

Der Einheits-Wechselstromtriebwagen der Deutschen Reichsbahn

Von Reichsbahn-Oberrat Taschinger und Reichsbahnrat Förstner, Reichsbahn-Zentralamt München.

1. Entwicklung der Bauform

Bisher wurden die Wechselstrom-Triebwagen im allgemeinen als vierachsige Triebwagen gebaut, wobei entweder alle vier oder nur zwei Achsen Fahrmotoren erhielten. Der Triebwagen wurde mit einem Steuerwagen oder einem Steuerwagen und einem Beiwagen zu einer Zugeinheit zusammengeschlossen. Die vierachsige Triebwagenbauform war allgemein gebräuchlich im Vorort- und Nachbarortverkehr, wo eine Höchstgeschwindigkeit von nur 75 bis 90 km/h gefordert wurde. Auch bei den im Schnellverkehr zwischen Leipzig und Halle eingesetzten Wechselstrom-Triebwagen für 100 km/h Höchstgeschwindigkeit, die auch mit Steuerwagen betrieben werden, wurde an der vierachsigen Bauform festgehalten.

Im Laufe der Entwicklung der Einheits-Wechselstromtriebwagen hatten die Bestrebungen nach Schnellfahrt und Fahrzeitverkürzung mehr und mehr Platz gegriffen, und auch in der Entwicklung der Bremse war man weiter fortgeschritten. Es konnte daher die Höchstgeschwindigkeit wesentlich gesteigert werden. Da die Triebwagen außer im Vorortverkehr, wo sie mit einer Geschwindigkeit von 90 km/h betrieben werden, auch im Fernschnellzugverkehr eingesetzt werden sollen, wurde die Höchstgeschwindigkeit einheitlich für alle Triebwagen auf 120 km/h festgesetzt. Ferner wurde eine Vergrößerung des Fassungsvermögens eines Triebwagens angestrebt. Der Verkehr fordert bei häufigen Schnellverbindungen zwischen wichtigen Verkehrs- und Handelszentren im allgemeinen eine Zugeinheit von 160 Sitzplätzen. Eine solche Zugeinheit kann wie bisher aus einem vierachsigen Triebwagen und einem vierachsigen Steuerwagen gebildet werden. Hinsichtlich der Fahrsicherheit bestehen jedoch Bedenken, diese Einheit beim Schieben des Steuerwagens mit 120 km/h zu betreiben. Man entschloß sich daher, zur zweiteiligen kurzgekuppelten Einheit, zum Doppeltriebwagen, überzugehen und nunmehr die Enddrehgestelle mit je zwei Motoren anzutreiben. Das Fahrzeug wird dann in jeder Fahrtrichtung gezogen und kann sich nicht spießkant einstellen, wodurch ein besonders guter Kurvenlauf herbeigeführt wird.

Die weiter fortschreitende Elektrisierung und der Gedanke der Auflockerung des Verkehrs durch Einsatz von Triebwagen brachten es mit sich, daß das ursprüngliche Bauvorhaben wesentlich erhöht wurde, so daß bisher 39 Doppeltriebwagen in Auftrag gegeben werden konnten. Diese 39 Doppeltriebwagen sind zur

Zeit in Anlieferung begriffen und werden im Bereich der Reichsbahndirektionen Breslau, München, Nürnberg, Stuttgart und Karlsruhe eingesetzt. Weiterhin wurden 13 dreiteilige Wagen in Auftrag gegeben.

Da die Doppeltriebwagen zu mehreren Einheiten im Zugverband laufen und mit normaler Zug- und Stoßvorrichtung ausgerüstet werden sollten, wurde der ursprünglich beabsichtigte Leichtbau aufgegeben und der Wagen „so leicht wie möglich“ gebaut. Der Doppeltriebwagen wurde demzufolge mit vier Motoren mit einer Gesamtleistung von 900 kW ausgerüstet. Diese hohe Leistung wurde gewählt, um neben der Geschwindigkeit vor allem das Beschleunigungsvermögen hochtreiben zu können. Mit Rücksicht auf die Fahrzeitverkürzung ist neben einer großen Höchstgeschwindigkeit mindestens ebenso wichtig ein großes Beschleunigungsvermögen, und zwar nicht nur bei der Anfahrts-, sondern auch beim Einfahren in die Höchstgeschwindigkeit. Das Fahrzeug soll nach Geschwindigkeitsbeschränkungen möglichst schnell wieder auf seine Höchstgeschwindigkeit kommen können.

Die Unterbringung der elektrischen Ausrüstung, vor allem die Unterbringung der Umspanner und der Steuerung, verursachte, nachdem die Anordnung der Motoren festlag, große Schwierigkeiten. Andererseits ist aber auch die Unterbringung dieser Teile richtunggebend für die Gestaltung des gesamten Wagens. Genügt in dieser Hinsicht der Wagen nicht den Grundsätzen, die der erfahrene Triebwagenbauer an einen Triebwagen stellt, so ist er von vornherein ein Fehlgriff. Beim Entwurf des Doppeltriebwagens wurde der Grundsatz durchgeführt, das Wageninnere bis auf die Führerstände von elektrischen Ausrüstungsteilen vollständig frei zu lassen. Es ist dies beim vorliegenden Triebwagen zum erstenmal restlos gelungen. Weder Umspanner noch Hauptschalter und Hochspannungsleitung liegen im Wageninnern oder ragen in dieses hinein. Ferner soll der Fahrgast in einem Triebwagen wie in einem Personenwagen fahren können. Er darf nicht durch Maschinengeräusche, Anfahrstöße, Erzitterungen und Schwingungen, die auf ungünstige Anordnung der Ausrüstungsteile zurückzuführen sind, belästigt werden. Auch das ist erreicht worden. Durch günstige Anordnung der schwersten Teile ist gleichzeitig ermöglicht worden, Gewicht am Wagenkasten

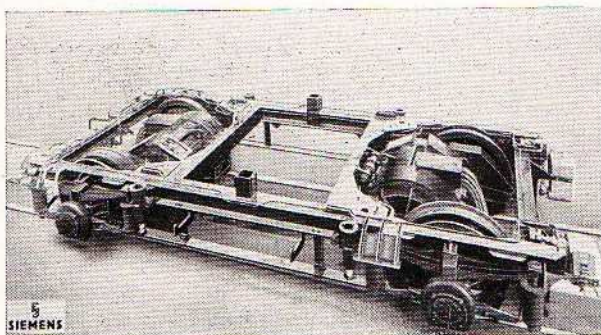


Bild 1. Wechselstrom-Doppeltriebwagen Triebdrehgestell ohne Wiege.

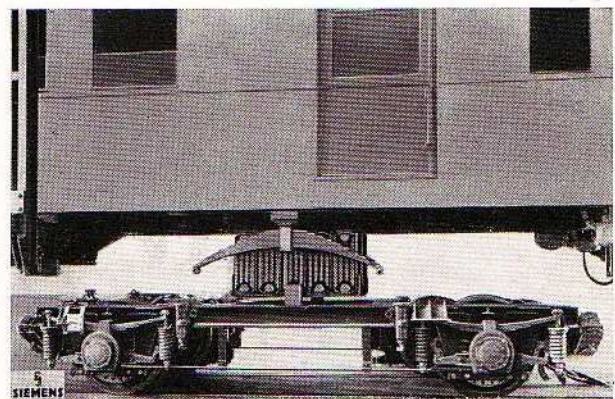


Bild 2. Wechselstrom-Doppeltriebwagen Triebdrehgestell unter dem angehobenen Wagenkasten.

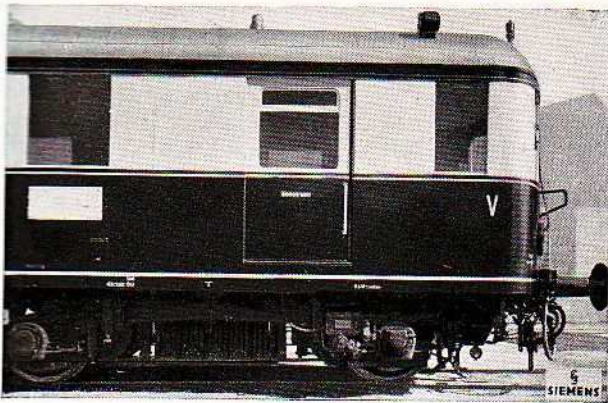


Bild 3. Wechselstrom-Doppeltriebwagen Triebdrehgestell bei aufgesetztem Wagenkasten.

einzusparen und trotzdem ein hohes Reibungsgewicht zu erhalten.

Außerdem muß der oberste Grundsatz der Wirtschaftlichkeit genügend berücksichtigt werden. Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigung sollen möglichst groß sein. Dabei müssen Kapitalaufwand und der Aufwand für Unterhaltung in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen gehalten werden. Auch diese Frage ist beim Entwurf der Wagen weitestgehend gelöst worden.

Nun zur Lösung der Frage der Bauform: Wie bereits vorher erwähnt, werden die Motoren in den Enddrehgestellen untergebracht. Die größte Schwierigkeit bereitet jedoch immer der Einbau des Umspanners, und zwar mit Rücksicht auf die vorher geschilderten Grundsätze, den Wagenkasten von elektrischen Bauteilen freizuhalten und außerdem Schwingungserreger, wie sie von der großen Masse eines Umspanners gebildet werden, so anzuordnen, daß sie den Wagenkasten nicht auf Biegung beanspruchen können, wodurch sich andererseits die Möglichkeit ergibt, den Kasten möglichst leicht zu bauen.

Früher hatte man bei den in Bayern laufenden Triebwagen der Reichsbahn den Umspanner mitsamt dem Schaltwerk über dem Drehgestell im Wagenkasten in einer besonderen Hochspannungskammer unter-

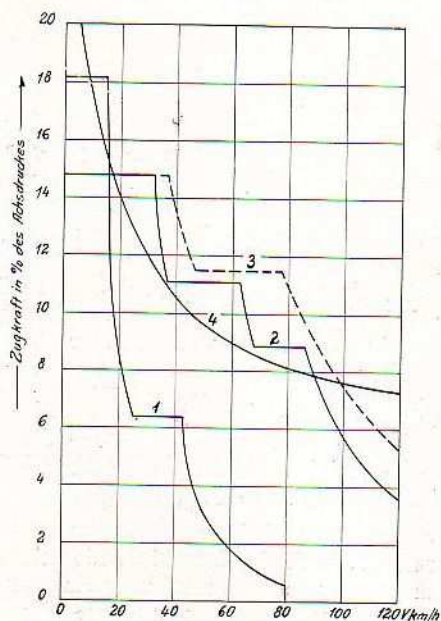


Bild 4. Zugkraftverlauf im Vergleich zur Reibungsgrenze.

- 1 = Berliner S-Bahn
- 2 = Einheits-Wechselstromtriebwagen 1. Lieferung
- 3 = " " " 2. u. 3. "
- 4 = Reibungsgrenze für feuchte Schienen.

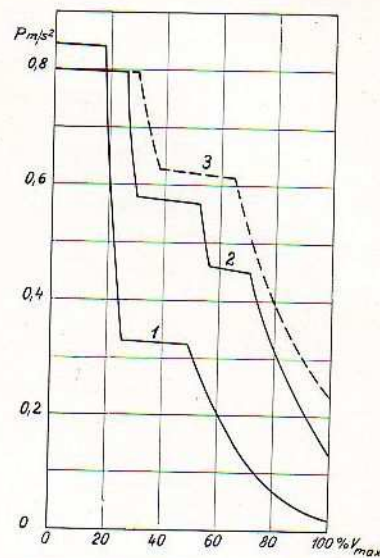


Bild 5. Beschleunigungsschaubild für Anfahrt in der Ebene.

- 1 = Berliner S-Bahn
- 2 = Einheits-Wechselstromtriebwagen 1. Lieferung
- 3 = " " " 2. u. 3. "

gebracht. Um den hierfür benötigten erheblichen Platz für den Fahrgastraum zurückzugewinnen, um ferner einen mit Rücksicht auf die Steigerung der Geschwindigkeit möglichst tief liegenden Schwerpunkt zu erhalten, ging man bei später gebauten Triebwagen dazu über, den Umspanner unter dem Wagenkasten aufzuhängen, jedoch in der Mitte. Der Wagenkasten mußte dabei so schwer gebaut werden, daß mit dem Achsdruck nicht unter 18 t gegangen werden konnte. Bei den vorliegenden Doppeltriebwagen hat man gewissermaßen beide Konstruktionen vereinigt und eine möglichst vollkommene Lösung geschaffen insofern, als man den Umspanner am Wagenhauptquerträger symmetrisch zum Drehzapfen aufgehängt hat. Er ragt also in das Drehgestell hinein. Dieses ist, wie auf den Bildern zu ersehen ist, so gebaut, daß es sich frei um den Umspanner herum bewegen kann.

Auf Bild 1 ist das Triebdrehgestell allein dargestellt, bereit, den Wagenkasten aufzunehmen. Die Motoren sind eingebaut. Auf die Ausführung der geschweißten Konstruktion, die auf dieser Abbildung gut zu sehen ist, sei hier nebenbei hingewiesen. In der Mitte sieht man den freien Raum für den Umspanner, der, wie auf Bild 2 ersichtlich, mit dem Kasten in das Drehgestell eingelassen wird. Der Wiegebalken befindet sich mit

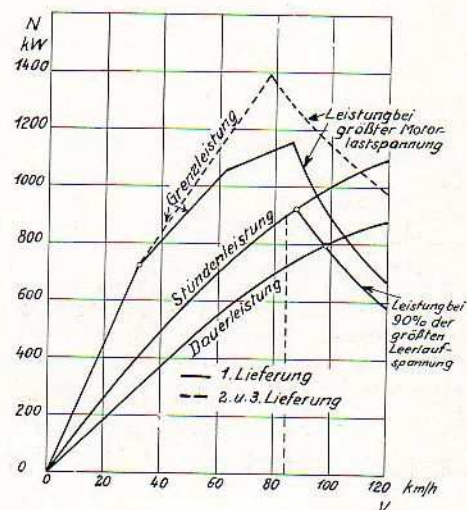


Bild 6. Leistungsschaubild des Triebwagens.

gestrichelt dargestellt. Diese Triebwagen sind nunmehr imstande, ihre Höchstgeschwindigkeit in 65 s innerhalb eines Weges von 1300 m zu erreichen. Dies gilt, wenn der Doppeltriebwagen allein fährt. Er ist ferner in der Lage, eine Anhängelast von 60 t zu befördern, die zum Beispiel aus Steuerwagen gebildet werden kann und im Personenzugverkehr in Frage kommt. Die Anfahrbeschleunigung in der Ebene geht dann von 0,8 auf $0,5 \text{ m/s}^2$ zurück. Eine Steigung von 25‰ kann dann noch mit 90 km/h befahren werden.

Soviel über das Leistungsvermögen. Vorher wurde geschildert, daß jeder Wagenteil des Doppeltrieb-wagens 2 Motoren, 1 Umspanner und 1 Steuermaschine besitzt und daß die Aufteilung der Umspanner und Steuereinrichtungen baustoffwirtschaftlich ungünstig ist. Die Vorteile der Gleichheit der Wagenteile sind indessen weit größer. Wie wir bereits sahen, wurden die Reibungsverhältnisse günstig beeinflußt. Dazu kommt eine sehr einfache Kabelverlegung. Schwierige Starkstromverbindungen zwischen den Wagenteilen wurden vermieden. Außerdem stellt jedes Triebdrehgestell mit seiner zugehörigen Steuereinrichtung eine in sich geschlossene unabhängige Trieb-einheit dar. Beim Übergang auf die dreiteilige Bauform, die bei den im Entwurf befindlichen Wagen vorgesehen wurde, erwuchs daraus der weitere Vorteil, daß man den dritten Einzelwagen einfach mit genau denselben Bauteilen ausrüsten konnte, ohne daß Umspanner und Steuer-maschine neu entwickelt werden mußten. Im gleichen Sinne kann man auch noch weitere Einzelwagen anreihen.

Trotz der Aufteilung der elektrischen Ausrüstung wurde erreicht, daß die große Leistung von 900 kW mit dem verhältnismäßig geringen Gewicht von 24 t eingebaut werden konnte. Dies war nur möglich unter Anwendung weitgehender grundsätzlicher Vereinfachungen. Neben der Vereinfachung der Heizungs-verlegung und der zugehörigen Geräte seien besonders der Wegfall des Hauptschalters und die vereinfachte Hochspannungsführung hervorgehoben. Mit dem Hauptschalter sollte bei früheren Bauarten die elek-trische Anlage des Wagens ein- und ausgeschaltet werden. Ferner sollte er hochspannungsseitige Über-lastungen und Heizungskurzschlüsse abschalten und bei Ausbleiben der Fahrdrabtspannung auslösen. Für hochspannungsseitige Kurzschlüsse war eine Sicherung vorgesehen. Niederspannungsseitige Kurzschlüsse und Überlastungen sollten durch Trennschütze abgeschaltet werden. Nach Wegfall des Hauptschalters wird nunmehr das Ein- und Ausschalten des Wagens durch den Stromabnehmer vorgenommen. Damit dabei kein un-zulässiger Lichtbogen gezogen wird, ist eine Zwang-schaltung am Führerbügelschalter vorgesehen, die ein Ein- und Ausschalten unter Last unmöglich macht. Es kann mit den Stromabnehmern lediglich die Um-spannerleerlaufleistung, in Ausnahmefällen auch die



Bild 9. Gesamtansicht des Wechselstrom-Doppeltrieb-wagens.

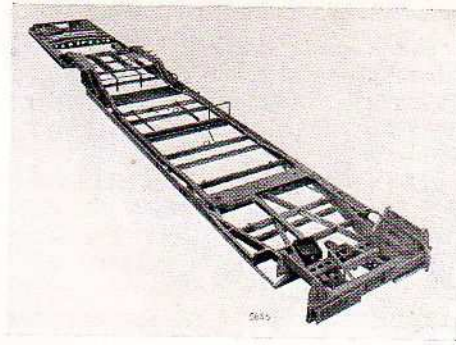


Bild 10. Wagenuntergestell von unten gesehen.

Heizleistung geschaltet werden. Für hochspannungs-seitige Kurzschlüsse und Überlastungen sind erstmalig Röhrensicherungen vorgesehen, die sich durch genaues und geräuschloses Arbeiten auszeichnen und beim An-sprechen den Wagen abschalten, ohne daß der Unter-werkschalter anzusprechen braucht. Niederspannungs-seitige Überlastungen und Kurzschlüsse werden durch Trennschütze abgeschaltet, die gleichzeitig als Richtungsschütze ausgebildet sind.

Der Einbau eines Hauptschalters war immer mit großen Schwierigkeiten verbunden. Da er mit seinem Gehäuse in das Wageninnere hineinragte und sich vom Gehäuse aus ein breiter Hochspannungsschacht bis zum Dach erstreckte, war seine Lage mitbestimmend für die Platzaufteilung des Fahrgastraumes. Mit seinem Weg-fall konnte ein beträchtliches Gewicht, das durch die zerknallfeste starke Ausführung des Schutzgehäuses bedingt war, eingespart und freizügig über die Auf-teilung des Wageninneren verfügt werden, um so mehr, als die Hochspannungsleitung nicht mehr durch den Wagenraum hindurchgeführt, sondern als Kabel außer-halb des Kastens verlegt wurde.

Die neuen Triebwagen tragen den Namen „Ein-heits-Wechselstromtriebwagen“. Es ist bei ihnen wohl das erstmalig gelungen, den Gedanken des Ein-heitstriebwagens zu verwirklichen. Der elektrische Teil des Triebwagens wurde von der Allgemeinen Elek-trizitäts-Gesellschaft, den Siemens-Schuckert-werken und von Brown-Boveri je in geschlossener Vergebung erstellt. Abgesehen von vereinheitlichten Bauteilen, wie Stromabnehmer, Kupplungen, Heiz-umschalter, Instrumentenkästen, sind vor allen Dingen die Großteile, wie Motoren und Umspanner, der genannten Firmen nach Angaben der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vereinheitlicht worden. Wengleich sie auch im Aufbau des aktiven Teiles nicht übereinstimmen, so sind sie doch äußerlich und elek-trisch gleich, d. h. bei den Umspannern sind die Anzahl und die Spannungswerte der Anzapfungen gleich, ferner die räumliche Lage derselben und die Kabelanschlüsse, die Hochspannungseinführung und die Befestigungs-bolzen. Von den Motoren sind die Aufhängungen, die Luftanschlüsse, die elektrischen Anschlüsse und die Lagerung auf der Achswelle gleich; der Verlauf der Kennlinien ist weitestgehend abgeglichen. Es können also Umspanner, Motoren mit den zugehörigen Treibrad-sätzen und geschlossene Triebdrehgestelle gegen solche anderer Lieferfirmen ausgetauscht werden. Ihr An-schluß und Anbau ist ohne weiteres möglich. Darüber hinaus ist die Schaltung der Arbeits- und Steuerstrom-kreise völlig gleich gestaltet worden. Für die elektrische Ausrüstung ist damit die Grundlage für die Wirt-schaftlichkeit gegeben, welche bedingt wird durch günstige Unterhaltung und niedrige Ersatzstück-vorhaltung.

2. Wagenbaulicher Teil

Die für eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h gebauten Einheits-Wechselstrom-Triebwagen und Steuerwagen sind nach den in den Bildern 7 und 8 dargestellten Grundrissen ausgeführt. Bild 9 gibt einen Gesamtüberblick über den Doppeltriebwagen.

Bevor auf die charakteristischen Einzelheiten dieser neuen Wagenbauart eingegangen wird, erscheint es zweckmäßig, die bisherigen Triebwagenbauarten der Deutschen Reichsbahn einander gegenüberzustellen, um dartun zu können, welche Neuerungen die neuen Wagenbauarten gegenüber den bisherigen aufweisen.

zeigt das Wagenuntergestell (von unten gesehen), aus dem alle näheren Konstruktionseinzelheiten ersehen werden können.

Jeder Doppeltriebwagen hat vier Drehgestelle nach Bauart Görlitz III leicht in geschweißter Ausführung. Die beiden inneren Laufdrehgestelle mit einem Achsstand von 3000 mm sind Drehgestelle der Regelbauart, die beiden äußeren Triebdrehgestelle mit einem Achsstand von 3600 mm haben mit Rücksicht auf die in das Drehgestell hineinragenden Umspanner und wegen der Maschinenanlage eine besondere Bauart. Bild 11 zeigt das Triebdrehgestell mit Umspanner, Bild 12

Baujahr		1926	1926	1932	1934	1935
Zahl der Sitzplätze	2. Kl.	—	—	—	15	17
	3. Kl.	55	75	73	40	136
Gesamtlänge über Puffer	mm	21 900	20 340	20 300	20 300	43 625
Zahl der Aborte		1	1	1	1	2
Zahl der Einstiege		4	4	6	4	8
Zahl der Motoren		2	2	4	4	4
Zahl der Umspanner		1	1	1	1	2
Gesamtstundenleistung der Motoren .	kW	400	550	710	800	900
Dienstgewicht des unbesetzten Wagens	t	69,7	61,2	64,0	57,5	88,2
Leergewicht je lfd. m Wagenlänge . .	t/m	3,173	3,010	3,150	2,830	2,020
Dienstgewicht des unbesetzten Wagens je Sitzplatz	t/Sitzpl.	1,270	0,815	0,877	1,045	0,566

Aus dem Vergleich der Triebwagenbauarten geht hervor, daß trotz wesentlicher Steigerung der Motorleistung das Gesamtgewicht der Wagen erheblich abgemindert werden konnte. Bezogen auf einen Sitzplatz ist mit dem neuen Einheitswechselstromtriebwagen eine Gewichtsminderung von 1,27 t auf 0,566 t, d. i. eine Verminderung um 55,5% und bezogen auf die Wagenlänge von 3,173 t/m auf 2,02 t/m, d. i. eine Abminderung um 36,4% erreicht.

Um ein möglichst niedriges Gewicht zu erhalten, sind sowohl Drehgestelle als auch der Wagenkasten vollkommen geschweißt ausgeführt, wobei St 37 verwendet wurde. Das Untergestell besteht aus normalen Z-Profilen, die durch eine Sonderbauart an den Miteinstiegen unterbrochen und an den hinteren Einstiegen bis zum Pufferbalken am Kurzkupplungsende nach innen gekröpft sind. Die Querträger aus U-Profilen des Untergestelles sind zwischen den Langträgern eingeschweißt. Aus wirtschaftlichen Gründen sind die Drehpfannenquerträger genietet; sie bestehen aus zwei Kastenträgern, die aus je zwei unten mit einem Stegblech verbundenen U-förmigen Trägern gebildet sind. Die Bleche der Träger sind, um Gewicht zu sparen, durchlöchert und dem Biegemoment entsprechend in der Mitte höher als an den Seiten. Bild 10

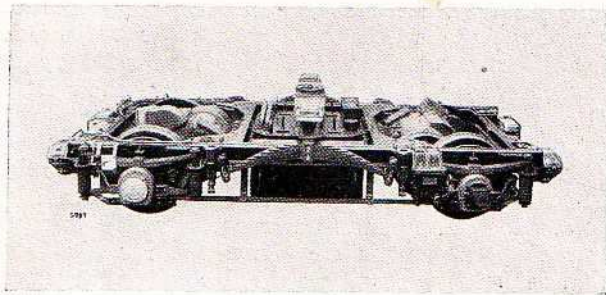


Bild 11. Triebdrehgestell mit Umspanner.

Laufdrehgestell mit Bremsanlage. Mit Rücksicht auf die Einbauweise des Umspanners mußte die über ihm liegende Wiege besonders flach geformt werden. Der Wagenkasten kann mit dem Umspanner von den Drehgestellen abgehoben werden, ohne daß Konstruktionsteile gelöst werden müssen. Die Abstände der Drehgestellteile vom Umspanner sind so groß ausgebildet, daß Kurven von 165 m Halbmesser durchfahren werden können. Die Drehgestelle haben eine Begrenzung ihres Anschlages erhalten, damit bei Entgleisungen durch Querstellen der Drehgestelle die in die Triebdrehgestelle hineinragenden Umspanner nicht beschädigt werden können.

Die Doppeltriebwagen haben an den äußeren Enden Hülsenpuffer mit Ringfedern, die leichter sind als Doppelkegelfedern. Die Ringfeder hat eine Endkraft von 32 t und einen Hub von 120 mm. Die beiden Einzel-

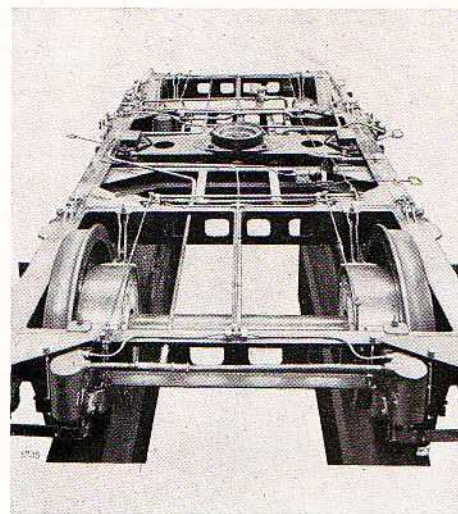


Bild 12. Laufdrehgestell mit Bremsanlage.

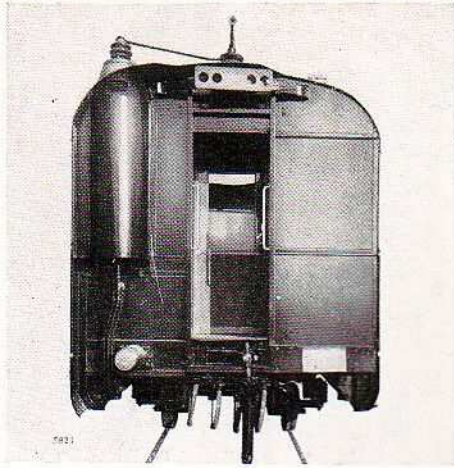
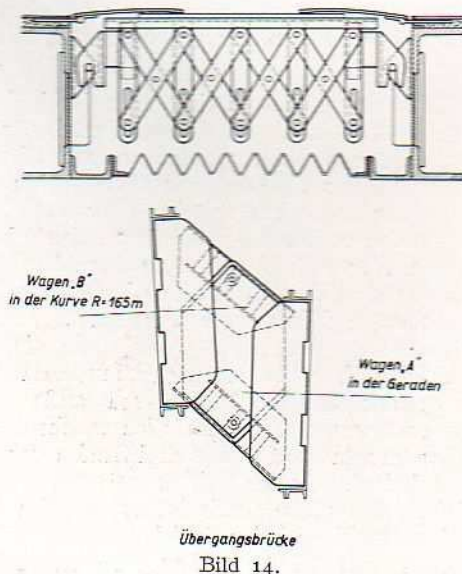


Bild 13. Zug-, Stoß- und Dämpfungsvorrichtungen am Kurzkupplungsende.

wagen, die einen Abstand im geraden Gleis von nur 665 mm haben, werden miteinander durch eine Kurzkupplung und zwei Sicherheitsketten verbunden. Neben der Kurzkupplung erhält jeder Wagen nur einen Seitenpuffer ohne Pufferteller, der gegen eine am Stirnbalken des Wagens angebrachte Platte von 18 mm Stärke arbeitet. Die Seitenpuffer erhalten Kegelfedern von 16 t Endkraft und 120 mm Hub. Die mit der Kurzkupplung verbundene Zugvorrichtung und die Zugvorrichtung an den äußeren Wagenenden haben normale Zugfedern von 16 t Endkraft. Bild 13 zeigt die Zug- und Stoßeinrichtungen an der Kurzkupplung. Diese sind so bemessen, daß die Wagen als Zugeinheiten, bestehend aus 2 Doppeltriebwagen und 4 Steuerwagen, einwandfrei zusammenlaufen können. Es besteht ferner die Möglichkeit einer Verlängerung der Züge auf 3 Doppeltriebwagen und 6 Steuerwagen, um einen etwa auftretenden Stoßverkehr bewältigen zu können. Zur Verbesserung des Wagenlaufes ist zwischen den beiden Einzelwagen über dem Faltenbalg eine Dämpfungsvorrichtung nach Bild 13 angeordnet, die auf einer Blattfeder von etwa 2 t Gegenkraft abgestützt ist. Die hierbei auftretenden Kräfte werden vom Wagenkasten aufgenommen.

Der durch Faltenbalg geschützte Übergang von einer Wagenhälfte zur anderen ist durch die Hochspannungskammer eingeeengt. Wegen der baulichen Beschrän-



Übergangsbrücke
Bild 14.

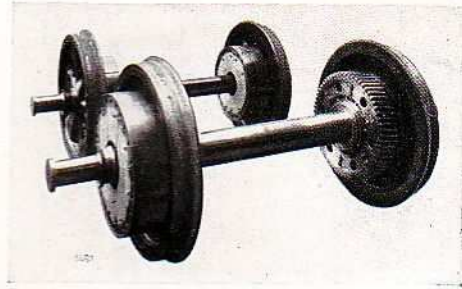


Bild 15. Treib- und Laufradsatz.

kungen und insbesondere wegen der Forderung, daß der Wagen bei einem Überhang der Wagenhälfte von 4055 mm in der Lage sein muß, Krümmungshalbmesser von 165 m und Weichen von der Neigung 1:8 ohne Schwierigkeit durchfahren zu können, mußten die Übergangsbrücken von der Maschinenfabrik Eßlingen besonders entwickelt und gebaut werden. Die Brücke (Bild 14) besteht im wesentlichen aus einer Schere, auf der lose gleitend das Mittelstück der Übergangsbleche angeordnet ist. Auf diesem Mittelstück ruhen die klappbaren Übergangsbleche der Wagen. Die Übergangsbrücke ist durch Prätzen an Konsolen, die an den Stirnseiten der Wagen befestigt sind, eingehängt und kann daher jederzeit leicht ausgehoben werden. Die Übergangsbrücke sichert ein bequemes und gefahrloses Übergehen auch beim kleinsten Halbmesser.

Die Laufradsätze bestehen aus Hohlachsen von 145 mm Außendurchmesser und 95 mm Innendurchmesser im Nabensitz (Wandstärke 25 mm) und aus den Laufradscheiben mit einem Laufkreisdurchmesser von 950 mm und 50 mm Radreifenstärke. Die etwa 10 mm starken Radscheiben sind im Umfang 6 mal mit Amplituden von 38 mm gewellt. Die Laufachsen sind für einen Achsdruck von 12,5 t bemessen und vom Bochumer Verein für Gußstahlfabrikation AG Bochum geliefert. Auf den Radscheiben sind die Bremsstrommeln mit je 6 Paßschrauben und einem Lochkreisdurchmesser von 450 mm befestigt. Radsatz und Bremsstrommel wurden gemeinsam ausgewuchtet.

Das Gewicht eines Laufradsatzes (ohne Trommeln) beträgt 748 kg gegenüber einem normalen Laufradsatz mit 1050 kg Gewicht. Durch die Verwendung von Leichtbausätzen wurde dabei je Laufradsatz ein Gewicht von etwa 300 kg gespart.

Die Treibradsätze sind Normalradsätze mit massiven Wellen von 120 mm Achsschenkelndurchmesser. Die Radreifenneigung aller Räder beträgt 1:20 und 1:40, um einen ruhigen Wagenlauf auch bei hohen Geschwindigkeiten zu erzielen. Bild 15 zeigt je einen Treib- und Laufradsatz.

Treib- und Laufachsen sind in Peyinghaus-Gleitlagern mit mechanischer Ölförderung gelagert. Die Lagerdeckel der Lagergehäuse wurden aus Leichtmetall hergestellt, wodurch das Gewicht vermindert wurde. Die Doppel-Trieb- und Steuerwagen erhalten Hipt-Knorrbremse, welche hohe Durchschlagsgeschwindigkeit, Unerschöpfbarkeit der Bremswirkung, Unabhängigkeit der Bremskraft vom Hub des Bremszylinderkolbens und kurze Lösezeiten als charakteristische Merkmale besitzt. Als Zusatzbremse ist eine nicht selbsttätige Druckluftbremse vorgesehen. Sämtliche Räder sind mit Bremsstrommeln versehen, auf welche die Bremskraft durch Bremsbacken mit Kunststoffbelägen (Ferodo-Asbest) übertragen wird. Die Bremsstrommeln der Treibräder sind an der Außenseite der Radscheiben befestigt. Sie besitzen einen Durchmesser von 680 mm und eine Breite von 190 mm; die Brems-

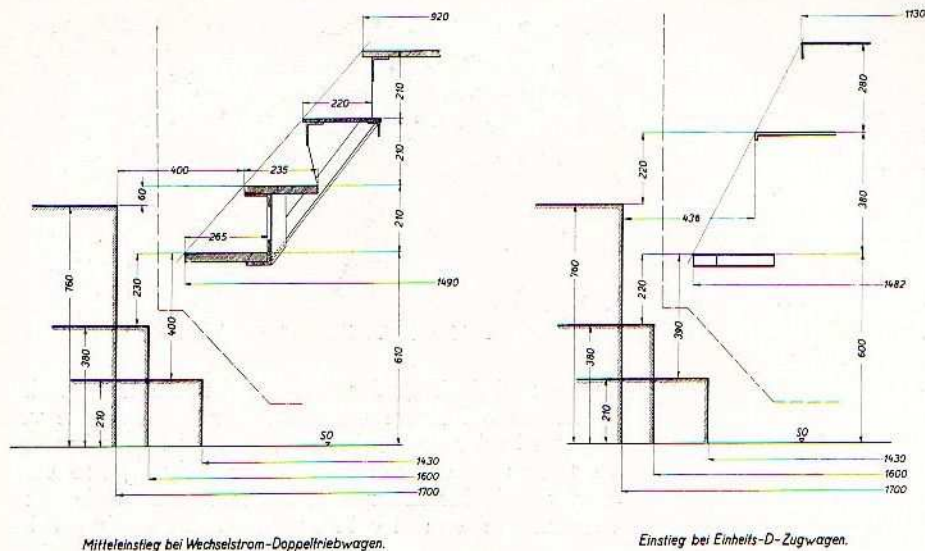


Bild 16. Einstiegsanordnung.

trommeln der Laufräder sind als innenliegende Trommeln mit einem Durchmesser von 600 mm und einer Breite von 200 mm ausgebildet. Der spezifische Flächen- druck, mit dem die Bremsbacken an die Trommeln an- gepreßt werden, beträgt $1,6 \text{ kg/cm}^2$ bei den Laufachs- trommeln und $2,0 \text{ kg/cm}^2$ bei den Treibachstrommeln. Zu beiden Seiten der Bremsstrommel wirkt je ein Brems- zylinder mit einem mittleren Kolbenhub von 27 mm. Um die Bremsbacke bei jeder Belastung des Wagens konzentrisch zur Trommelachse zu halten, ist eine Bremsbackensteuerung vorgesehen.

Die Abbremsung durch die Druckluftbremse bezogen auf den Radumfang beträgt etwa 33 % des Wagen- eigengewichtes.

Als Handbremse ist in jedem Wagenteil eine Druck- ölhandbremse der Bauart Knorr vorgesehen. Sie ist vom Führerstand aus bedienbar und wirkt auf je 1 Drehgestell. Durch Rechtsdrehen des Handbrems- rades wird in einem mit Öl gefüllten Arbeitszylinder der in den Druckölbremsszylindern erforderliche Druck zum Anpressen der Bremsbacken erzeugt. Eine Sperrvor- richtung hindert den Bremszylinderkolben bei unge- wolltem Nachlassen des Öldruckes am Zurückgehen. Beim Rückwärtsdrehen des Handrades wird die Sperrung aufgehoben und die Bremszylinderkolben werden bei abnehmendem Druck in der Druckölleitung durch Rück- zugfedern in die Lösestellung zurückbewegt.

Die Doppeltriebwagen erhalten an den beiden Wagen- enden je einen Führerraum; bei den Steuerwagen ist nur an einem Ende ein Führerraum angeordnet. Besondere Einstiege für die Führerräume sind nicht vorgesehen, weil die Einstiege die Rammsicherheit der Führerstände beeinträchtigen und das Triebwagenpersonal im Ge- fahrfall ohne Schwierigkeit durch die Verbindungstür zu den Fahrgasträumen nach rückwärts gelangen kann. Da der luftzugfreie Abschluß der Führerräume besonders beim Vorhandensein mehrerer Türen sehr schwierig ist, können beim Entfall von zwei Seitentüren die Führer- räume leichter zugfrei und im Winter warm gehalten werden. Bild 36 zeigt den Führerraum mit der elek- trischen Ausrüstung.

An den Führerständen der Trieb- und Steuerwagen sind Übergangstüren vorgesehen, die dem Zugpersonal ein sicheres Übergehen von einem Wagen zum anderen gestatten. Die vorderen Stirnwandtüren sind als Doppeltüren ausgebildet, da auf diese Weise eine gute Abdichtung des ganzen vorderen Stirnwandraums gegen Zugluft erreicht wird. Die äußere Stirnwandtür

schließt nach außen auf, die innere Stirnwandtür nach innen. Die Verbindungstür zwischen dem Führerraum und Gepäckraum oder Fahrgast- raum wird durch einen beson- deren Schlüssel abgeschlossen, der gleichzeitig zum Verriegeln des Führerbremsventils dient.

Die Signallaternen sind in die Stirnwände der Wagen ver- senkt eingelassen, um ein ge- fälliges Äußere der Wagen- außenseite zu erzielen. Auf dem Dach sind 2 Oberwagen- laternen in bekannter Aus- führung angeordnet.

Bei den meisten bisher ge- bauten Personen- und Trieb- wagen sind die Wagenkästen an den Einstiegen eingezogen und die Trittstufen außen- liegend angebracht. Bei schnell fahrenden Fahrzeugen muß jedoch der Luftwiderstand möglichst klein gehalten werden. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, die Einkröpfung des Wagenkastens zu vermeiden und möglichst glatte Außenwände vorzusehen. Hierzu müssen die Einstiegstufen in das Wageninnere verlegt und Schiebetüren verwendet werden.

Bei der Fußbodenhöhe von 1260 mm der Einheits- Wechselstromtriebwagen konnte ein bequemer Einstieg nur erzielt werden durch Wahl von 3 Einstiegstufen, da die größte Stufenhöhe nicht über 270 mm betragen soll, die auch von alten oder gebrechlichen Fahrgästen noch ohne Schwierigkeit überwunden werden kann. Be- queme Trittstufen erleichtern nicht nur das Einsteigen, sondern sie tragen zur Beschleunigung des Ein- und Aus- steigens der Fahrgäste und somit zu einer Verkürzung der Bahnhofaufenthalte und der Reisegeschwindig- keiten bei. Aus Bild 16 (Trittstufenanordnung bei verschiedenen Fahrzeugen und Bahnsteighöhen) ist zu ersehen, welche Vorteile die Anordnung der Einstieg- stufen bei den Wechselstromtriebwagen für 120 km/h gegenüber früheren Bauarten besitzt.

Zur Vermeidung von Unfällen ist ferner erforderlich, daß die Einstiegstufen genügend breite Auftrittsflächen erhalten, die nicht unter 200 mm liegen sollen. Die Einheits-Wechselstromtriebwagen haben Auftrittstufen von 200 mm Breite, die außerdem noch durch besondere Formgebung der Tritt Bretter ein bequemes Ein- und Aussteigen sichern.

Beim Wechselstrom-Doppeltriebwagen sind in der Mitte jeder Wagenhälfte Einstiege mit zwei Schiebetüren und an jedem Wagenende an der Kurzkupplungsseite je ein Einstieg mit einer Schiebetür von 655 mm lichter Öffnung angeordnet. Am mittleren großen Einstieg sind zwei Stufen vorhanden; die dritte Stufe befindet sich auf dem Weg vom Vorraum zu den Abteilen. Die beiden Stufen sind durch eine an die Schiebetüre angebrachte schräge Blechkappe abgedeckt. Diese Ab- deckung ist so ausgebildet, daß Reisende nicht ohne weiteres auf das Abdeckblech treten können, da sie sonst das Öffnen der Schiebetüren durch außenstehende Fahrgäste erschweren oder unmöglich machen würden. An der Kurzkupplungsseite sind drei Stufen vorhanden, von denen jedoch nur die beiden unteren Stufen ab- gedeckt sind; die obere Stufe ist offen. Um Unfälle zu vermeiden, wird an jeder Schiebetüre, senkrecht zur Türebene, ein Arm mit Türgriff angeordnet, an dem ein

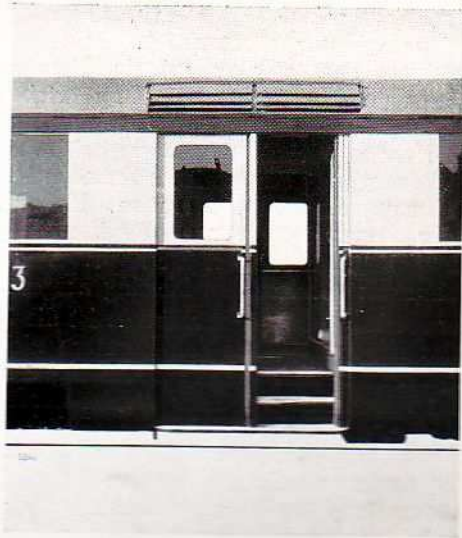


Bild 17. Mitteleinstieg, Außenansicht.

an der Seitenwand des Einstiegs befestigter Lederriemen eingehängt ist. Auf diese Weise werden die offenen Trittstufen bei geschlossener Schiebetüre durch den Lederriemen abgesperrt. Die innen liegenden Trittstufen werden dem Fahrgast durch Trittstufenleuchten besonders kenntlich gemacht.

Die Schiebetürtaschen und die Taschen für die Blechabdeckung haben eine ziemlich verwickelte Bauart des Wagenkastens zur Folge. Außerdem bereitet die zugluftsichere Abdeckung der senkrechten Fugen der Schiebetüre nicht unerhebliche Schwierigkeiten, so daß die Wahl von Schiebetüren nur dann für die Reisenden erträglich ist, wenn die Einstiegräume durch Türen von den Fahrgasträumen getrennt sind.

Innenliegende Stufen haben den Nachteil, daß der Längsträger des Untergestells stark abgekröpft oder gar unterbrochen werden muß. Das Untergestell wird durch die hierdurch bedingte Sonderbauart schwer, wenn Durchbiegungen und Schwingungen des Wagenkastens mit Sicherheit ausgeschlossen sein sollen. Da drei innenliegende Trittstufen nur außerhalb des Bereiches der Drehgestellrahmen vorgesehen werden können, wird die Grundrißeinteilung der Wagen durch die Einstiege maßgebend beeinflusst.

Mit Rücksicht auf die baulichen Schwierigkeiten, die die Anordnung von drei Einstiegstufen mit sich bringt, wäre anzustreben, die Fußbodenhöhe der Triebwagen auf 1060 mm abzusenken, da auf diese Weise es ermöglicht würde, mit 2 Einstiegstufen auszukommen und die Einkröpfung des Wagenuntergestells zu vereinfachen.

Da die Unterkante der Einstiege 418 mm tiefer als das Wagenuntergestell liegt und da ferner bei den Triebwagen die unter dem Wagenkasten zahlreich angeordneten Apparate, Batteriekasten usw. dem Wagen ein unruhiges Bild geben, wurden die Wagenseitenwände mit einer Schürze versehen, die jedoch an den Stirnseiten vollkommen offen sind und daher die Kühlung der Motoren und Umspanner in keiner Weise beeinträchtigen. Die einzelnen elektrischen Geräte, Brems- und Einrichtungen, die im Betrieb bedienbar sein müssen, sind durch Klappen zugänglich gemacht.

Zur Erzielung eines leichten Ganges sind die Schiebetüren der Einheits-Wechselstromtriebwagen, die grundsätzlich nur als einflügelige Türen gebaut sind, aus Leichtmetall hergestellt und von der Fa. Kiekert Söhne, Heiligenhaus, Bez. Düsseldorf, geliefert. Bild 17 und 18 zeigen den Mitteleinstieg in der Außen- und Innenansicht.



Bild 18. Mitteleinstieg, Innenansicht.

Schiebetüren haben im allgemeinen den Vorteil, daß sie im geöffneten Zustand nicht in die Wagengrenzungsline hineinragen, daß sie beliebig große Einstiegeöffnungen gestatten und daß sie bei Haltepunkten, die in Krümmungen mit überhöhtem Gleis liegen, keine Schwierigkeiten bereiten. Diesem Vorteil steht der Nachteil gegenüber, daß mit Rücksicht auf die erforderlichen Schiebetürtaschen die Fenster der benachbarten Wagenabteile schmal werden. Dieser Nachteil kann allerdings durch zweiflügelige Schiebetüren vermieden werden, doch bereitet die Abdichtung zweiflügeliger Schiebetüren Schwierigkeiten.

Die Wände der Einstiegräume sind mit poliertem Nußbausperrholz und grünem Linoleum unter Vermeidung von Leisten ausgestattet. Die Haltestangen sind aus Eisen und mit Kunstharz umkleidet, die durch Abwaschen mittels eines Lappens leicht gereinigt werden können und die durch ihre helle Farbtonung ein sauberes Aussehen haben. Sämtliche Einstiegräume sind besonders gut geheizt, um Zuglufterscheinungen in den Abteilen und Fahrgasträumen 3. Klasse, die nicht durch

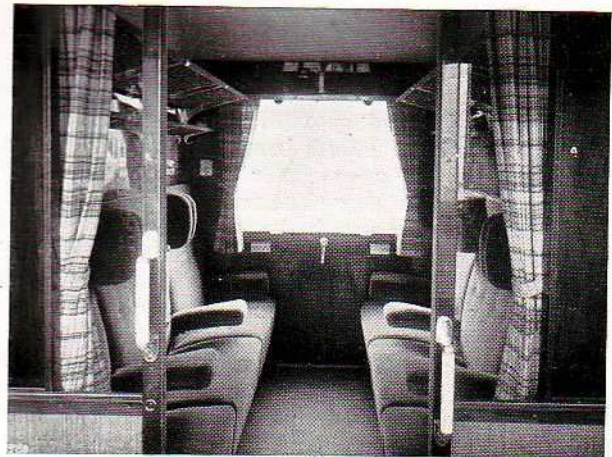


Bild 19. Abteil 2. Klasse.

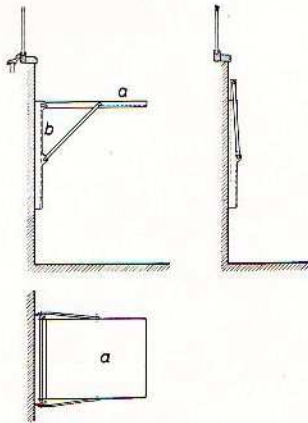


Bild 20. Klapptisch.

Zwischentüren von den Einstiegräumen getrennt sind, zu vermeiden.

Der an den Einstiegraum anschließende Seitengang vor den Abteilen 2. Klasse hat die gleiche Ausstattung wie der Einstiegraum erhalten. Unterhalb der Fensterbrüstung ist grünes Linoleum vorgesehen, da poliertes Holz durch die Koffer der Reisenden beschädigt und dadurch rasch unansehnlich werden würde. Aus den gleichen Gründen sind auch die Doppelabteilschiebetüren der 2.-Klasse-Abteile unterhalb des Fensters mit Linoleum ausgekleidet. Die Springrollvorhänge der Außenfenster sind so verlegt, daß die ebene Wandfläche nicht durch Ausbauchungen unterbrochen wird.

Bei der Ausgestaltung der Inneneinrichtung der Wechselstrom-Doppeltriebwagen wurden die Grundsätze der Raumhygiene beachtet. Aus diesem Grunde wurden peinlich alle Schmutz- und Staubablagerungsflächen und Ecken vermieden. Staubablagerungsstellen sind alle waagerechten Flächen, die in der Hauptsache durch Leisten und durch die Füllungen tragenden Holzrahmen gebildet werden. Die im Zusammenstoßen von waagerechten und lotrechten Flächen sich bildenden Ecken können nur schwer vollkommen von Schmutz gereinigt werden. Welche Mengen von Staub an Wagen mit vielen waagerechten Flächen sich ablagern, kann am besten durch Abstreifen mit dem Finger an Wagen älterer Bauart festgestellt werden. Werden jedoch vollkommen glatte Flächen durch Verwendung von Sperrholz eingebaut, so kann die Reinigung der Wagen sehr verkürzt werden, da wenig Schmutzablagerungsstellen vorhanden sind. Glatte Flächen aus Sperrholz geben zudem den Abteilen eine ruhige Raumwirkung, die durch Leisten nicht gestört wird.

Die Wände der Abteile 2. Klasse (Bild 19) sind mit deutschem Nußbaumsperrholz von nicht zu dunkler Färbung bekleidet. An je einer Wand ist ein rahmenloser Spiegel mit geschliffenem Rand vorgesehen. Die mit graugrünem Plüsch bezogenen Polster sind so ausgeführt, daß ein angenehmer und weicher Sitz gewährleistet ist. Zu den einzelnen Abteilen, die eine Abteillänge von 1840 mm besitzen, führen Doppeltüren mit großen Fensteröffnungen. Die Türstiele sind nur 40 mm breit, sodaß von jedem Sitzplatz aus eine ungestörte Sicht nach außen möglich ist. An jedem Türflügel ist je ein Handgriff aus Kunstharz (Elfenbeinfarbtönen) angeordnet. Die 1200 mm breiten Außenfenster sind mit Rollvorhängen versehen. Um im Abteil eine geschmackvolle und wohntonige Wirkung zu erzielen, wurden außerdem noch in modernen Farbmustern gehaltene Schiebevordänge an den Abteiltüren und Fenstern angeordnet.

Sämtliche Fenster in den Abteilen 2. Klasse, im Seitengang und in den Fahrgasträumen 3. Klasse haben Gewichtsausgleich und werden mittels Fensterkurbeln herabgelassen und geschlossen. Zum Heben und Schließen eines Fensters sind 5 bis 6 Umdrehungen erforderlich. Bei den Wechselstrom-Doppeltriebwagen wird die Kurbelumdrehung durch eine Fahrradkette auf die Schere übertragen. (Bauart Brose, Koburg.) Die Fenster der Steuerwagen werden durch eine Zahnradübersetzung betätigt (Bauart Depeg). Die Fensterrahmen sind aus vernickeltem Messing hergestellt.

Bei Verwendung von Fensterkurbeln ist die bisherige Bauart des Klapptisches an den Fenstern nicht mehr möglich. Mit Rücksicht auf die Bedienung der Kurbel mußte das Klapptischchen tiefer verlegt werden. Dies hat zur Folge, daß die Oberseite des Tischchens leicht der Beschmutzung durch die Füße der Fahrgäste ausgesetzt ist, ferner erforderte bisher das Aufschlagen des Tischchens großen Platzbedarf, wobei gegenüberstehende Reisende belästigt werden konnten. Zur Vermeidung dieser mit der Fensterkurbel bedingten Übelstände ist in der 2. Klasse ein neuartiger Klapptisch eingebaut worden (Bild 20), bei dem der Tisch mit seiner der Seitenwand zugekehrten Fläche (a) in einer Schiene (b) geführt wird. Beim Aufklappen des Tischchens, das mit einer Hand vom Sitz aus leicht vorgenommen werden kann, wird der gegenüberstehende Reisende nicht gestört. Die Tischfläche hat eine Breite von 480 mm und eine Länge von 400 mm. Das Tischchen steht mit 97 mm sehr wenig von der Wageninnenwand ab; es erfordert also wenig Platz.

Die Abteile 2. Klasse sind durch drei einfache Leuchten von je 40 Watt ausreichend beleuchtet. Zwischen den Leuchten sind mit Metallrändern eingefasste Lüftungsschlitze vorgesehen, durch die die verbrauchte Luft in die unter dem Dach eingebauten Lüftungskanäle strömt und von den auf dem Dach angeordneten Wendlersaugern abgeführt wird. Die Lichtleitungen sind hinter der Wandverkleidung verlegt; die Lichtschalter sind Kippschalter, die mit rückwärtigem Anschluß versehen sind. Die Decke ist weiß gestrichen; der Fußboden ist mit grauem Linoleum belegt. Die elektrischen Heizkörper und Thermostaten befinden sich unter den Sitzpolstern.

Da die drei Abteile 2. Klasse über einem Triebdrehgestell angeordnet sind, waren Bodenklappen für die Umspanner und Motoren nicht zu vermeiden. Die Bodenklappen sind jedoch gegen Geräusch und Zugluft besonders gut abgedichtet. Die Oberflächen der Bodenklappen sind mit Linoleum belegt, das gegen eine senkrecht stehende Messingblechumfassung stößt. Die Bodenklappen passen sich daher, ohne wie bisher durch breite Metalleisten zu stören, gut dem Fußboden an und verunstalten nicht den Fußboden der Abteile. Sämtliche Beschläge, Schülder, Kleiderhaken, Handgriffe der Fahrgasträume 3. Klasse und der Abteile 2. Klasse sind aus Leichtmetall (meist Hydronalium) hergestellt, um Gewicht zu sparen und um möglichst deutsche Erzeugnisse im Wagenbau zur Einführung zu bringen.

Für beide Wagenklassen wurden Gepäcknetze von einheitlicher Größe vorgesehen. Die Abteile 2. Klasse haben Quergepäcknetze erhalten, die in Einzelabteilen als solche am günstigsten angeordnet werden können. Da die 3. Klasse als Großraum ausgebildet wurde, wurden mit Rücksicht auf die Raumgestaltung Längsgepäcknetze vorgesehen. Nur an den Stirnseiten der Großräume sind noch Quergepäcknetze angeordnet, um genügend Ablegeflächen zu erhalten. Da die Gepäcknetze eine Tiefe von 410 mm besitzen, sind ge-



Bild 21. Fahrgastraum 3. Klasse.

nügend Ablagemöglichkeiten für Gepäck vorhanden. Die Gepäcknetzträger sind einheitlich für 2. und 3. Klasse aus Hydronalium hergestellt. In der 3. Klasse sind herausklappbare Halter zur Lagerung von Schneeschuhen vorgesehen.

Die Fahrgasträume 3. Klasse (Bild 21) sind als Großräume ausgebildet; durch einen Mittelgang getrennt, befinden sich auf einer Seite drei Sitze, auf der anderen Seite zwei Sitze; die Abteillänge beträgt 1600 mm, die Fensterbreite 1000 mm.

Die Wände der 3. Klasse sind mit poliertem deutschem Eichenholz bekleidet. Unterhalb der Fensterbrüstungsleiste ist die Wand mit Linoleum verkleidet, das in ähnlichem Ton gehalten ist wie die polierte Eichenwand. Linoleum ist weniger empfindlich gegen Beschädigungen (Verkratzen) und kann in einfacher Weise gereinigt werden. An der Seitenwand sind Armlehnen und unter dem Fenster kleine aus Eichenholz angefertigte Ablegetische angebracht, die an Trägern so befestigt sind, daß sie etwa 10 mm von der Wand abstehen und keine Schmutzecken bilden.

Die Sitze haben Kegelfederung, die Rückenlehnen Selfafederung erhalten. Die Plüschüberzüge sind in rotbraunmeliertem Ton gehalten. Die Polster sind ebenfalls so angeordnet, daß Schmutzecken vermieden sind und leichte Reinigungsmöglichkeit besteht. Die Sitzgestelle bestehen bei den Triebwagen aus vernickelten Stahlrohren, bei den Steuerwagen aus Hydronalium.

Oberhalb der gepolsterten Rücklehne ist ein Schutz gegen Zugluft angeordnet, der aus einer Eichenholzsperreplatte gebildet wird. Außer der oberen und unteren Brüstungsleiste sind vollkommen glatte Flächen aus Eichensperreholz vorhanden, die keine Staubablagerungsflächen bieten. Die Decke ist weiß gestrichen, auf eine geschmackvolle Formgebung wurde besonders geachtet. Zwei Reihen von einfachen Leuchten mit je 40 Watt erleuchten den Raum ausreichend. Lüftungsschlitze, die so ausgebildet sind, daß die Bildwirkung der Decke nicht gestört wird, sorgen für den Abzug der

verbrauchten Luft. Der Fußboden ist mit rotem Linoleum belegt.

Die Aborte sind so gebaut, daß sie im Betrieb möglichst leicht gereinigt werden können und daß Schmutzablagerungsstellen vermieden sind. Zu diesem Zweck sind blanke Metallteile, die bisher aus Sonderbronze, Neusilber usw. hergestellt waren, durch weißemalierete oder spritzlackierte Teile ersetzt. Auf diese Weise wurden die teuren Metallteile, die im Betrieb schwer zu putzen sind, durch billige leicht zu reinigende Sparstoffe ersetzt. Alle waagerechten Flächen wurden vermieden, Ecken, die, wie bereits ausgeführt, besonders Staubablagerungsstellen bilden, wurden beseitigt z. B. durch Absetzen des Waschbeckens von der Wand. Wasserkannen, Feuerlöscher wurden in einem von der Decke bis zum Fußboden reichenden Schrank eingebaut, wodurch ebenfalls waagerechte Flächen vermieden wurden. Der Fußboden wurde mit grauen Platten belegt, die mit großen Hohlkehlen zu den Wänden überführen, so daß eine leichte Reinigung ermöglicht wird. Sämtliche Wasserleitungen, ausnehmlich der Zuführung zum Leibstuhl, wurden hinter der Wand verlegt. Der rahmenlose Spiegel mit geschliffenem fasettiertem Rand ist von der Wand etwa 10 mm abgesetzt. Die Wände und die Decke sind in isargrüner Farbe gestrichen, von dem die weißemaliereten Seifenspender, Zigarrenablage, Papierrollenhalter, Handgriffe usw. geschmackvoll abstehen. Die Aborttür wurde aus rahmenlosem Sperrholz hergestellt. Der Abort ist mit Wasserspülung versehen; die Wasserbehälter haben einen Inhalt von 300 l und sind durch einen elektrischen Ofen gegen die Gefahr des Einfrierens geschützt.

An den beiden Längsseiten der Außenwände sind Regenrinnen angebracht mit Schlitzöffnungen zwischen den Fenstern. An Stelle der bisherigen Schilder für 2. und 3. Klasse sind Leichtmetallziffern angebracht. Der Nitro-Farbanstrich ist im bekannten creme-roten Ton gehalten. Die Schürze ist schwarz gestrichen.

Die Inneneinrichtung der Steuerwagen unterscheidet sich von den Triebwagen nur durch eine andere Grundrißeinteilung. Im übrigen entspricht sie vollkommen der Ausstattung der Wechselstrom-Doppeltriebwagen.

Der wagenbauliche Teil der Wechselstromtriebwagen wurde unter Leitung des Reichsbahn-Zentralamtes München von der Maschinenfabrik Eßlingen entworfen; die Bauausführung wurde der Maschinenfabrik Eßlingen und der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg übertragen. Die Steuerwagen wurden von Linke-Hofmann, Breslau, entworfen und von dieser Firma sowie von Busch, Bautzen, Rathgeber, München, und Fuchs, Heidelberg gebaut.

3. Elektrischer Teil

Nachdem im 1. Abschnitt der grundsätzliche Aufbau der Triebwagen dargelegt wurde, soll nunmehr die elektrische Ausrüstung im einzelnen beschrieben werden.

Sämtliche erforderlichen Ausrüstungsteile gehen aus dem als Beispiel gewählten Gesamtschaltplan (Bild 22) des BBC-Wagens hervor. Dieser zeigt den grundsätzlich gleichen Aufbau der Wagenteile a und b. Eine Ausnahme hiervon machen lediglich die Luftpumpe, der Sicherheitsschaltkasten, der Wahlschalter und Prüffumschalter, die je nur einmal, und zwar im Wagenteil a, vorgesehen sind. Bis auf diese Abweichung ist die Schaltung beider Wagenteile völlig gleich.

An den Enden sieht man die für die Steuerstromleitungen erforderlichen Kontakte der Langkupplungen,

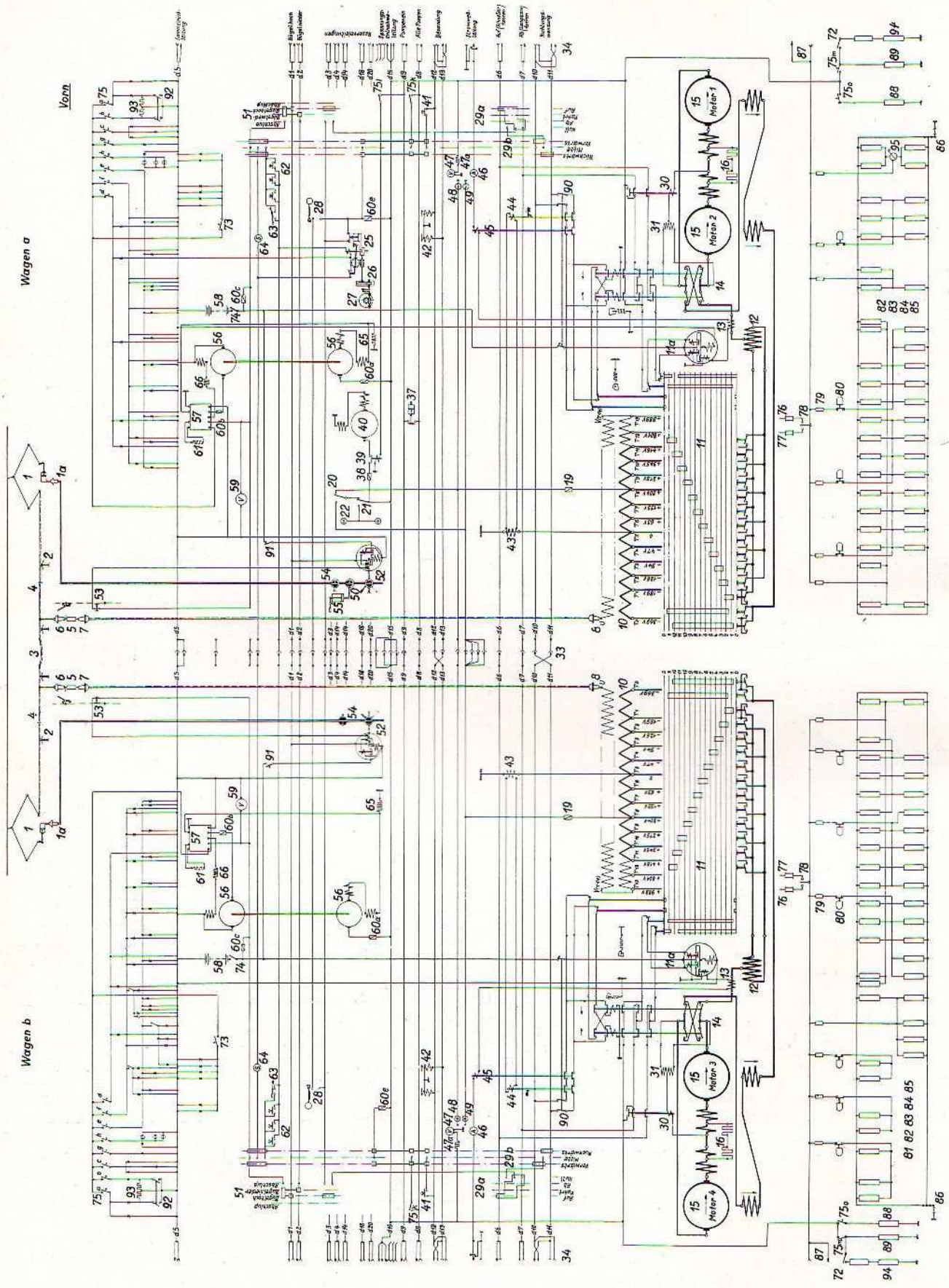


Bild 22. Gesamtschaltbild.

in der Mitte die der Kurzkupplung. Beide Wagenteile sind außer der Hochspannungskupplung lediglich durch die Steuerstromkupplung elektrisch verbunden. Die Arbeitsstromkreise verlaufen in sich geschlossen in jedem Wagenteil.

Verfolgt man den Stromverlauf vom Fahrdraht beginnend, so zweigt von der Hochspannungsverbindung beider Stromabnehmer in jedem Wagenteil eine Hochspannungsleitung ab und führt über je eine Hochspannungssicherung unmittelbar zur Oberspannungswicklung des Umspanners. Zwischen Abzweigstelle und Stromabnehmer liegt ein Trennschalter, der bei Schadhafwerden eines Stromabnehmers diesen abschaltet, so daß dann beide Wagenhälften von dem anderen weiter gespeist werden können. Von der sich in Sparschaltung anreihenden Unterspannungswicklung des Umspanners, und zwar von den Anzapfungen T₁ bis T₁₂ führen Arbeitsstromverbindungen zu den 12 Stufenschaltern des Nockenschaltwerks und von da zum Stromteiler. Vom Stromteiler geht der Arbeitsstrom zu den Richtungsschützen, die gleichzeitig Trennschütze sind, läßt durch die Anker-, Wendepol- und Kompensationswicklungen der beiden in Reihe geschalteten Motoren eines Triebdrehgestells und wieder zurück zu den Richtungsschützen. Dann durchfließt er die unter sich in Reihe geschalteten Erregerwicklungen und kehrt hierauf zur Endanzapfung T₉ der Unterspannungswicklung zurück. Die Richtungs-

schütze schalten bei Kurzschlüssen, Überlastungen, Spannungsausfall und Fahrshalterstellung „Null“ die Ankergruppe beiderseitig ab, die Erregerwicklungsgruppe nur einseitig. Die andere Seite wird erst durch Zurückgehen des Schaltwerks in die Nullstellung abgetrennt.

Um die Gefahr von Überschlägen und Erdschlüssen an den Motoren herabzusetzen, wurde der Umspanner in der Mitte der Unterspannungswicklung an der Klemme T₅ geerdet. Die Motoren erhalten dadurch eine Spannung von nur etwa 400 Volt gegen Erde. Ferner wurde in die Erdleitung ein Erdschlußrelais eingebaut, das bei irgendeinem Erdschluß die Trennschütze abschaltet und somit nicht nur die Motoren, sondern auch die ganze Anlage schützt. Die Steuerung ist als selbsttätige Zugsteuerung ausgebildet. Wenn auch die Steuermaschinen der einzelnen Lieferfirmen besonders in bezug auf ihren Antrieb verschiedenartig ausgeführt worden sind, so ist die Betätigungsschaltung der Steuerung in allen Einzelheiten vereinheitlicht. Das gleiche gilt natürlich auch für die Betätigungsapparate wie Fahrshalter, Richtungswender, Führerbügelshalter und Steuerstromkupplungen. Es ist dadurch möglich, die Triebwagen und Steuerwagen verschiedener Lieferfirmen willkürlich zusammenzukuppeln und von einem beliebigen Führerstand aus zu steuern.

Der Steuerstrom wird als Wechselstrom von 200 Volt Spannung an der Klemme T₈ des Umspanners entnom-

Teil	Stückzahl Wagen		Benennung	Teil	Stückzahl Wagen		Benennung
	b	a			b	a	
1	1	1	Stromabnehmer	56	1	1	Umformer
2	1	1	Luftzuführungsschlitz	57	1	1	Lichtregler
3	1	1	Seitenschalter	58	1	1	Lichtbatterie
4	1	1	Hochspannungskupplung	59	1	1	Batteriespannungsmesser
5	1	1	Handwvenschalter in der Dachleitung	60	1	1	Sicherungskasten
6	1	1	Hochspannungssicherung	60 a	1	1	Umformersicherung (Motor) 25 Amp.
7	1	1	Hochspannungsdurchführung	b	1	1	Umformersicherung (Generator) 2 x 50 Amp.
8	1	1	Oberer Kabelendverschluß	c	1	1	Batteriesicherung 75 Amp.
9	1	1	Unterer Kabelendverschluß	d	1	1	
10	1	1	Transformator	e	1	1	Steuerstromsicherung 25 Amp.
11	1	1	Nockenschaltwerk	f	1	1	
12	1	1	Antrieb zum Nockenschaltwerk	61	1	1	Vorschaltwiderstand für Lichtregler
13	1	1	Stromteiler	62	3	3	Sicherheitsknopf
14	1	1	Motorstromwandler	63	1	1	Sicherheitstritt
15	1	1	Richtungswender	64	1	1	Summer
16	1	1	Fahrmotor	65	1	1	Vorschaltwiderstand für Lichtmotor
17	1	1	Wendewiderstand für Fahrmotor	66	1	1	Vorschaltwiderstand für Lichtgenerator
18	1	1		67			
19	1	1		68			
20	1	1	Hilfsstromsicherung 100 Amp.	69			
21	1	1	Speicherstromwvenschalter	70			
22	1	1	Prüfstromschalter	71			
23	1	1	Prüflampe	72	1	1	Schalter für Fensterheizkörper
24	1	1		73	1	1	Stufenlichtselbstschalter
25	1	1		74	1	1	Batteriehaupschalter
26	1	1	Sicherheitsknöpfe	75	1	1	Einheitschalttafel
27	1	1	Stromabnehmer	75 a	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Streckenlaterne u. Leselampe
28	1	1	Stromabnehmer	b	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Streckenlaterne T
29	1	1	Stromabnehmer	c	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Schluß- u. Oberwagenlaterne
30	1	1	Stromabnehmer	d	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Blaues Licht
31	1	1	Stromabnehmer	e	1	1	Kleinselbstschalter 25 Amp. Licht Kreis I
32	1	1	Stromabnehmer	f	1	1	Kleinselbstschalter 25 Amp. Licht Kreis II
33	1	1	Stromabnehmer	g	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Führerraumlampe
34	1	1	Stromabnehmer	h	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Blendlampe u. Steckdosenschutz
35	1	1	Stromabnehmer	k	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Alle Pumpen
36	1	1	Stromabnehmer	l	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Eigene Pumpe
37	1	1	Stromabnehmer	m	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Heizofen
38	1	1	Stromabnehmer	n	1	1	Kleinselbstschalter 10 Amp. Wärmeschrank
39	1	1	Stromabnehmer	o	1	1	Heizsicherung
40	1	1	Stromabnehmer	p	1	1	Heizsicherung
41	1	1	Stromabnehmer	q	1	1	Heizumschalter
42	1	1	Stromabnehmer	r	1	1	Verteilungssicherungskasten
43	1	1	Stromabnehmer	s	6	4	Wärmeregler
44	1	1	Stromabnehmer	t	5	—	Heizofen Bauart A
45	1	1	Stromabnehmer	u	7	10	Heizofen Bauart A ₁
46	1	1	Stromabnehmer	v	23	24	Heizofen Bauart B
47	1	1	Stromabnehmer	w	3	4	Heizofen Bauart C
48	1	1	Stromabnehmer	x	3	4	Heizofen Bauart C ₁
49	1	1	Stromabnehmer	y	1	1	Erdungskasten
50	1	1	Stromabnehmer	z	1	1	Heizstecker, Heizsteckdose
51	1	1	Stromabnehmer	aa	1	1	Heizofen mit Wärmeschrank
52	1	1	Stromabnehmer	ab	1	1	Heizofen
53	1	1	Stromabnehmer	ac	1	1	Sicherung für Nockenschaltwerk u. Wagenabschalter
54	1	1	Stromabnehmer	ad	1	1	Sicherung für Bügelsteuerung
55	1	1	Stromabnehmer	ae	1	1	Hell-Dunkelschalter
56	1	1	Stromabnehmer	af	1	1	Vorschaltwiderstand zur Hell-Dunkelschaltung
57	1	1	Stromabnehmer	ag	2	2	Fensterheizkörper
58	1	1	Stromabnehmer	ah	—	1	Umschalter im Gepäckraum

men und über Wahlschalter und Prüfschalter in die Spannungsentnahmeleitung d_{15} , die wichtigste Leitung der Steuerung, geschickt. Der Wahlschalter hat den Zweck, die Spannungsentnahmeleitung entweder an den einen oder den anderen Umspanner des Triebwagens zu schalten. Die Spannungsentnahmeleitung wiederum ist nur im Stecker der Langkupplung angeschlossen, so daß eine Parallelschaltung von Umspannern gekuppelter Triebwagen unmöglich und nur ein Anschluß an die Leitung d_{15} von Steuerwagen möglich ist. An der Leitung d_{15} hängen zunächst alle Hilfseinrichtungen, wie Lichtmaschine und Luftpumpe. Wichtiger ist für die augenblickliche Betrachtung jedoch der Abzweig, der zur Steuerung dienen soll. Dieser führt über den Unterbrechungskontakt im Sicherheitsschaltkasten und den Zwangskontakt am Führerbügelsschalter zur Schaltwalze des Fahrschalters. Von hier führt eine Leitung, die erst beim Einschalten des Fahrschalters Spannung erhält, zur Walze des Richtungsschalters. Die Schaltwalzen des Fahrschalters und Richtungswenders geben die Steuerspannung je nach dem Willen des Triebwagenführers in die Leitungen „Auf“ oder „Ab“ und „Vorwärts“ oder „Rückwärts“. Diese vier wichtigen Leitungen d_6 , d_7 , d_{10} , d_{11} , mit denen das Fahrzeug gesteuert wird, werden durch den ganzen Zugverband geführt. An die Leitungen d_6 und d_7 sind die Schaltmagnete angeschlossen, die das Auf- und Abschalten der Steuermaschine bewirken. Über die Leitungen d_{10} und d_{11} werden die Richtungsschütze für die gewünschte Fahrtrichtung eingelegt.

Bis zu den genannten vier Leitungen sind die Triebwagen völlig einheitlich ausgeführt worden, die daran anschließende Schaltung jedoch nur den Grundsätzen nach, d. h. die Steuereinrichtungen der einzelnen Lieferfirmen sind zwar verschieden ausgeführt, sie müssen jedoch die mit Fahrschalter und Richtungswender gegebenen Befehle in gleicher Weise befolgen. Auch müssen sie sich bei Kurzschlüssen, Überlastungen, Spannungsausfall, Schleudern der Treibräder, ferner in bezug auf selbsttätiges Fortschalten in Abhängigkeit vom Motorstrom genau gleich verhalten. Denn nur so ist ein Zusammenlaufen verschiedener Triebwagen möglich.

Wird der Richtungsschalter eines Führerstandes in die Vorwärtslage gebracht, so wird einmal die Steuerung vorbereitet, zum anderen wird gleichzeitig über die Walze die Sicherheitsfahrerschaltung eingeschaltet; der Schalter „alle Pumpen“ und der Sandstreu Knopf werden an Spannung gelegt. In diesem Augenblick ist der betreffende Führerstand zum „führenden“ Führerstand geworden. Wird jetzt der Fahrschalter in die Stellung „Auf“ gebracht, so erhält die Leitung d_6 Spannung. Damit erhält auch die Leitung d_{10} Spannung. Die Vorwärts-Richtungsschütze fallen ein. Dadurch wird der Weg für den Steuerstrom zum „Auf“-Magnet freigegeben. Der „Auf“-Magnet springt an, die Steuermaschine bewegt sich aufwärts. Die Motoren erhalten mehr und mehr Spannung. Der Strom steigt in gleichem Maße an, bis plötzlich das Fortschaltrelais anspricht und die Steuermaschine zum Halten bringt. Jetzt klingt der Motorstrom im Verlauf der Kennlinie ab bis zu einem bestimmten eingestellten Wert, bei dem das Fortschaltrelais abfällt und die Steuermaschine wieder weiterschalten kann. So geht das Spiel weiter fort, ohne daß der Führer das Anfahren beeinflusst. Da die Fortschaltstromstärke der Reibungsgrenze angepaßt ist, wird dabei das höchste Maß an Beschleunigung herausgeholt, ohne daß ein Schleudern der Räder eintreten kann.

Die Sicherheitsschaltungen werden grundsätzlich mit Gleichstrom von 24 Volt Spannung, der den Batterien

entnommen wird, betrieben. Hierzu gehören die Sicherheitsfahrerschaltung und die Stromabnehmer-schaltung. Beide müssen unabhängig vom Fahrdraht arbeiten können.

Es sollen nunmehr die Ausrüstungsteile erläutert werden, und zwar zweckmäßig in der Richtung des Kraftflusses.

Auf jedem Wagenteil ist über der Mitte des inneren Drehgestells ein Stromabnehmer der hohen Einheitsbauart aufgesetzt, der durch ein Magnetluft-Bügelsteuerventil betätigt wird. Wie aus Bild 9 ersichtlich, wird durch diese Anordnung nur ein geringer Teil des Daches von der Hochspannungsdachausrüstung beansprucht.

Neben der Erzielung eines gefälligen Aussehens wird durch Zusammendrängung der zu wartenden Teile die Unterhaltung erleichtert. Von der Dachleitung führt auf jedem Wagenteil ein Abzweig zu einem Durchführungsisolator (Bild 13), der in die Hochspannungssicherungskammer einmündet. Das innere Ende ist als Sicherungsträger ausgebildet. Der untere Sicherungsträger ist gleichzeitig Kabelendverschluß. Auf Bild 23 ist die Hochspannungssicherung zu sehen. Sie hat eine Nennstromstärke von 60 A. Der Sicherungskörper besteht aus Porzellan. Der Sicherungsdraht ist auf einem Porzellanträger von sternförmigem Querschnitt und scharfen Kanten aufgewickelt und vollkommen in Quarzpulver eingebettet. Mit den Sicherungen sind mehrere Kurzschlußversuche ausgeführt worden. Ein Zerknall des Porzellankörpers hat sich dabei nie ergeben. Auf Bild 23 sind Verschluß, Verriegelung und Erdungsschalter zu erkennen, die notwendig sind, um das Bedienungspersonal restlos vor Gefahren zu schützen. Rechts oben ist der Griff des Bügelsschalters zu erkennen, mit dem der Führer vor Öffnen der Kammer die Bügel niedergelegt hat. Die Anordnung ist durch die Verriegelung etwas verwickelt und braucht Raum. Bei den neueren Triebwagen wird daher die Hochspannungssicherung aufs Dach gelegt. Eine Ersatzsicherung wird so daneben angeordnet, daß beim Durchbrennen der einen Sicherung vom Wagennern aus auf die gesunde umgeschaltet werden kann. Verriegelungen und Verschlüsse sind dadurch vermieden. Auf Bild 13 sieht man anschließend an die Sicherungskammer den Hochspannungskabelkanal, der unten in sanftem Bogen unter den Wagenkasten führt und sich dort entlang bis zum Umspanner am vorderen Drehgestell erstreckt. Die Hochspannungskabel wurden teils als Gummikabel, teils als Bleikabel mit Papierisolation ausgeführt. Während das Bleikabel eine gewisse Starrheit hat und gegen mehrmaliges Verbiegen empfindlich ist, kann man das Gummikabel hin- und herbiegen und durch Aussparungen in Querträgern hindurchfädeln. Der Einbau des letzteren gestaltet sich deshalb leichter. Im allgemeinen stellt die Verwendung von derartigen Hochspannungskabeln einen beträchtlichen Fortschritt gegenüber bisherigen Ausführungen dar, die wesentlich mehr Gewicht und Platz, vor allen Dingen Platz vom Fahrgastraum, beanspruchten. Hier wird der Fahrgastraum überhaupt nicht berührt. Das Hochspannungskabel mündet mit einem Endverschluß in einem kleinen Ölkessel, der auf dem Deckel des Umspanners aufgesetzt ist und mit dem Umspannerkessel keine Ölverbindung hat (siehe Bild 24). Von dieser Hochspannungseinführung geht ein Durchführungsisolator in den Umspanner. Diese Art der Hochspannungseinführung beansprucht nur einen geringen Raum und trägt wesentlich bei zum Gelingen der gedrängten Konstruktion des Umspanners.

Auf Bild 24 ist die Gesamtansicht des AEG- und

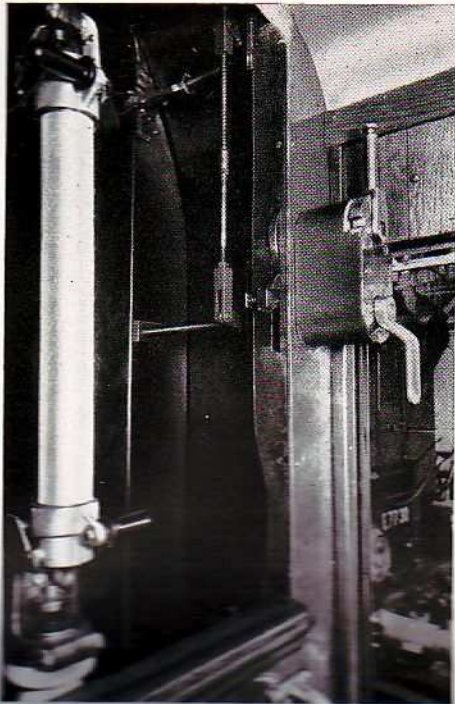


Bild 23. Innens der Hochspannungssicherungskammer.

SSW-Umspanners geeicht. Wie bereits vorher erwähnt, sind die Hauptabmessungen der Umspanner der einzelnen Lieferfirmen gleich, ferner die Kabelanschlüsse und Befestigungen. Schwierig war es, mit der zur Verfügung stehenden geringen Höhe auszukommen. Bei normalem Pufferstand und dem gegebenen Federspiel mußte die Umspannerunterkante einen Abstand von 180 mm über Schienenoberkante haben, damit beim Brechen der Wiegen- und Achsfedern und bei vollständig abgenutzten Radreifen der durch die Höhe der Radlenker bedingte kleinste Abstand von 65 mm über Schienenoberkante eingehalten wird. Auf Bild 25 ist der Umspanner von AEG und auf den Bildern 26 und 27 der Umspanner von BBC zu sehen. Rechts sind die einheitlich ausgeführten 15 Unterspannungsklemmen zu erkennen, 12 davon für Anschluß der Steuerungsmaschine, 2 für Heizung; eine liegt am Ende der Oberspannungswicklung und verbindet außen Ober- und Unterspannungsteil. Außer den vier Befestigungsbolzen sind zur Sicherheit beim Reißen von Bolzen an den Hauptquerträgern des Kastens vier Notfangklauen an-



Bild 24. Triebwagen-Transformator ELT 11.

gebracht, die unter den Deckelrand fassen. Die Umspanner von AEG und SSW haben nicht nur gleiche Abmessungen, sondern sind bis auf den aktiven Teil gleich gebaut (siehe Bild 24). Bei dem AEG-Umspanner (Bild 25) sind die Tragbolzen unmittelbar mit dem Kern verbunden, so daß die Deckelrandschrauben nur den Kessel und das Ölgewicht zu tragen haben. Bei SSW sind die Bolzen in Verstärkungen am Deckelrand angeschweißt. Der Kern ist am Deckel angeschraubt. Ähnlich ist es beim BBC-Umspanner. Bild 24 läßt erkennen, daß größter Wert auf eine gute Kühlung gelegt wurde. Außer den seitlich reichlich vorgesehenen Kühltaschen wurden in Fahrtrichtung beiderseitig Kühlrohre angebracht. Für den Fall, daß diese Kühlung noch nicht genügt hätte, sind auf dem Deckel Rohrstützen für den Anschluß von Ölpumpen vorgesehen. Auf einen guten Ölumlauflauf im Innern des Umspanners wurde ebenfalls geachtet. Damit das Öl die Spulen durchdringen und die Wärme wegführen kann, sind die Isolationsringe zwischen den Spulen mit Zwischenlagen versehen. Bei den Versuchen haben sich die Kühlverhältnisse als sehr günstig erwiesen. Fast die ganzen Verluste konnten im Ruhezustand — also ohne Fahrwind — abgeführt werden.

AEG und SSW haben den Umspanner als Kernumspanner gebaut und zwar AEG mit rundem Kernquerschnitt, SSW mit rechteckigem. BBC hat demgegenüber die Mantelbauart gewählt (Bild 26); der Mittelschenkel trägt flache rechteckige Spulen. Bei allen Bauarten erkennt man das Bestreben, mit einer möglichst niedrigen Bauhöhe auszukommen. Auf den Bildern 25 und 26 sind die kräftigen Verspannungen durch profilgeschweißte Jochkappen zu erschen.

Die Umspanner haben eine Nennleistung von 350 kVA. Darüber hinaus kann jeder Umspanner im Winter eine Heizleistung von 90 kW abgeben, die in zwei Stufen mit den Spannungen 800 und 990 Volt regelbar ist.

Auf Bild 27 ist der BBC-Umspanner zu sehen, wie er im freien Raum des Drehgestells liegt. Besonders interessant ist die Anordnung der Wiege, die sich frei zwischen Kasten und Umspanner bewegen kann.

Wie schon erwähnt, erhalten die neueren Umspanner eine höhere Leistung entsprechend der höheren Spannung. Die Kessel mit ihren Befestigungen, Anschlüssen und Ausmaßen werden jedoch genau so gebaut wie die der Umspanner der Triebwagen erster Lieferung, so daß sie ohne weiteres ausgetauscht werden können. Es muß nur der zugehörige Stromteiler, der jetzt mit Rücksicht auf die größeren Stufenspannungsunterschiede größer ist, mit ausgewechselt werden.

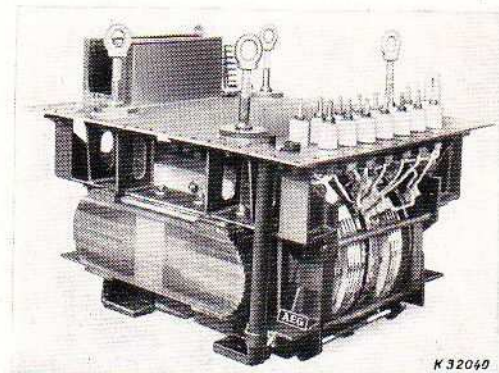


Bild 25. Umspanner von AEG ohne Gehäuse.

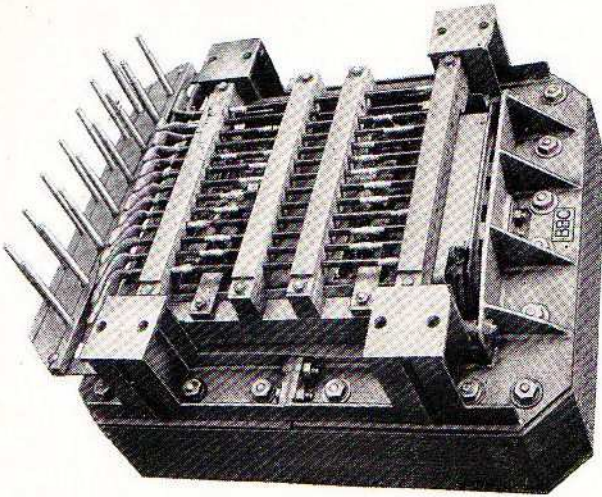


Bild 26. Umspanner von BBC ohne Gehäuse.

Von den Niederspannungsklemmen der Umspanner führen Kabelverbindungen zu den Schaltwerken, die so nah wie möglich an die Umspanner herangerückt sind.

Die Schaltwerke sind von den drei Firmen als Nockenschaltwerke ausgebildet. Eine gleichartige Unterbringung am Wagenkasten ließ sich nicht ermöglichen. Die AEG- und SSW-Schaltwerke wurden für eine Zugänglichkeit von außen eingerichtet, das Schaltwerk von BBC für eine Zugänglichkeit von oben. Dementsprechend wurden die AEG- und SSW-Schaltwerke außen am Wagenkasten aufgehängt (Bild 28) und das BBC-Schaltwerk in der Mitte unter dem Wagenkasten mit Zugänglichkeit durch eine Fußbodenklappe.

Letztere an sich un bequemere Anordnung bietet den Vorteil, daß man das Schaltwerk in zwei nebeneinanderliegende parallel angetriebene Schaltwerke halber Länge zerlegen kann. Man kommt dann zu einer gedrängten Bauform (Bild 29) und vermeidet lange Wellen, die während der Fahrt beim Durchschwingen des Kastens Anlaß zu Klemmungen geben können, wenn man sie nicht durch Gelenkkupplungen unterteilt. Die außen angebrachten einwilligen Schaltwerke wurden daher auch zwecks Vermeidung der Übertragung von Verbiegungen des Wagenkastens auf das Schaltwerk mit Gummizwischenlagen befestigt.

Die Schaltwerke der drei Firmen unterscheiden sich grundsätzlich durch ihre Antriebe, die, wie bereits gesagt, in ihrer Wirkung genau gleich sind. BBC hat wieder wie bei dem Stuttgarter Vororttriebwagen Drehmagnetantrieb gewählt, AEG ein kinematisches

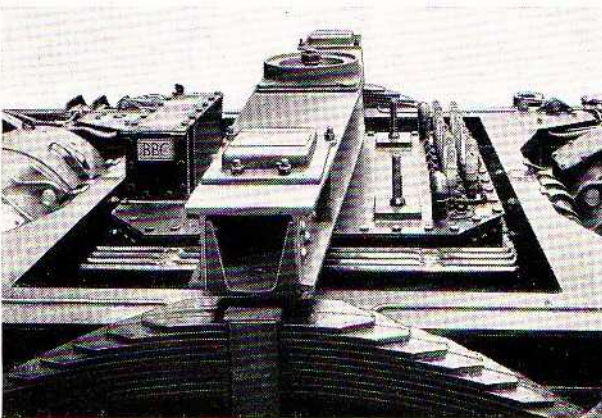


Bild 27. Umspanner von BBC ins Drehgestell frei hineingestellt.

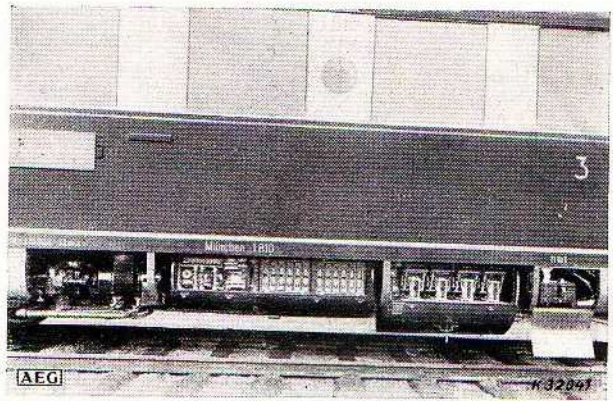


Bild 28. Schaltwerk von AEG am Wagenkasten.

Getriebe, welches durch einen Wechselstromreihenschlußmotor betrieben wird, und SSW einen rein elektromotorischen Antrieb mit Vorgelege. Der Motor ist hierbei ein Gleichstromnebenschlußmotor für 24 Volt. Die drei Antriebe unterscheiden sich dadurch, daß beim AEG-Antrieb eine fortlaufende Drehbewegung durch eine kinematische Getriebekupplung in eine taktmäßige Schaltbewegung umgewandelt wird, während beim BBC-Schaltwerk diese durch die Hin- und Herbewegung des Drehmagnets unmittelbar erzielt wird. Beim SSW-Antrieb läuft das Schaltwerk dagegen mit dem Motor fest gekuppelt bis zur gewünschten Stufe. Die Schaltbegrenzung geschieht durch Festbremsen des Antriebsmotors, und zwar durch eine Magnetbackenbremse, eine elektrische Kurzschlußbremse und den mechanischen Widerstand des Schaltwerkes. Der Motor, der eine Drehzahl von 2800 U/min hat, bleibt dann innerhalb etwa 3 bis 5 Umdrehungen stehen.

Auf Bild 30 ist der AEG-Antrieb besonders dargestellt unter Weglassung der davorliegenden Relais; links der Antriebsmotor, daran anschließend der Getriebekasten, der über Vorgelege auf die Schaltwerkschwelle arbeitet. Damit gekuppelt ist links über dem Motor die Steuerschalter-Nockenwelle.

Auf Bild 31 ist das SSW-Schaltwerk dargestellt; links die gleichen Relais wie bei AEG, dann nach rechts anschließend der Antrieb mit darüberliegender Magnetbackenbremse. Im nächsten Feld oben sieht man die Kurzschlußschalter. Der Motor treibt über Vorgelege eine Welle an, auf der die Nocken für die Steuerschalter (im zweiten Feld) und die Nocken für die Stufenschalter (im dritten und vierten Feld) sitzen.

Auf Bild 29 ist das BBC-Schaltwerk zu sehen. Rechts liegt der Antrieb mit den Auf- und Abmagneten (im Bild oben) und dem Fortschaltrelais (unten). Man sieht anschließend die beiden Nockenschalterreihen. Die Steuerschalter sitzen nicht sichtbar auf der Hauptwelle.

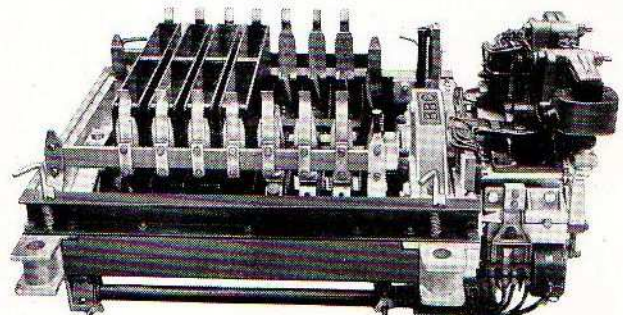


Bild 29. Schaltwerk von BBC.

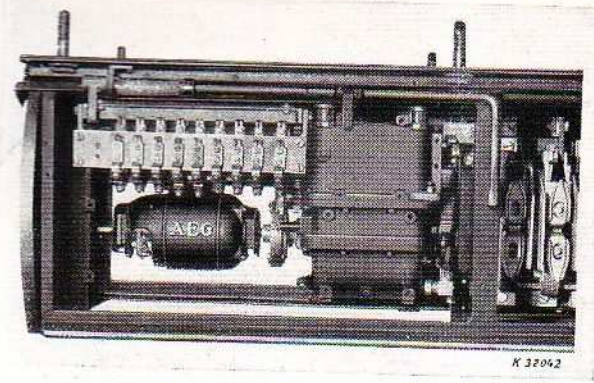


Bild 30. Schaltwerk ENW 6.

Der wichtigste Teil der selbsttätigen Zugsteuerung ist das Fortschaltrelais. Bei der BBC-Steuermaschine ist es mit dem Antrieb fest verbunden. Sein Anker wird mechanisch angehoben und elektrisch überprüft. Ist der Motorstrom zu niedrig, so fällt der Anker wieder ab und die Steuermaschine kann weiter aufwärts schalten, bis der Strom seinen Höchstwert erreicht hat; dann bleibt der Anker haften, das Aufschalten wird unterbrochen. Dieses Fortschaltrelais hat sich bereits bei den Stuttgarter Vororttriebwagen bewährt.

Neu ist für die Wechselstromtriebwagen das Fortschaltrelais von SSW, das auch von AEG übernommen wurde. Es ist auf Bild 32 dargestellt.

Besonders wichtig ist hierbei ein genaues Öffnen und Schließen des Schaltkontakts, der im Bild unten sichtbar ist; denn hiervon ist das Arbeiten der Steuerung abhängig. Es mußten daher vor allen Dingen die von dem Wechselstrommagnet herrührenden Erzitterungen des Kontakts vermieden werden. Zu diesem Zweck ist der Schalthebel mit einem Zwischenteil verbunden, das zwischen den beiden Blechträgern des Ankers frei beweglich angeordnet ist. Das Zwischenteil ist mit einer Feder, die auf dem Bild nicht sichtbar ist, mit dem Träger des Ankers elastisch gekuppelt. Die Bewegungen des Ankers werden also mittelbar auf den Schalthebel übertragen. Außerdem sitzt am Ankerträger eine ziemlich große Dämpfermasse, die noch zusätzlich mit einer Federbremse versehen ist.

Von der Steuermaschine kommt man über den Stromtrichter zu den Richtungsschützen. Bei BBC sind diese doppelpolig ausgebildet, bei AEG und SSW einpolig mit Rücksicht auf eine sichere Stromunterbrechung beim Festbremsen eines Schützes. Auf Bild 28 ist der AEG-Schützekasten rechts neben der Steuermaschine zu sehen. Ähnlich ist auch der SSW-Schützekasten ausgebildet.

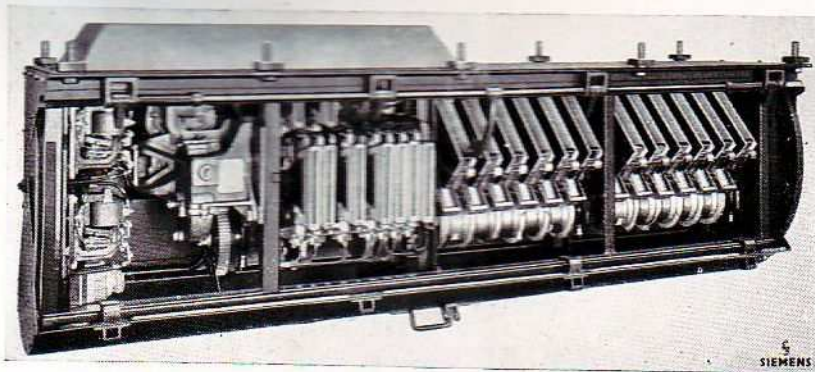


Bild 31. Wechselstrom-Nockenschaltwerk ENW 4, Form 3

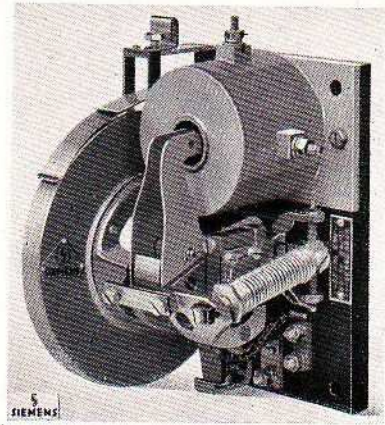


Bild 32. Wechselstrom-Fortschaltrelais ELA 9, Form 1

Links unten in der Ecke ist das Erdschlußrelais zu erkennen, das als Dosenrelais ausgebildet ist und sich bereits bei Lokomotiven bewährt hat.

Bild 33 zeigt den BBC-Richtungswender, der sich durch seine gedrängte Bauart auszeichnet. Er wird im Zuge der Steuermaschine unter dem Wagenkasten angeordnet und besitzt seine Zugänglichkeit wie diese von oben durch eine Fußbodenklappe.

Wir kommen nunmehr zu den Motoren. BBC hat die bewährten Motoren der 1932 gelieferten Stuttgarter Vororttriebwagen wieder verwendet und vervollkommen. Da seine Leistung durch die Erwärmung der Wendepolwicklung seinerzeit begrenzt war, wurde diese verstärkt. Zudem wurden einige kleinere Änderungen vorgenommen, unter anderem wurde die Aufhängung nach einheitlichen Gesichtspunkten der Deutschen Reichsbahn ausgeführt, damit ein Austausch mit den AEG- und SSW-Motoren restlos durchgeführt werden kann. Die Motoren sind bereits früher beschrieben¹⁾. Es erübrigt sich daher, hier näher darauf einzugehen.

Die Motoren von AEG und SSW sind bis auf geringe Unterschiede einheitlich entworfen und gebaut worden. Eine Ansicht von der Tatzenlagerseite bietet Bild 34.

Der Motor besitzt 8 Pole und 8 Bürstenhalter, von denen jeder 4 Bürsten trägt. Die Bürstenhalter haben auswechselbare Taschen und Einzeldruckfinger. Das Gehäuse ist einteilig, ebenso das Ständerblechpaket. Der Motor hat Eigenlüftung. Die Luft tritt auf der Antriebsseite ein und verzweigt sich in zwei Luftstromkreise. Der erste Stromkreis durchsetzt den Läufer, der zweite geht über den Ständerücken, die Ständerwicklungsköpfe und den Kommutatorschalt-ring. Auf der Kommutatorseite wird die Luft durch Öffnungen im Lagerschild ausgeblasen.

Im Anker und Ständer werden hochlegierte Bleche mit Wasserglasisolierung verwendet. SSW verwandte für die Wicklungen im Anker und Ständer Mikanit-isolierung, AEG dagegen nur im Anker. Die Leiter der Erreger- und Kompensationswicklung isoliert AEG durch Apyrol.

Der Luftspalt beträgt 2,5 mm einseitig. Die Nuten im Anker und Ständer sind halboffen und zur gleichzeitigen Befestigung der Leiter mit Holzkeilen verschlossen. Die Läufer-nuten sind um eine halbe Teilung ge-

¹⁾ Tetzlaff, „Die Triebwagenzüge für den Stuttgarter Nahverkehr der Deutschen Reichsbahn“, Elektrische Bahnen 1933 Seite 165.

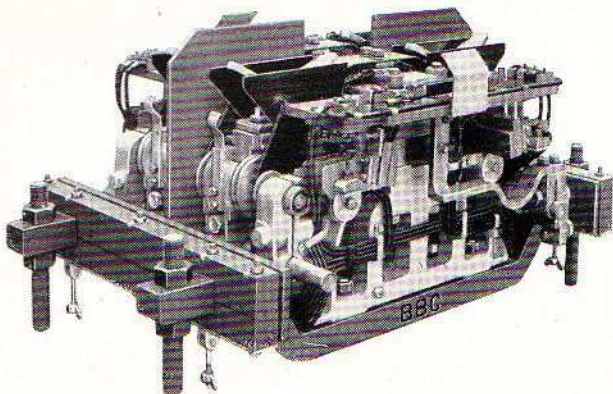


Bild 33. Richtungsschütze von BBC.

schrägt. Die Ankerlager sind als Rollenlager ausgebildet.

Die Ankerumfangsgeschwindigkeit beträgt 49,4 m/s, die entsprechende Kommutatorumfangsgeschwindigkeit 42,8 m/s.

Der Motor besitzt einseitiges Vorgelege. Letzteres besteht aus dem Großrad mit 66 Zähnen und 10 π Teilung und dem Kleinrad mit 24 Zähnen. Das Großrad ist im Gegensatz zu den BBC-Zahnradern ungefedert ausgeführt. Es ist aus Elektrosonderstahl im Gesenk geschmiedet und im Einsatz gehärtet und geschliffen. Das Kleinrad ist aus Chromnickelstahl hergestellt, im Einsatz gehärtet und geschliffen. Wegen Vermeidung des Zahngeräusches wurden die Zähne um $6\frac{1}{2}^\circ$ geschrägt, wodurch jedoch nur ein geringer Axialdruck entsteht. Die Großräder wurden auf die verlängerte Treibradnabe aufgepreßt. Diese Bauart hat sich seit langem bewährt. Es werden dadurch Achswellenbrüche vermieden, und die Achswelle kann sich weniger durchbiegen, so daß die Zahnräder einwandfrei kämmen können und Zahngeräusche eingeschränkt werden.

Zwecks Fernhaltung der Motorgeräusche vom Wagenkasten wurde zunächst probeweise eine von der AEG entwickelte Motoraufhängung mit Gummiabfederung eingebaut. Die Schwingungen sind hierdurch wesentlich gedämpft worden.

Der Einbau der Motoren in das Drehgestell ist auf Bild 1 zu sehen. Die Zahnräder können bei Schadhafwerden des Motors außer Eingriff gebracht werden. Dies geschieht durch eine Motorrückziehvorrückung, die in einen Haken, der neben der Aufhängung sichtbar ist, eingehängt wird. Inzwischen ist die Motorrückziehvorrückung bei neueren Ausführungen nach Vor-

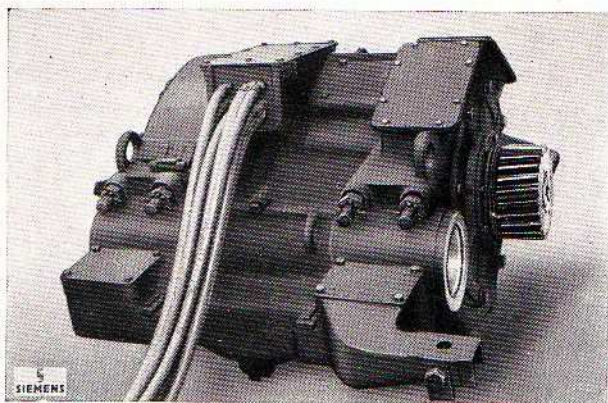


Bild 34. Einphasen-Bahnmotor ELM 10a. Stundenleistung 253 kW.



Bild 35. Führerraum.

schlägen von SSW vereinheitlicht worden. Der Motor wird dabei mit einer Druckschraube vom Tatzenlagerdeckel aus, der mit den Lagerschalen fest verbunden ist, zurückgedrückt.

Die Luftanschlußstutzen der Motoren führen über Faltenbälge zu Kanälen, die ins Dach übergehen und bei den Lüftungsgittern zu beiden Seiten des Wagens über dem Mitteleinstieg enden (siehe Bild 8). Diese Lüftungsgitter, Bauart Schweiger²⁾, weisen den Regen ab und haben sich bei Lokomotiven bestens bewährt.

Hiermit sind die Hauptteile beschrieben, welche zur Umwandlung der im Fahrdracht verfügbaren Energie in Zugkraft dienen. Werfen wir nun einen Blick in den Führerraum (Bild 35), von wo aus dieser Umwandlungsvorgang gesteuert und überwacht wird.

Es fällt sofort seine Geräumigkeit auf. Er erstreckt sich über die ganze Breite des Wagens. Es ist den

²⁾ Siehe Elektrische Bahnen 1933, Seite 292, Schweiger: Lüftungsgitter für elektrische Lokomotiven.

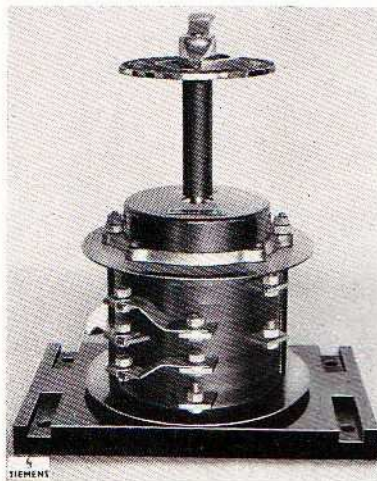


Bild 36. Heizumschalter von SSW.

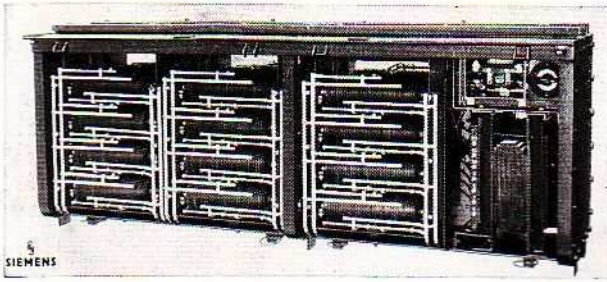


Bild 37. Gleichrichterkasten für 60 A und 25 V

höheren Anforderungen, die in bezug auf die Geschwindigkeit und Verwendung an das Fahrzeug gestellt werden, bei der Durchbildung Rechnung getragen worden. Die Geräumigkeit gestattet eine bessere Übersicht über die Meßgeräte und Apparate. Aus dem gleichen Grunde wurden diese grundsätzlich nur zweckentsprechend, das heißt deutlich sichtbar und bequem zugänglich angeordnet.

Auf dem Führerschalttisch sieht man den Fahr-schaltergriff und Richtungshebel, daneben die Druckknöpfe für die Sicherheitsfahr-schaltung und den Sandstreuer, weiter links den Führerbügel-schalter und davor den Heizumschalterhebel. Der Heizumschalter selbst sitzt darunter in einer Hochspannungskammer, in der auch die Heizhauptsicherungen untergebracht sind. Der Heizumschalter (Bild 36) ist von SSW gebaut, und zwar als Paketschalter. Er besitzt drei Stellungen 0, 800 und 1000 Volt und schaltet eine Leistung von 90 kW, das ist die Heizleistung eines Wagenteils und zweier damit gekuppelter Steuerwagen.

Vor dem Fahr-schalter liegt ein Einheitsinstrumenten-kasten mit einem Motorstrommesser und einem Fahr-drahtspannungsmesser. In gleicher Flucht über dem Fenster befinden sich in einem Kasten zwei Glühlampen; diese sind je einem Umspanner zugeordnet. Sie erlöschen, wenn ihr zugehöriger Umspanner ausgefallen ist oder die Hochspannungssicherung angesprochen hat. Die Druckluftmesser und der Geschwindigkeitsmesser sind an der Seitenwand gut sichtbar angebracht. An der Rückwand liegen die übrigen Bedienungsapparate, Lampen- und Ladeschalttafeln, Sicherungen, Prüfum-schalter, Relais-kasten, Lichtregler, Wahlschalter.

Unter dem Führerschalttisch ist der Sicherheitstritt für die Sicherheitsfahr-schaltung zu erkennen. Er ist so angebracht, daß der Führer bei plötzlich eintretender Dienstunfähigkeit nicht darauf fallen und ihn mit seinem Körpergewicht niederdrücken kann. Die Sicherheitsfahr-schaltung ist die bekannte Einheitsausführung von BBC. Je Doppeltriebwagen wurde ein

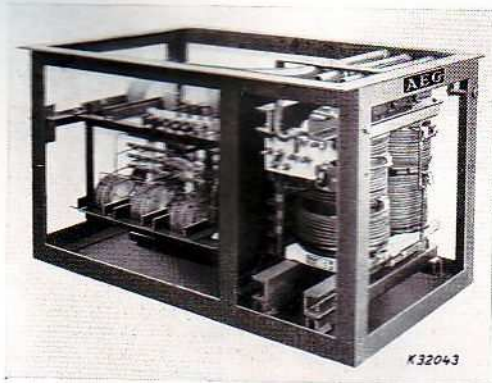


Bild 38. Trockengleichrichter 60 R 24 V

Sicherheitsschaltkasten vorgesehen und am Drehgestell angebaut. Er ist mit dem Achslagertriebekasten durch Federzungenantrieb gekuppelt.

Zur Heizung dienen elektrische Widerstandsöfen. Selbsttätige Wärmeregler von SSW halten die Temperatur gleichbleibend. Die Heizung kann mit 800 und 990 Volt betrieben werden. Jeder Wagenteil wird von seinem zugehörigen Umspanner gespeist. Zwischen den Wagenteilen besteht also keine Heizkupplung. Lediglich die äußeren Enden sind mit Heizkupplungen versehen. Gegenüber früheren Ausführungen ist die Art der Heizungsverlegung und ihrer Betätigung wesentlich vereinfacht worden. An Stelle des früher mittelbar schaltenden Stufenschalters, der nur bei ausgeschaltetem Hauptschalter umgelegt werden konnte, tritt der bereits beschriebene Paketschalter. Überlastungen und Kurzschlüsse werden durch Hauptsicherungen abgeschaltet. Außerdem ist jeder Stromkreis von 5 A für sich abgesichert. Jeder Stromkreis führt auf kürzestem Wege von Heizkörper zu Heizkörper. Abzweigdosen mit gesonderten Rohrleitungen für jeden Heizkörper wurden fallen gelassen. Die Leitungen für die Betriebs- und Schutzreden sämtlicher Heizkörper wurden gemeinsam in einem Rohr liegend als Ringleitung verlegt und an Erdungskästen geführt. Früher wurde die Erdleitung jedes Heizkörpers in einem besonderen Rohr zum Erdungskasten geführt. Der Erfolg der einfacheren Ausführung ist Verringerung des Gewichts und bessere Zugänglichkeit der übrigen Teile.

Der Strom für die reichlich vorgesehene Beleuchtung wird aus Batterien der AFA VI G O 50 mit 24 Volt Spannung entnommen, von denen je Wagenteil eine vorgesehen ist. Für die Erzeugung des Gleichstroms haben AEG und SSW Trockengleichrichter gewählt, SSW Kupferoxydulgleichrichter und AEG Selen-gleichrichter.

Auf den Bildern 37 und 38 sieht man rechts den Umspanner, dessen Übersetzungsverhältnis durch einen Schalter entsprechend den Ladeverhältnissen geändert werden kann. Zu jeder Batterie gehört ein Gleichrichter, der einen Strom von 60 A abgeben kann. BBC hat wie bei den Stuttgarter Vororttriebwagen für jede Batterie eine Lichtmaschine vorgesehen, die einen Strom von 85 A erzeugen kann.

Bild 39 zeigt einen Luftpumpensatz für Luftpumpe VV 140/75 von SSW. Die Luftpumpe hat eine Ansaugeleistung von 60 m³ je Stunde. Der Antriebsmotor wurde mit AEG gemeinsam gebaut, während BBC den für die schlesischen Triebwagen gebauten Motor wählte. Die Pumpensätze sind zwecks Geräuschdämpfung an Holzbohlen befestigt und zwar von jeder

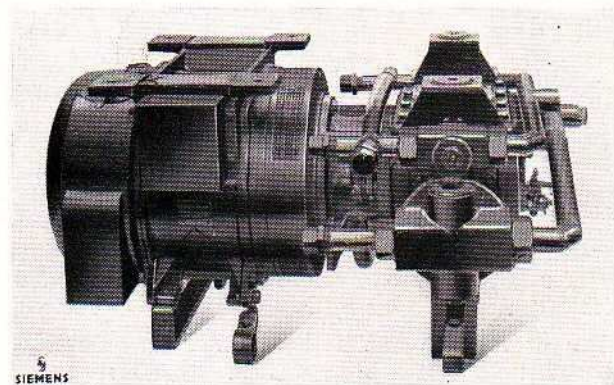


Bild 39. Luftpumpensatz mit Wechselstrom-Motor EHM 16 und Luftpumpe VV 140/75.

Firma in gleicher Weise, so daß sie ohne weiteres ausgetauscht werden können.

Zum Schluß sei noch auf eine beachtliche Neuerung hingewiesen: Die elektrische Bremse. Von jeder der drei Firmen wird ein Triebwagen probeweise mit einer elektrischen Bremse ausgerüstet, und zwar haben alle drei Firmen grundsätzlich verschiedene Bauarten gewählt, die alle wesentliche Vorteile und auch Nachteile haben. Diese abzuwägen, wird Aufgabe der kommenden praktischen Untersuchung sein. So hat AEG eine Widerstandsbremse mit Wechselstromfremderregung gewählt, BBC eine Widerstandsbremse mit Gleichstromselbsterregung und SSW eine Nutzbremse. Während die von AEG und SSW gewählten Bremsen wegen der Wechselstromerregung fahrdrahtabhängig sind, ist die von BBC gebaute Bremse fahrdrahtunabhängig. Alle drei Bremsen werden als Haltebremsen gebaut, d. h. es soll der Wagen bis zum Stillstand abgebremst und dann mechanisch festgehalten werden. Dabei entwickelt die Nutzbremse bis zum Stillstand das höchste Bremsmoment, da der Eigenart der Schaltung entsprechend im Stillstand die Anker Gegenstrom erhalten. Die AEG-Bremse gestattet ähnlich wie die BBC-Bremse Bremsung bis nahe an den Stillstand heran; der Bremskraftverlauf wird durch gerade Linien dargestellt, die alle im Koordinatensprung zusammenlaufen.

Bei den beiden Widerstandsbremsen muß die gesamte Bremsarbeit in den Widerständen in Wärme umgesetzt werden. Bei der Nutzbremse wird ein großer Teil der gewonnenen Arbeit ins Netz zurückgeschickt, so daß man mit der Wärmeabfuhr keine Mühe hat.

Besonders erwähnt sei, daß bei der Nutzbremse infolge Einbaues eines Kondensators vor dem Erregerumspanner der Erregerstrom nahezu in Phase mit der Netzspannung liegt. Der Umspanner, die Fahr- und Speiseleitung werden also nicht durch Blindstrom belastet. Nachteilig sind die umfangreichere Apparatur und das höhere Gewicht.

Der Vorteil der elektrischen Bremse wird sich in der Einsparung von Bremsbelägen äußern, besonders bei Gefällefahrten. Das Bremsen in Gefällen wird sich wesentlich einfacher gestalten, da, wenn einmal eine bestimmte Bremskraft eingestellt ist, die entsprechende Geschwindigkeit selbsttätig gleich bleibt.

Die elektrische Bremse und die Druckluftbremse sollen sich gegenseitig ausschließen, und zwar ist der Druckluftbremse der Vorrang eingeräumt worden. Die Abhängigkeit ist durch einen Druckluftschalter gegeben.

An Hand von erfahrungsrichtigen Grundsätzen für den Bau der Einheits-Wechselstromtriebswagen ist die Entwicklung der Wechselstromtriebswagen zu einem gewissen Abschluß gebracht worden. Soweit die elektrotechnische Seite in Betracht gezogen wird, kann man wohl sagen, daß alle wichtigen Fragen, wie Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Unterhaltung und Vereinheitlichung, soweit wie möglich als gelöst betrachtet werden können. So stellt der Einheits-Wechselstromtriebswagen in seinem grundsätzlichen Aufbau auch den Ausgangspunkt für die Entwicklung weiterer Triebwagenbauarten, insbesondere der Schnelltriebswagen für 160 km/h, dar.

Im vorliegenden Aufsatz konnte nur ein allgemeiner Überblick über den Bau des Triebwagens gegeben werden. Eine Abhandlung unter Darstellung der näheren Einzelheiten, besonders der Entwicklung, der Steuerung und der elektrischen Bremse wird folgen.

4. Hauptangaben für den Einheits-Wechselstrom-Triebwagen*)

Fahrdrahtnennspannung (Einphasen-Wechselstrom)	15 kV
Grenzspannungen	16,5 bis 12 kV
Nennfrequenz	16 ² / ₃ Hz
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Treib- und Laufraddurchmesser	950 mm
Drehgestellachsstand	
Triebdrehgestell	3 600 mm
Laufdrehgestell	3 000 mm
Drehzapfenabstand	13 900 mm
Gesamtachsstand	39 115 mm
Gesamte Länge über Puffer gemessen	43 625 mm
Bauart der Drehgestelle: Görlitz III leicht	
Bauart der Achslager: Peyinghaus — Gleitlager	
Bauart der Bremse: Hikpt Trommelbremse	
Zahl der Sitzplätze 2. Klasse	17
Zahl der Sitzplätze 3. Klasse	136
Zahl der Klappsitze 3. Klasse (im Gepäck und Begleitraum)	10
Gesamtzahl der Sitzplätze	153 (+10)
Zahl der Einstiege	8
Zahl der Aborte	2
Gesamtgewicht betriebsfertig ohne Reisende und Gepäck r.	88 t
Hiervon:	
Wagenteil einschl. Zubehör r.	64 t
Elektrische Ausrüstung r.	24 t
Gesamtgewicht mit Reisenden und Gepäck r.	101 t
Reibungsgewicht ohne Reisende und Gepäck r.	54,5 t
Dienstgewicht je Sitzplatz des unbesetzten Wagens r.	560 kg
Leergewicht je lfd. Meter Wagenlänge r.	2,02 t/m
Gewicht des Umspanners mit Öl (einschl. Stromteiler) r.	3,3 t
Leistung des Umspanners (dauernd) ohne Heizleistung r.	350 kVA
Anzahl der Fahrmotoren	4
Gewicht des Fahrmotors mit Getriebe und Zahnradschutzkasten r.	2500 kg
Gewicht des Fahrmotors ohne Getriebe und Zahnradschutzkasten r.	2200 kg
Polzahl des Fahrmotors	8
Motorlüftung	Selbstlüftung
Größte Motorspannung gegen Erde r.	750/2 Volt
Größte Motorspannung zwischen den Motorklemmen r.	750/2 Volt
Leistung eines Fahrmotors nach den REB-Vorschriften bei 70% der Höchstgeschwindigkeit (84 km/h)	
Stundenleistung	225 kW
Dauerleistung	180 kW
Leistung eines Fahrmotors nach den internationalen Regeln für Fahrzeugmotoren (IREB)	
Stundenleistung bei 88,5 km/h	232 kW
Dauerleistung bei 98,0 km/h	198 kW
Zahl der Fahrstufen	12

*) Die Ausrüstungen der Hersteller weichen hinsichtlich der Durchbildung und der Gewichte in geringem Maße voneinander ab. In der Zusammenstellung sind als Anhalt Mittelwerte angegeben.

Die angegebenen Leistungswerte sind die von der Reichsbahn bei der Bestellung geforderten. Die erreichten und im Prüffeld gemessenen Leistungen sind zum Teil größer.

Die genaueren Angaben und die gemessenen Leistungen werden in der später erscheinenden Abhandlung bekanntgegeben werden.

Spannung der Hilfsbetriebe (Einphasenstrom)	200 Volt	Hersteller der elektrischen Ausrüstung:	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft
Höchste Heizspannung (Einphasenstrom)	990 Volt		Brown, Boveri u. Co.
Lichtspannung (Gleichstrom)	24 Volt		Siemens-Schuckertwerke
Hersteller des Wagenteils: Maschinenfabrik Eßlingen		Beschaffungsstelle und zusammenfassende Bauleitung:	Reichsbahn-Zentralamt München
Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg			
Waggonfabrik H. Fuchs, Heidelberg			
