahrten traten bei vier Fahrmotoren Windungsschlüsse im Anker auf, welche zu Rundfeuer am Kollektor führten. Die eingehende Untersuchung zeigte, dass es sich um kleine Wicklungsschäden metallurgischen Ursprungs handelte, die in keinem Zusammenhang mit der Auslegung als Wellenspannungsmotor standen und sich nur während der ersten Betriebsstunden auswirken konnten. Weitere Schäden liessen sich dadurch vermeiden, dass die übrigen Fahrmotoren während der ersten Betriebszeit nur nach und nach grösseren Erwärmungen ausgesetzt wurden.

Viel Zeit erforderte die Einstellung der Gleichrichter-Ueberwachungsapparatur. Hier traten insofern Schwierigkeiten auf, als im 50 Hz-Betrieb der Hauptschalter meistens nach dem Einschalten sofort wieder auslöste. Die Ursache hiefür lag darin, dass, je nach Phasenlage im Einschaltmoment, der symmetrische Aufbau der Spannung am Gleichrichter mehr Zeit benötigte als die Ansprechzeit der elektronischen Ueberwachungsapparatur. Nach Korrektur der Zeitglieder funktionierte diese Apparatur einwandfrei.

Die Spannungs- und Frequenzregulierung der Hilfsbetriebe-Umformergruppe bedurfte ferner einer kleinen Korrektur, was aber ohne nennenswerten Aufwand möglich war. Die Kommutation des Doppelkollektor-Antriebmotors der Umformergruppe war funkenfrei, doch zeigte sich, dass nach dem ersten Betriebsmonat jede zwölfte Lamelle der Kollektoren verfärbt war, was in einem Fall zu Rundfeuer führte. Durch eine kleine Korrektur am Wendefeld konnte hier sofort Abhilfe geschaffen werden.

Eine erwähnenswerte elektrische Störung ereignete sich während des Betriebs an einem Zug. Wegen einer nebensächlichen, an sich leicht zu behebenden Störung hatte der Kurzschliesser im Hilfsbetriebegleichrichter angesprochen. Der Hauptschalter löste jedoch nicht aus, weil seine Mindestdruckblockierung verstellt war. Der sekundäre Kurzschlussstrom betrug rd. 9000 A und der Primärstrom 900 A, was nicht genügte, um den Speisepunktschalter im Unterwerk auszulösen. Der Kurzschluss blieb daher bestehen, wurde aber glücklicherweise vom Bordmechaniker sofort erkannt und nach rd. 15 Sekunden durch Senken des Stromabnehmers abgeschaltet. Die Folgen dieses Kurzschlusses waren erstaunlich klein. Die Kontakte des Kurzschliessers waren verschmort, diejenigen der übrigen im Kurzschlussstromkreis liegenden Schaltapparate hingegen in Ordnung. Die Transformatorwicklung zeigte keinerlei Spuren der Störung, was ein gutes Zeugnis für ihre Kurzschlussfestigkeit darstellt. Die Hilfsbetriebekabel waren ausgeglüht, an ihrer Isolation äusserlich jedoch nichts festzustellen. Die Kabel und der Kurzschliesser wurden ausgewechselt, und nach kurzem Werkstätteaufenthalt konnte der Zug wieder in Betrieb gegeben werden.

Ganz allgemein sind anlässlich der Probefahrten und während der ersten Betriebszeit weniger Störungen aufgetreten als angesichts der komplizierten und umfangreichen elektrischen Apparatur und der vielen Neuerungen hätte erwartet werden können. Erfreulich ist, feststellen zu können, dass die vorgekommenen technischen Unregelmässigkeiten nicht systematischer Natur waren, d. h., dass während der Projektierung und dem Bau der Züge keine Fehlüberlegungen gemacht worden waren. Es treten auch heute noch vereinzelte kleinere Störungen auf, welche jedoch meistens vom Bordmechaniker mühelos behoben werden können.

Seit dem 1. Juli 1961 verkehren die Züge, wie erwähnt, im fahrplanmässigen Dienst zwischen Zürich—Mailand und Mailand—Paris. Sie mussten nur in wenigen Fällen durch herkömmliches Rollmaterial ersetzt werden. Der Betrieb wikkelt sich zu unserer vollen Zufriedenheit ab, und die Züge erfreuen sich auch einer immer grösser werdenden Beliebtheit bei den Reisenden, so dass heute schon die Verstärkung durch einen sechsten Wagen erwogen wird. Auch bei den massgebenden Instanzen der ausländischen Bahnverwaltungen haben die Züge volle Anerkennung gefunden.

Die Verfasser, die seitens der SBB mit der Bauleitung dieser Züge betraut waren, möchten den beteiligten Konstruktionsfirmen für die grosse und gute Arbeit und für die schöne Zusammenarbeit danken. Wir freuen uns mit ihnen über das gut gelungene Werk, das auf dem Gebiet des Eisenbahn-Rollmaterials eine weitgehende Neukonstruktion darstellt.

Adresse der Verfasser: Ing. *R. Guignard* und Ing. *K. von Meyenburg*, Generaldirektion SBB, Hochschulstrasse 6, Bern.