

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

95. Jahrgang

10. September 1940

Heft 17/18

Fachheft:

Personenwagen-Leichtbau.

II. Teil.

Leichtbau-D-Zugwagen

nach dem Entwurf des Reichsbahnzentralamts München.

Von Oberreichsbahnrat Otto Taschinger, Reichsbahnzentralamt München.

Inhalt.	Seite
Wagenkasten	273
Drehgestelle	281
Festigkeitsversuche	283
Innenausstattung	287
Heizung	293
Beleuchtung	295

Zu Beginn der Triebwagenentwicklung standen Verbrennungsmotoren mit nur geringer Motorleistung zur Verfügung. Diese Motoren waren für den Antrieb von Eisenbahnen nur geeignet, wenn für die Wagen der Gewichtsbedarf gegenüber den damals verfügbaren Wagenbauarten wesentlich vermindert werden konnte. Mit der Bauaufnahme von Triebwagen ergab sich somit zwangsläufig die Notwendigkeit zur Entwicklung der Leichtbautechnik. Zu Beginn dieser Entwicklung versuchte man die Wagengewichte durch Maßnahmen zu vermindern, die die Festigkeitseigenschaften und die Reisebequemlichkeit beeinträchtigten. So wurden z. B. an Stelle von Einzelabteilen Großräume vorgesehen, die bei den Fahrgästen in Deutschland für längere Reisezeiten keinen Anklang fanden. Die Verwendung leichter Zug- und Stoßvorrichtungen und in ihrem Gefolge die leichtere Ausführung der Untergerüste war zwar möglich, weil Triebfahrzeuge nur einzeln oder nur mit einem oder zwei Anhängern zusammen fahren; bei Zusammenstoßen bieten jedoch solche Fahrzeuge eine geringere Sicherheit für die Fahrgäste. Es stellte sich bald heraus, daß durch solche gewichtssparende Maßnahmen kein befriedigender Zustand erreicht wurde. Es traf sich günstig, daß zu gleicher Zeit die Schweißtechnik ihren Einzug in den Eisenbahnenbau hielt, daß Aluminiumlegierungen auf den Markt kamen, die den verschärften Bedingungen des Eisenbahnbetriebes genügten und endlich, daß Kunstharzstoffe mit sehr niederem spezifischem Gewicht hergestellt wurden. Bei dem Zwang, Gewicht zu sparen, wurden im Triebwagenbau alle Möglichkeiten des Leichtbaues sofort aufgegriffen und für den Wagenbau weiter entwickelt. So wurde im Jahre 1934 von der Maschinenfabrik Eßlingen ein Einheits-Wechselstrom-Doppeltriebwagen (vergl. Taschinger und Förstner, „Der Einheits-Wechselstromtriebwagen der Deutschen Reichsbahn“, Elektrische Bahnen 1935, Juliheft) geliefert, der, bezogen auf die Wagenlänge 36,4 v. H. und bezogen auf die Sitzplatzzahl sogar 55 v. H. leichter war als die früheren Bauweisen. Auf der Ausstellung „Hundert Jahre Deutsche Eisenbahn“ in Nürnberg wurde ein zweiteiliger Wechselstrom-Schnelltriebwagen (vergl. Taschinger „Zweiteilige Wechselstrom-Schnelltriebwagenzüge für 160 km/h der Deutschen Reichsbahn“, Elektrische

Bahnen 1938, Novemberheft), der nur 2. Klasse-Fahrgasträume enthält, gezeigt, bei dem erstmals die vollkommen geschweißte Blechträgerbauweise, also eine Konstruktion mit Stumpfstößen (ohne jede Überlappung) eingeführt wurde und bei dem Leichtmetall in großem Umfang Verwendung fand. Die beiden 21 200 mm langen, 2 990 mm breiten und 3 800 mm hohen Wagenkasten wiegen mit Untergerüst, ohne Innenverkleidung, nur 17 240 kg. Im Verbrennungstriebwagenbau wurde im Jahre 1936 von der Dessauer Waggonfabrik ein besonders leichter vierachsiger Nebenbahntriebwagen mit Fahrgasträumen 2. und 3. Klasse und einem langsamlaufenden Dieselmotor von 360 PS geliefert, dessen Maschinenanlage 10,3 t und dessen wagenbaulicher Teil 26,3 t wiegt; das Gesamtgewicht beträgt also bei einer Länge über Puffer von 22,35 m und einer Wagenkastenbreite von 2,928 m nur 36,6 t. Im gleichen Jahre wurde von der Waggonfabrik Lindner, Ammendorf ein 22,38 m langer vierachsiger Steuerwagen mit Eigenheizung (Warmwasser) und 2. und 3. Klasse-Fahrgasträumen mit einem Leergewicht von 19,4 t oder bezogen auf die Sitzplatzzahl von nur 236 kg/Sitzplatz gebaut. Diese Verbrennungstrieb- und Steuerwagen haben erstmals einen Wellblechfußboden erhalten, der in der Lage ist, hohe Pufferstöße auszuhalten. Über die Entwicklung geschweißter Trieb-, Steuer- und Beiwagen wurde vom Verfasser im „Organ Fortschr. Eisenbahnwes.“ Jahrgang 1937, Heft 14, eingehend berichtet. Einen grundsätzlichen Beitrag zur Gewichtsverminderung und Steifigkeit hat Dr. Croseck durch den von ihm entwickelten und von der Düsseldorfer Waggonfabrik gebauten diesel-elektrischen Triebwagenzug der Weimar-Berka-Blankenhainer Eisenbahn geliefert, bei dem erstmals in die Seitenwände eingepreßte Sicken und ein Wellblechfußboden mit längsgerichteten Wellen als Druckelemente angewendet wurden (vergl. Croseck: „Die Anwendung der Grundsätze des Leichtbaues auf den Fahrzeugbau“, Verkehrstechnik vom 24. September 1932). Durch langjährige, systematische Entwicklung der Leichtbau-triebfahrzeuge ergaben sich Erkenntnisse und Erfahrungen, deren Anwendung nicht nur ein geringes Eigengewicht, sondern auch hohe Festigkeitseigenschaften sicherten. Es war daher naheliegend, diese gewonnenen Konstruktionsgedanken auch auf Schnellreisewagen anzuwenden. Aus diesem Grunde entschloß sich die Deutsche Reichsbahn, von den Reichsbahn-Zentralämtern Berlin und München verschiedene Entwürfe für D-Zugwagen aufstellen und einige Wagen als Versuchswagen danach bauen zu lassen. Dabei sollte das Eigengewicht soweit verringert werden, wie es nach den neuesten technischen Erkenntnissen über geschweißte Leichtbaustahlkonstruktionen möglich ist, ohne daß die Festigkeit der Wagen geringer wurde.

Vom Reichsbahn-Zentralamt München wurde die Waggonfabrik Uerdingen beauftragt, die Entwürfe aufzustellen und fünf Versuchswagen zu bauen.

Für den Entwurf der Versuchs-D-Zugwagen wurde die Beibehaltung des bisherigen Wagengrundrisses mit seiner für hohe Fahrgeschwindigkeiten (160 km/h) geeigneten windschnittigen Kopfform, einfachen Faltenbälgen und seitlichen in der Seitenwandebene liegenden Außendrehtüren vorgeschrieben. Die Versuchswagen waren mit Dampf- und elektrischer Heizung mit selbsttätiger Regelung und mit Hildebrand-Knorr-Schnellbremse auszurüsten. Die Konstruktion der Versuchs-D-Zugwagen entspricht den vom Verfasser im „Org. Fortschr. Eisenbahnwes.“ 1939, Heft 1 in seiner Abhandlung „Die Grundlagen des Leichtbaues von Eisenbahnwagen“ dargelegten Baugrundsätzen. Sämtliche Einzelteile der Konstruktion wurden auf die Möglichkeit der Gewichtsverminderung genauestens untersucht, wobei jedoch nur solche Gewichtersparnisse zugelassen wurden, die die im Betriebe erforderliche Haltbarkeit nicht beeinträchtigen, die Wartung im Betriebe nicht erschweren und die Lebensdauer der Wagen

kasten in der Lage ist, einen statischen Druck von 200 t ohne bleibende Verformung auszuhalten. Über die Wahl der Höhe des anzunehmenden Pufferstoßes besteht noch keine völlige Klarheit. Jedenfalls wird aber von den Eisenbahnverwaltungen des europäischen Festlandes (z. B. Schweizer Bundesbahnen, Französische Staatsbahnen) bei neueren eisernen Wagen in gleicher Weise wie bei der Deutschen Reichsbahn ein statischer Druck von 200 t angenommen. In Amerika wird neuerdings die Forderung gestellt, daß der in Richtung der Mittelpufferkupplung liegende Hauptlangträger einen Druck von 320 t aushalten muß. Es erscheint aber fraglich, ob angesichts der dadurch bedingten Vergrößerung des Wagengewichts bei Unfällen eine größere Sicherheit für die Fahrgäste erzielt wird. Eine Klärung über die zweckmäßige Größe des anzunehmenden Pufferdruckes können nur Auflaufversuche bringen. Solche Versuche wurden bereits eingeleitet*). Der Untergestell-langträger läuft zwischen den beiden an den Wagenenden liegenden Einstiegen durch; er ist in diesem Bereich nicht unterbrochen. Da er außerdem in der Ebene der Seitenwand angeordnet wurde, ist er nur noch Untergurt eines Fachwerkes

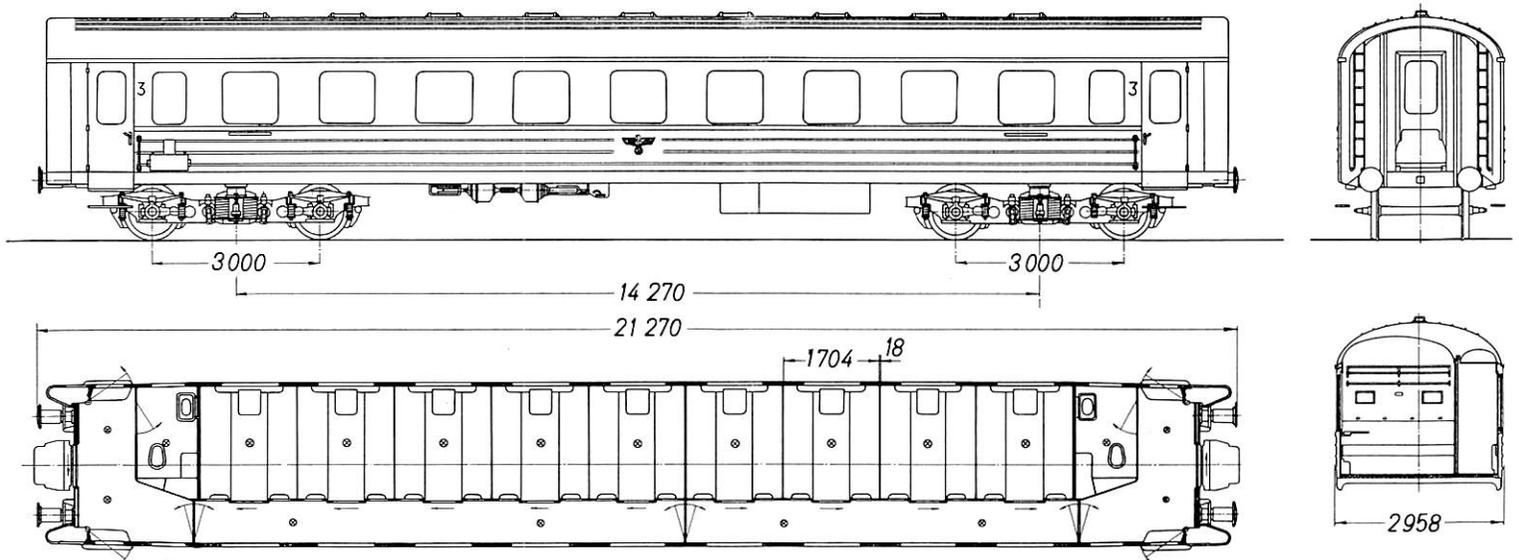


Bild 1. Grund- und Aufriß.

nicht verkürzen. Gewichtsverminderung auf Kosten der Güte der Konstruktion, der Laufeigenschaften und der Sicherheit wurden nicht zugelassen. Bei der Einführung neuartiger Baustoffe wurden deren chemische und physikalische Eigenschaften auf ihre Eignung im Wagenbau untersucht und nur bereits im praktischen Betrieb bewährte Bauteile eingeführt.

Der Grundriß und die äußere Form des Wagens sowie seine Hauptabmessungen sind aus Bild 1 ersichtlich.

Für den Wagenkasten wurde vorgeschrieben, daß er mindestens nach allen Richtungen die gleiche Festigkeit aufweist wie die bisherigen C4ü-Wagen. Der Wagenkasten besitzt die Gestalt einer Röhre, welche durch die Seitenwände, das Untergestell und das Dach gebildet wird. Jede dieser vier Begrenzungswände und ihre Verbindung miteinander wurden schub- und drucksteif ausgebildet, so daß eine sowohl in horizontaler als vertikaler Richtung biegungssteife Röhre entstand, bei der nicht nur die Seitenwände, sondern auch das Dach und das Untergestell für die Aufnahme der im Betriebe auftretenden Kräfte voll zur Verfügung stehen.

Untergestell.

Das Untergestell wurde mit Rücksicht darauf, daß es den größten Teil der Stoßkräfte aufzunehmen hat, aus St 52 ausgeführt. Es wurde vorgeschrieben, das Untergestell so zu entwerfen und zu bemessen, daß es gemeinsam mit dem Wagen-

und kann daher zur Aufnahme der Biegekräfte verhältnismäßig schwach bemessen werden. Auf alle Fälle kann für diesen Träger ein Profilträger gewählt werden. Bei der Bemessung und Formgebung des Langträgers ist aber in erster Linie darauf Rücksicht zu nehmen, daß dieser einen Teil der aus den Pufferstößen herrührenden Druckkräfte aufzunehmen hat. Um der Forderung des Leichtbaues zu genügen, muß der Querschnitt des Langträgers daher so geformt werden, daß er möglichst beul- und knicksteif ist. Ein Kastenträger wurde jedoch für diesen Zweck nicht verwendet, nicht nur weil die Gefahr des Anrostens der Innenflächen nicht ausgeschlossen ist, sondern weil ein so langer Kastenträger durch Querrippen ausgesteift werden müßte, was umständlich und teuer ist. Außerdem können Verbeulungen und sonstige anlässlich von Betriebsunfällen entstehende Beschädigungen an Kastenträgern nur schwierig und mit größeren Kosten ausgebessert werden. Es wurde daher einem offenen allseits zugänglichen Langträgerprofil der Vorzug gegeben, insbesondere, weil dieses Profil auch den Beanspruchungen in jeder Hinsicht genügt, wie die später beschriebenen Ergebnisse der Festigkeitsversuche zeigen werden. Der Untergestell-Langträger muß ferner einen Querschnitt besitzen, der einen einfachen Anschluß an die Blechträger der

*) Vergl. Taschinger, „Festigkeits- und Zerstörungsversuche an Wagenkästen“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1939, Heft 21.

Kopfteile ermöglicht. Die handelsüblichen Normalprofile erfüllen diese Bedingung nicht in vollem Maße. Endlich soll aus Gründen des Leichtbaues der Querschnitt nur so groß bemessen werden, wie er sich aus der Berechnung ergibt. Bekanntlich erfüllen Normalprofile auch diese Forderung in der Regel nicht, so daß man veranlaßt wäre, einen Profilträger mit einem größeren als notwendigen Querschnitt zu wählen. Es wurden daher die in Bild 2 dargestellten Profilträger auf ihre besondere Eignung für Langträger untersucht. Profile mit wellenförmigen Stegen erfordern schwierige und daher teure Schweißverbindungen. Von den beiden Profilen mit gewölbtem Steg wurde das I-förmige aus Gründen der einfacheren Herstellung und Verarbeitung ausgewählt. Für die fünf Versuchswagen wurde dieses Sonderprofil aus zwei Blechstreifen zusammengeschweißt. Selbstverständlich kann dieses Sonderprofil auch als Walzprofil beschafft werden, wodurch sich die Möglichkeit der Verminderung von überflüssigen Schweißnähten und Preisminde-rungen ergibt.

Den Querträgern des Untergestells ist eine dreifache Aufgabe übertragen:

1. Sie sind Tragelemente des Fußbodens und müssen daher als Biegungsträger so bemessen werden, daß sie den auf sie entfallenden Teil der lotrechten Last übernehmen können. Für diesen Zweck eignet sich besonders das C-Profil.

2. Die Querträger begrenzen die freie Knicklänge der Untergestell-Langträger. Sie müssen daher, um gleich große

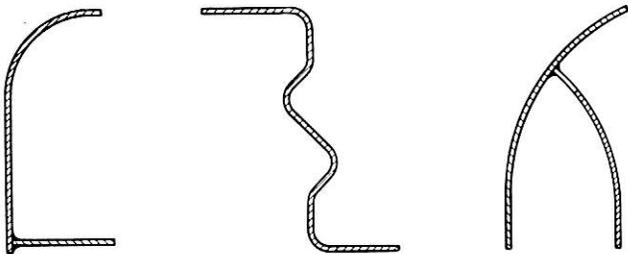


Bild 2. Langträgerprofile.

Knicklängen in den Langträgern zu erhalten, in gleichen Abständen voneinander verlegt werden, wobei der Abstand so zu bemessen ist, daß die längsgerichteten Tragteile, z. B. der Langträger, vor dem Ausknicken örtlich ausbeulen.

3. Eine Anzahl von Querträgern sind Teile der um den Wagenkasten umlaufenden Spanten und dienen zur Aussteifung der Röhre.

Bei den Versuchswagen wurden zwischen den beiden Dreh-pfannenträgern 15, meist aus leichten Mannstaedt-Profilen bestehende Querträger angeordnet. Nur für einige Querträger, welche von der Bremse, der Batterieaufhängung usw. her-rührende größere örtliche Kräfte aufzunehmen haben, wurden Normalprofile verwendet. Die Querträger sind 860 mm, das ist eine halbe Abteillänge, voneinander entfernt und stumpf zwischen die Langträger eingeschweißt (Bild 3 und 4). Wie aus Bild 3 ersichtlich ist, sind zur Aussteifung der gewölbten Langträgerstege die Querträger an ihren Enden aufgespalten, ihre untere Hälfte nach unten gebogen und an das untere Ende der Langträger angeschweißt. Die hierdurch gebildete Öffnung an den Querträgerenden wird durch ein eingeschweißtes Blech geschlossen, so daß die Querträger über die gesamte Innenfläche der Langträger angeschweißt sind. Die unter dem Wagenfußboden aufgehängten Apparate und Behälter für die Bremse, das Bremsgestänge, die Schalt- und Sicherungskästen der elektrischen Heizung und die Batterie wurden so verteilt, daß neben einigen wenigen kurzen, in der Wagenlängsrichtung liegenden, sehr leichten Trägern, nur die vorerwähnten 15, der Aussteifung des Untergestells dienenden Querträger erforder-lich wurden. Die in der Ebene der Abteilmittelwände

liegenden Querträger bilden einen Teil der umlaufenden Spanten. In der Mitte dieser Querträger ist zur weiteren Aussteifung je ein senkrecht angeordnetes Zugband angeordnet, das an dem in der gleichen lotrechten Ebene liegenden sehr biegungssteifen,

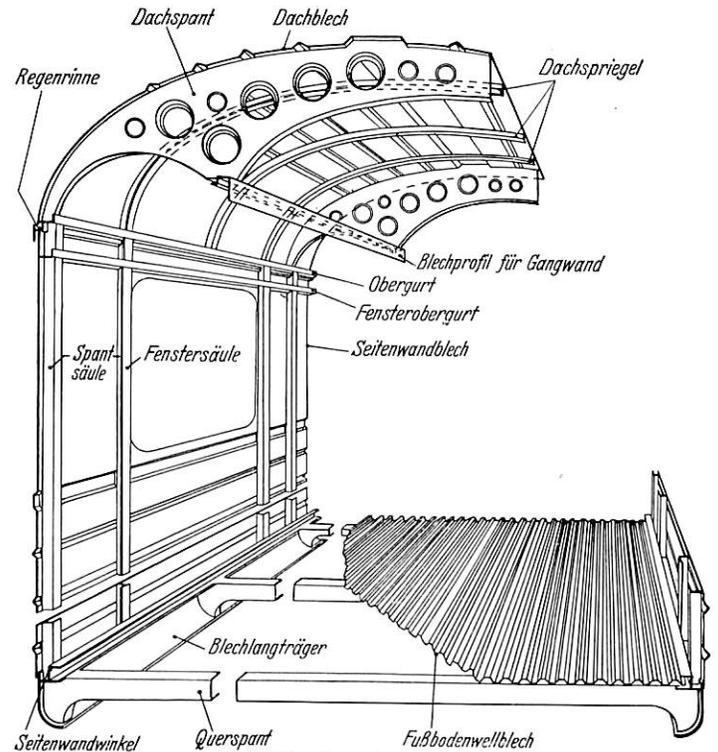


Bild 3. Spantenansicht.

gewölbten Dachspriegel befestigt ist. In Verbindung mit dem ebenfalls sehr biegungssteifen Wellblechfußboden, der weiter unten näher beschrieben wird, ist eine vollkommen ausreichende

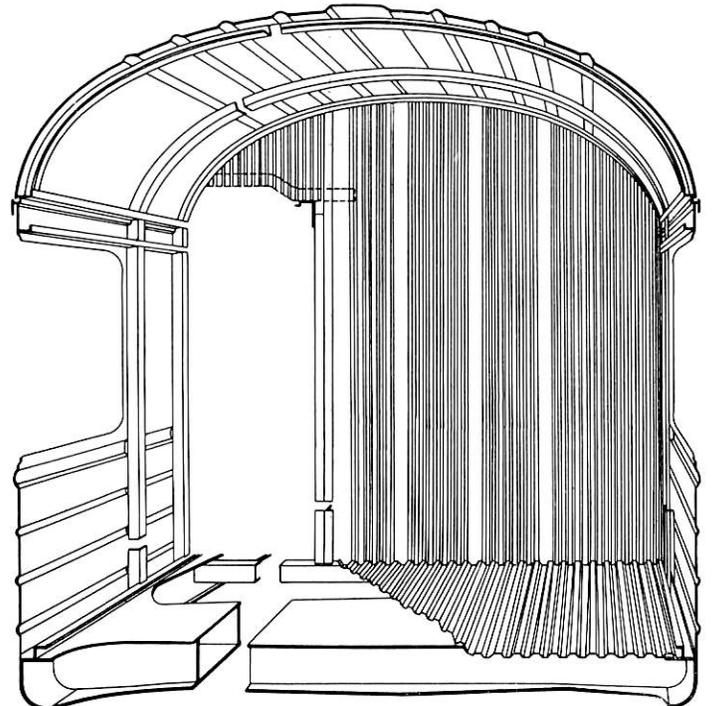


Bild 4. Blick gegen die Abteilmittelwand.

schwingungsfreie Steifigkeit des Fußbodens in lotrechter Richtung erzielt worden, wie die später durchgeführten Festigkeitsversuche gezeigt haben.

Die beiden Hauptquerträger sind als verwindungssteife, offene Kastenträger ausgebildet. In die Enden der

Gurtbleche und in die beiden 6 mm starken Stege sind eine Reihe kreisrunder Löcher ausgeschnitten, durch die die Innenflächen des Kastenträgers entrostet und gestrichen werden können. Außerdem sind Öffnungen zur Abführung des Schwitzwassers vorgesehen. Für den 360 mm breiten, oberen Gurt ist ein 10 mm starkes und für den auf Druck beanspruchten Untergurt ein 8 mm starkes Blech gewählt worden. Die Stege sind stumpf an die Langträger angeschweißt, während sich die Gurtbleche in schlankem Bogen an die Langträger anschließen. Die Untergestellvorbauten, das sind die Teile des Untergestells zwischen Pufferträger und Hauptquerträgeranschluß an die Langträger, wurden in reiner Blechträgerbauweise ausgeführt. Für die Wahl der Blechträgerbauweise sprechen folgende Gründe: Die Steghöhe der Pufferträger ist größer als die der Langträger; es ist somit konstruktiv eine

keit wurde über die gesamte Fläche des Untergestells ein 1,25 mm starkes Wellblech mit in Wagenlängsrichtung laufenden Wellen aufgelegt, das mit den Langträgern verschweißt und den Querträgern vernietet ist. Solche Wellblechfußböden haben sich bei Verbrennungstriebwagen seit Jahren bestens bewährt, weil sie ohne Gewichtsaufwand den Fußboden nicht nur in der Fußbodenebene längs und diagonal versteifen, sondern weil durch die längsgerichteten Wellen des Wellbleches auch eine Erhöhung der lotrechten Steifigkeit eintritt. Die früher üblichen Diagonalstreben im Untergestell sind durch den Wellblechfußboden entbehrlich geworden. Eingehende Knick- und Beulversuche der Waggonfabrik Uerdingen*) haben gezeigt, daß die günstigste Wellenform ein trapezartiges Wellblech mit gleichen Schenkellängen ist. Die Blechstärke von 1,25 mm wurde mit Rücksicht auf das Anrosten für notwendig gehalten. Das Wellblech, das einen Teil der Pufferstöße aufnimmt, bildet einen metallischen Abschluß und sichert dadurch den Wagenfußboden vor den Gefahren durch Bremsfunken.

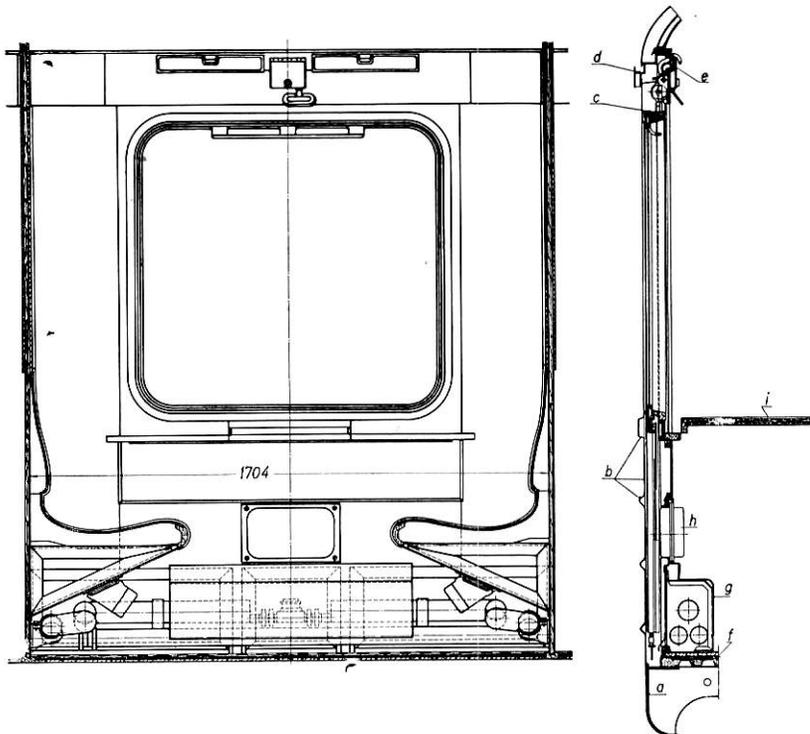


Bild 5. Seitenwandschnitt und -Ansicht.

- | | |
|---|------------------------------|
| a Langträger mit Querträger | e Lüftungsschacht mit Klappe |
| b Unteres Seitenwandblech mit eingepreßten Sicken u. Brüstungssicke | f Fußboden mit Wellblech |
| c Oberer Fensterwinkel | g Heizverkleidung |
| d Oberer Langrahmen m. Regenrinne | h Fensterheber |
| | i Klapptisch |

Überleitung von der einen zur anderen Steghöhe erforderlich. Die unteren Trittstufen der in der Ebene der Seitenwand liegenden Einstiegtüren müssen wegen der Wagenumgrenzungslinie nach innen verlegt werden. Die äußeren Stege der Vorbauten können daher im Bereiche der Trittstufen nicht in der Ebene der Langträger liegen; es sind also Umleitungen erforderlich. Die Untergestellvorbaukonstruktion muß sich an die windschnittige Kopfform des Wagenkastens anpassen. Ferner ist es zweckmäßig, die Stege und Gurtbleche der Vorbauten so auszubilden, daß ein kraftschlüssiger Übergang der Pufferkräfte auf die äußeren Langträger und die Seitenwände gesichert ist. Bei Unfällen sollen sich bekanntlich unter Schonung der Fahrgasträume nur die meist nicht von Fahrgästen besetzten Endräume (Einstiegräume) eindrücken. Reine Blechträgerkonstruktionen sind, wie Versuche gezeigt haben, im Gegensatz zu Profilträgerkonstruktionen, besonders geeignet, durch Verbeulen ihrer einzelnen Elemente die Forderung nach möglichst großem Arbeitsverzehr zu erfüllen. Zur Erzielung einer möglichst großen Schub- und Verzerrungssteifig-

Seitenwand. Seiten- und Stirnwände sowie das Dach sind aus St 37 hergestellt. Am Dachrahmen (Bild 5) der Seitenwände ist eine auch über die Einstiegtüren hinausreichende Regenrinne vorgesehen, welche das vom Dach herabfließende Wasser auffängt und durch zwischen Seitenwand und Innenschalung angeordnete Abflußrohre ableitet, so daß die Reisenden durch vom Dach abfließendes Wasser nicht mehr belästigt werden. Die Regenrinne bietet den weiteren Vorteil, daß die Seitenwände nicht mehr so stark verschmutzen. Sie ist aus einem 3 mm starken Winkelprofil und einem Flachprofil zusammenschweißt und bildet mit einem weiteren 3 mm starken Winkelprofil den in die Tragkonstruktion einbezogenen Seitenwandobergurt und Dachrahmen. Als zusammenschweißtes Profil stellt die Regenrinne für die Probewagen nur eine Behelfskonstruktion dar, welche bei Reihenfertigung durch gezogene Profile ersetzt und durch die damit verbundene Einsparung von Schweiß- und Richtarbeit verbilligt werden kann. Die äußere Leiste der Regenrinne ist so weit herabgezogen, daß die in der Seitenwand der Abteilseite über den Fenstern angeordneten Lüftungsschlitze abgedeckt werden. Um den aus Außen- und Innendach gebildeten Hohlraum zu entlüften und das in die Rinne des Obergurtes tropfende Schwitzwasser abzuleiten, sind die Obergurtwinkel zwischen den Dachspriegeln mit Bohrungen versehen.

Die Seitenwandsäulen bestehen aus Winkelleisen $50 \times 35 \times 3$ mm, die in der bei Steuerwagen für Verbrennungstriebwagen seit einiger Zeit bewährten Bauweise, mit dem einen Schenkel stumpf auf das Seitenwandblech aufgeschweißt sind. Besonders stark beanspruchte Säulen sind 4 mm stark. Diese Winkelprofile sind in den gedrückten Zonen mit dem Seitenwandblech durchgehend verschweißt, da bei unterbrochener Schweißung sowohl für das Seitenwandblech als auch für den angeschweißten Schenkel die Gefahr des Ausbeulens zwischen den Schweißnähten besteht. Die Seitenwandsäulen liegen in der Ebene der Abteilzwischenwände; sie bilden als Glied des umlaufenden Spantes die Fortsetzung der Untergestellquerträger. Außerdem sind noch Fenstersäulen eingebaut, die die Fensterauschnitte der Seitenwände einsäumen. Sämtliche Säulen der Seitenwand

*) Die Ermittlung der günstigsten Form des Wellblechfußbodens ist aus der Veröffentlichung von F. Forsbach „Berechnungsgrundlagen und statische Festigkeitsversuche des ersten Leicht-D-Zugwagens in Schalenbauweise“ in Glasers Ann. 1940, Heft 1, ersichtlich.

schließen an die Dachspriegel an, so daß auch hier keine Kräfteumleitung eintritt.

Die erforderliche Druck- und Schubfestigkeit von ebenen Seitenwandblechen kann auf drei Arten erreicht werden.

1. Durch Verwendung dickwandiger Bleche. Eine solche Anordnung kommt, da sie außerordentlich hohes Gewicht erfordert, für Leichtauffahrzeuge nicht in Frage.

2. Durch Verwendung dünnwandiger Bleche mit aufgesetzten Versteifungsrippen. Die Höhe dieser Versteifungsrippen ist jedoch begrenzt durch die freizuhaltenden Schächte für die herablaßbaren Fenster. Die Verstärkungsrippen erfordern neben zusätzlichem Gewicht vermehrte Schweiß- und Richtarbeiten. Sie behindern außerdem den ungehinderten Abfluß von Schwitzwasser und setzen, da durch sie an manchen Stellen Rostnester entstehen, die Lebensdauer der Seitenwandbleche herab. Innen aufgesetzte Rippen ergeben glatte Außenwände, die einen geringeren Luftwiderstand haben und eine raschere Reinigung zulassen.

3. Durch Verwendung dünnwandiger Bleche mit eingepreßten Sicken. Diese erfordern, wenn entsprechende Pressen vorhanden sind, den geringsten Arbeitsaufwand und haben den Vorteil, daß die Innenflächen glatt und frei von Rostnestern sind. Sickenbleche (Wellbleche) sind daher die gegebenen Leichtbaukonstruktionsteile für alle auf Druck beanspruchte Teile, wie Fußbodenblech, Seitenwand oder Dach. Die Aussteifung der Wände wird mit einem Mindestaufwand an Gewicht erzielt. Schweißarbeiten an den Blechen verziehen diese nicht, da sie sich an den Sicken ausgleichen können. Ausländische Eisenbahnverwaltungen, wie Amerika, Italien u. a. verwenden ebenfalls in großem Umfang bei neuen Leichtauffahrzeugen Seitenwandbleche mit eingepreßten Sicken. Die Verwendung von dünnwandigen Sickenblechen als Mittel zur Aussteifung von Schalen wurde aus dem Flugzeugbau übernommen.

Bei der Ausbildung der Seitenwände und des Daches sind neben Festigkeitsrückichten vor allem die Werkstatterfahrungen über die Anrostgefahr zu berücksichtigen. Durchgeführte Versuche haben ergeben, daß im Untergestell im allgemeinen weniger Anrostungen auftreten. Dagegen zeigen sich Rostnester meist an Stellen wo Holz- oder Metallteile mit eisernen Trägern verbunden sind und an Stoßstellen von Eisenteilen, insbesondere auch an Überlappungen. Diesen Nachteil vermeiden in der Seitenwand aber zuverlässig Sicken; sie tragen daher wesentlich dazu bei, die Lebensdauer der Konstruktion zu erhöhen.

Das Seitenwandblech der Versuchswagen ist 2 mm stark und mit drei an den Enden sanft auslaufenden Sickenreihen versehen. Es wird durch gepreßte Einzelteile hergestellt, deren Einzelbreite von Mitte zu Mitte Fenster reicht und die miteinander durch senkrechte Stumpfnähte verschweißt sind. In der Mitte der Seitenwand, wo die Querkräfte am kleinsten sind, sind die beiden oberen Sicken zur Unterbringung der aus Leichtmetall hergestellten Hoheitszeichen unterbrochen. An Stelle der bisher üblichen Fensterbrüstungsleiste, die in der Regel aus einem Hohlträger oder Vollprofil mit großem Gewicht bestand, ist ebenfalls eine Sicke eingepreßt, die durch mehrere besondere, stumpf eingeschweißte Bleche biegesteif erhalten wird.

Die Fensterecken sind im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungen oben und unten abgerundet. Stoßen die Fensterausschnittkanten, welche die aus der Querkraftbiegung herrührenden Normalspannungen führen, in einer scharfen Ecke zusammen, so entsteht im Blech an dieser Ecke ein zweiachsiger Spannungszustand, wodurch die Dehnung des Bleches in Richtung der Spannungen behindert wird. Es besteht daher bei dünnen Blechen die Gefahr des Einreißen in den Ecken. Sind diese Ecken jedoch gut ausgerundet, so werden diese Normal-

spannungen im Bogen umgeleitet und dadurch die Anrißgefahr wesentlich herabgesetzt. Es darf noch besonders darauf hingewiesen werden, daß in Höhe der Fensterunterkante das größte Biegemoment für die Fenstersäulen auftritt. Auch Zerstörungsversuche an leichten Wagenkästen haben gezeigt, daß nicht ausgerundete Fensterecken einreißen. Die Fensterausrundungen erleichtern ferner das Reinigen der Fenster und vermindern die durch die bisherigen scharfen Ecken verursachte Gefahr des Anrostens der Tragkonstruktion und die Zerstörung der Holzteile durch Fäulnis. Zur Abstützung der abgerundeten Fensterecken sind in die Brüstungsleiste an den hochbeanspruchten Säulen noch senkrechte Stege eingeschweißt. Abgerundete Fensterecken sind bei allen in Dünoblechbauweise hergestellten Fahrzeugen, wie Autos und Flugzeugen, mit Rücksicht auf ihre Vorteile seit langem üblich; sie beeinflussen nicht nur in keiner Weise das architektonische Bild, sondern tragen zu ihren modernen Bauformen bei.

Die in Vorrichtungen fertig zusammengeschweißten Seitenwände werden mit ihren Säulen und dem Seitenwandblech stumpf auf die Langträger des Untergestelles aufgeschweißt.

Wagendach.

Das 1,5 mm starke Dachblech aus St 37 ist auf die senkrechten Schenkel der Spriegel, ohne daß Überlappungen notwendig wurden, aufgeschweißt. Auch das aus einzelnen Blechtafeln bestehende Dach wurde zusammengeschweißt. Nietungen wurden im Dach grundsätzlich vermieden, weil im allgemeinen Nietverbindungen bei Unfällen abplatzen, während Schweißnähte erhalten bleiben. Bei Unfällen kann sich daher das zusammengeschweißte Dach voll an der Kräfteaufnahme beteiligen. In den Ebenen der Abteilquerwände sind besonders steife Spriegel in Blechträgerform aus 2 mm starkem, gepreßtem Blech angeordnet, deren untere Kanten zwecks Aussteifung umgebördelt sind. Zur Gewichtersparnis sind in dem Blech eine Reihe kreisrunder Löcher ausgespart, deren Ränder ebenfalls umgebördelt sind. Die durch diese Hauptsriegel abgeteilten Felder sind durch je drei Hilfssriegel aus leichten Winkelprofilen noch weiter unterteilt, von denen die in der Nähe der Drehschemelträger unter den verstärkten Seitenwandsäulen liegenden Spriegel ebenfalls stärker gehalten sind. Die beiden äußeren der drei Hilfssriegel bilden die Fortsetzung der an den Fensterkanten liegenden Seitenwandsäulen, während der dritte Spriegel jeweils über Fenstermitte angeordnet ist. Sämtliche Spriegel, welche die Verlängerung von Seitenwandsäulen bilden und daher Teile der umlaufenden Spante sind, haben den Zweck, die von diesen übertragenen Kräfte in das Dach einzuleiten. Außer den Versteifungen in Querrichtung des Daches sind auch noch Versteifungen in Längsrichtung vorgesehen, um das Wagendach möglichst druck- und schubsteif zu machen, da es sich sowohl an der Lastaufnahme als auch an der Übernahme der Pufferkräfte beteiligen soll. Diese Längsversteifungen sind in gleicher Weise und aus denselben Gründen wie bei den Seitenwänden als Sicken in das Dachblech eingepreßt, und zwar in dem nur schwachgekrümmten mittleren Teil des Dachquerschnittes (Bild 6). In den seitlichen Dachteilen sind zusätzliche Längsversteifungen nicht notwendig, da diese wegen ihrer starken Wölbung genügend druck- und schubsteif sind. In der Mitte des Dachbleches ist eine breite und ebenflächige Sicke herausgedrückt, die parallel zu den übrigen Sicken über die Dachlänge verläuft und auf der die aus Leichtmetall hergestellten neun Kuckuck-Dachlüfter aufgebaut sind. Längspfetten sind durch die Wahl von Sicken entbehrlich geworden. Gegen Dachsicken wird man einwenden, daß Regenwasser zwischen den Sicken nicht ablaufen kann und daher die Rostgefahr des Dachbleches erhöht wird. Hierzu ist zu bemerken, daß dies nur bei stillstehenden Fahrzeugen zutrifft. Bei einigen Versuchswagen wurden daher die Sicken über den Hauptsriegeln unterbrochen, so daß an diesen Stellen

das Regenwasser ablaufen kann. Außerdem besteht noch die Möglichkeit, die Dachsicken so zu formen, daß das Wasser leichter ablaufen kann. Auf alle Fälle sind Dachsicken ein Leichtbaumittel, das noch entwicklungsfähig ist.

Da die Abortwasserbehälter bei den Versuchswagen in gleicher Weise wie bei den Triebwagen nicht mehr durch das Dach, sondern in den Vorräumen ausgebaut werden, ist es nicht mehr notwendig, das Dach durch große Ausschnitte zu schwächen. Hieraus ergibt sich der große Vorteil, daß sich das Dach bei der neuen Bauweise über die ganze Länge an der Aufnahme der bei Unfällen auftretenden Stoßkräfte beteiligen kann. Zum Schutze der Fahrgasträume bei Zusammenstößen sind nach dem gleichen Grundsatz wie beim Untergestell, die Dachteile über den Vorbauten gegenüber dem Dach über den Abteilen durch größere Spriegelabstände schwächer gehalten, auch wurden über diesem Bereich keine Dachsicken angeordnet, so daß bei einem Zusammenstoß hier eine beträchtliche

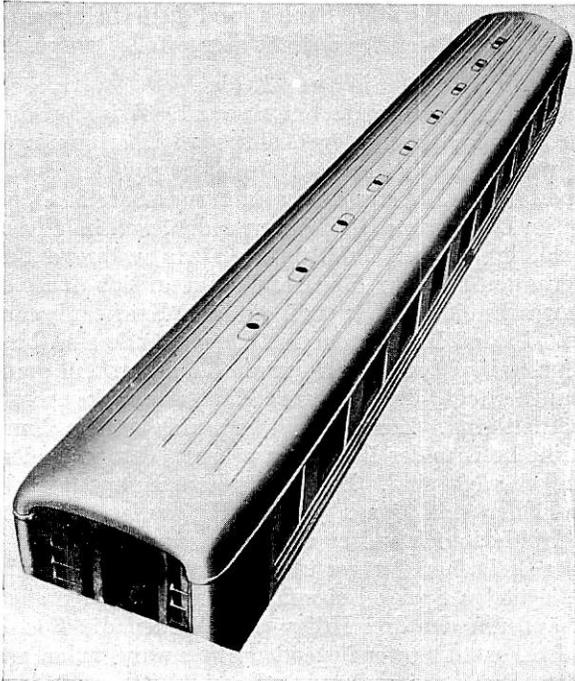


Bild 6. Dach.

Verformungsarbeit geleistet werden kann. Das fertig zusammengeschweißte Dach wird mit der Seitenwand dadurch verbunden, daß man die Spriegel und das Dachblech auf den Obergurt der Seitenwand aufschweißt.

Stirnwände (Bild 7).

Auf Grund von Strömungsversuchen ist bereits früher der schädliche Einfluß der Räume zwischen den einzelnen Wagen auf die Größe des Luftwiderstandes eines Zuges erkannt worden. Zur Abdeckung dieser Räume sind deshalb bei den neueren D-Zugwagen der Deutschen Reichsbahn die Seitenwände und das Dach haubenartig über die Stirnwände vorgezogen, soweit es die bestehenden Bau- und Betriebsvorschriften zuließen. Jede Stirnwand wird also an den Seiten und oben von diesen „Windhauben“ begrenzt, während nach unten der Pufferträger des Untergestells die Stirnwand abschließt. Die aus Leichtmetall hergestellten Einstiegtüren Bauart Wegmann, Kassel, wurden in die Ebene der Seitenwand verlegt. Die Tritthalter sind leichter als bisher ausgeführt; für die untere Tritstufe wird ein TZ-Gitterrost verwendet, der gleichzeitig als Fußabstreifer dient. An den Stirnwandübergängen ist wie bei der bisherigen Bauart eine Schiebetür vorgesehen. Die Ecken der beiderseits des Überganges in der Stirnwand angeordneten

Fenster sind wie die der Fenster in der Seitenwand ausgerundet. Sie sind wesentlich kleiner gehalten, um die Stirnwände nicht zu schwächen. Bei Unfällen treffen die Stoßkräfte zunächst auf die Wagenenden (Vorbauten). Grundsätzlich sind zweierlei Arten von Aufstößen zu unterscheiden.

1. Der Aufstoß wirkt über die Puffer auf das Untergestell,
2. ein aufkletternder Wagen stößt oberhalb der Untergestellebene auf die Stirnfläche des Wagenkastens.

Beide Arten von Aufstößen müssen bei der Gestaltung der Wagenenden berücksichtigt werden. Die Vorbauten müssen so gebaut werden, daß für beide Aufstoßarten

1. im Bereich der Fahrgasträume möglichst keine die Fahrgäste gefährdenden Verformungen eintreten,
2. Untergestell und Wagenkasten mit Dach im Bereich der Vorbauten, in denen sich die meist von Fahrgästen nicht besetzten Einstiegräume und Aborte befinden, ein möglichst hohes Maß von Arbeitsvermögen besitzen und durch ihre Verformung einen großen Teil der Stoßkräfte aufzehren.

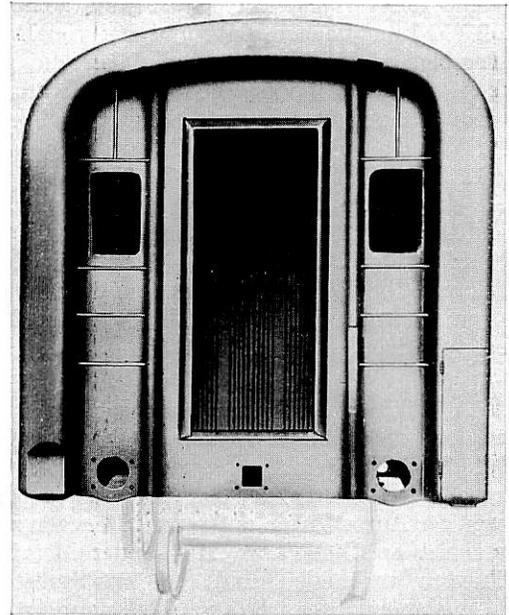


Bild 7. Stirnwand.

Für den Anstoß gilt bekanntlich die Formel:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = P \cdot s,$$

wobei m die Masse des auffahrenden Zuges, v die Geschwindigkeit im Augenblick des Aufstoßes, P die Stoßkraft und s der vom Beginn des Aufstoßes durch Verformung zurückgelegte Weg ist.

Die Aufstoßkraft

$$P = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot s}$$

ist daher um so kleiner, je größer der Verformungsweg angenommen werden kann. Hieraus ist klar zu erkennen, daß die Unfallfolgen für die hinter den Vorräumen liegenden Fahrgasträume um so kleiner werden, je vollkommener sich die Wagenenden verformen können. Im Bereiche der Fahrgasträume sollen daher das Untergestell und der Wagenkasten so gebaut sein, daß sie nach dem Eindringen des Vorbaues den noch übrig bleibenden Teil der Stoßkraft ohne plastische Verformung aufnehmen können. Dabei müssen aber die Vorräume so bemessen sein, daß sie sich erst bei stärkeren Stößen, die die Wagenkasten gefährden können, verformen. Zur Erreichung

dieses Zieles sind zu beiden Seiten jeder Stirnwand der Versuchswagen kräftige Rammssäulen mit Z-förmigem Querschnitt aus 4 mm Blech St 37 angeordnet, welche bei Zusammenstoßen im Falle des Aufkletterns eines Wagens die Rammkräfte auffangen und in das Untergestell und das Dach weiterleiten sollen. Zu demselben Zweck sind in das 2 mm starke Stirnwandblech, das gleichfalls aus St 37 besteht, sickenförmig noch zwei Rammssäulen eingepreßt, die durch eingeschweißte Rippen verstärkt, in der Lage sind, ebenfalls einen Teil der Rammkräfte in das Untergestell und über eine zwischen der Stirnwand und dem Vorbaudach eingeschweißte Konsolkonstruktion auch in das Dach einzuleiten. Diese beiden sickenförmigen Rammssäulen dienen gleichzeitig als Faltenbalgträger. Ebenso wie die Faltenbalgträger sind auch die Rahmen der Übergangstüren nicht durch Anschweißen besonderer Profile, sondern durch Abkanten des Stirnwandbleches hergestellt, um Schweiß- und Richtarbeit zu sparen und um weitere verformbare Träger zu erhalten. Die Rammssäulen sind gegen das Dach so abgestützt, daß eine gleichmäßige Verteilung der Druckkräfte auf die gesamte Querschnittfläche des Daches gewährleistet ist. Auch die oben beschriebenen Windhauben sind Sicken, die bei Zusammenstoßen Verformungsarbeit leisten. Die Rammssäulen und ihre Anschlüsse am Untergestell und Dach sind, wie durch Festigkeitsversuche festgestellt wurde, so stark bemessen, daß die Verbindung mit dem Dach und Untergestell auch bei Unfällen nicht abgerissen wird. Sie wirken in diesem Falle als Zugbänder, so daß das Untergestell und das Dach und damit auch die Seitenwände ständig unter der Kräftewirkung stehen. Im übrigen sind an der Stirnwand wie bisher die üblichen Ausrüstungsteile wie Kupplungseinrichtung, Bremskupplung, Signalstützen, Aufstieg zu den Signalstützen, Faltenbalg und Übergangsbrücken angeordnet, wobei zur Gewichtsersparnis die sickenförmigen Vorbauten gleichzeitig als Leiterholme mitbenutzt werden. Die Faltenbalgrahmen sind aus Leichtmetall hergestellt. Der an der Stirnwand angeordnete Handbremsantrieb und das geschweißte Handbremsrad sind besonders leicht gebaut.

Abortquerwände.

Die Stirnwände können wegen der Türausschnitte, noch mehr aber wegen der dicht neben den Stirnwänden in den Seitenwänden befindlichen Ausschnitte für die Eingangsdrehtüren zur Erhaltung der Form des Wagenquerschnittes nicht in Frage kommen. Da außerdem von dem Hauptquerträger aus Verdrehungskräfte in die Seitenwände eingeleitet werden, ist es zweckmäßig, möglichst in der Nähe dieser Hauptquerträger Konstruktionsglieder anzuordnen, die neben den umlaufenden Spanten des Wagenkastens die Verdrehungssteifigkeit der Wagenkastenröhre sicherstellen. Aus diesem Grunde wurden in die beiden Querwände zwischen Abort und anschließendem Abteil je eine 1 mm starke Wellblechwand aus St 37 eingebaut. Das Wellblech ist an die Stirnwandsäulen einer Seitenwand, an den Dachspiegel unmittelbar, und an das Untergestell mit Hilfe eines T-Profiles angeschweißt. An der am Seitengang liegenden Seite ist die Wellblechquerwand an eine aus einem Winkelprofil bestehende Säule angeschweißt, die das Untergestell und das Dach miteinander verbindet. Dem Profil der Seitengangdecke folgend, ist das Wellblech auch über dem Seitengang durchgeführt. Die in den Ebenen der Abortquerwände gelegenen Seitenwandsäulen erhalten durch die nahegelegenen Drehzapfen-träger starke Knickkräfte. Die auf der Gangseite befindlichen Säulen sind daher stärker gehalten, weil auf dieser Seite das Wellblech infolge des Seitenganges nicht durchgeführt werden kann. Auf der Abteilseite konnte infolge der Verbindung mit dem Querwandwellblech auf eine Verstärkung dieser Säulen verzichtet werden. Um einen Anhalt über die Verwindungssteifigkeit des Wagenkastens zu erhalten, wurde dieser unter einer Ecke hochgewunden. Er mußte 8 mm

angehoben werden, bis auch die gegenüberliegende Ecke sich von ihrer Unterlage frei abhob. Bei früheren Bauarten wurde das entsprechende Maß zu 11 mm ermittelt. Der Versuch bewies die große Verwindungssteifigkeit des Wagenkastens.

Zug- und Stoßvorrichtung.

Die Zugvorrichtungen entsprechen der bisherigen Bauweise. Lediglich die Zughakenführung im Untergestellkopfstück ist leichter gehalten. An Stelle der bisher an hochabgebremsten D-Zugwagen üblichen Reibungspuffer mit Ausgleichvorrichtung sind Ringfederpuffer ohne Ausgleich mit 32 t Endkraft und 110 mm Hub gewählt worden. Durch Versuche des Reichsbahn-Versuchsamtes für Bremsen in Grunewald, die erst während der Entwurfsarbeiten für den Leichtbau-D-Zugwagen abgeschlossen wurden, war festgestellt worden, daß einmal der langhubige 32 t-Ringfederpuffer dem bisher verwendeten Reibungspuffer gleichwertig ist und daß zum andern auf Grund der guten Erfahrungen, die mit diesem Puffer ohne Ausgleich an den vierachsigen Durchgangswagen gemacht worden waren, auf den Pufferausgleich verzichtet werden kann. Der Fortfall der Ausgleichvorrichtung bringt eine Gewichtsersparnis von etwa 400 kg je Wagen.

Die Hülsenpuffer wurden in einer vom Reichsbahn-Zentralamt Berlin durchgebildeten Bauart ausgeführt, die noch leichter ist als die bisherige. Durch das früher übliche hakenförmige Anschlagstück erleidet der Pufferstößel infolge der Eindrehung für den Eingriff dieses Stückes eine Schwächung, die eine an sich unnötig große Wandstärke des Stößels bedingt. Durch die Wahl eines zweiseitigen Halterings zwischen Stößel und Hülse und durch Vermeidung unnötiger Wandstärken konnten die vier Hülsenpuffer eines Wagens insgesamt um rund 120 kg leichter ausgeführt werden.

Auf diese Weise konnte an den Stoßvorrichtungen eines Wagens eine Gewichtsersparnis von etwa 550 kg erzielt werden.

Mit dem Entfallen des Pufferausgleiches wurde es möglich, einen der Wagenkästen versuchsweise durch eine zusätzliche Einrichtung noch weiter gegen Beschädigung bei Unfällen zu schützen. So wurde im vierten und fünften Versuchswagen in die nach dem Wagenkasten hin verlängerte Pufferhülse ein zylinderförmiges, aus Stahlblech hergestelltes Zerstörungsglied eingebaut, auf das sich das Ringfedersystem abstützt. Das Zerstörungsglied wurde so bemessen, daß es sich erst verformen kann, wenn die Pufferstoßhülse auf ihm aufsitzt. Zur Klärung der Frage der Arbeitsaufnahme hat die Waggonfabrik AG. Uerdingen mit verschiedenen Zerstörungsgliedern Belastungsversuche bis zur Zerstörung durchgeführt. Während ein Reibungspuffer 1400 mkg Arbeit verzehrt, beträgt die Arbeitsaufnahme eines Zerstörungsgliedes nach dem Ergebnis von Messungen das Zehnfache, nämlich 14000 mkg. Da das Zerstörungsglied als Ganzes weicher gebaut ist als der Wagenkasten, kann eine Verformung des Wagenkastenvorbaues bei Unfällen erst dann eintreten, wenn die Arbeitsaufnahmefähigkeit der Zerstörungsglieder ausgenutzt ist. Bei leichteren Unfällen wird sich die Verformung auf das Zerstörungsglied allein beschränken, das in diesem Falle ohne besondere Schwierigkeiten ersetzt werden kann. Das beschriebene Zerstörungsglied erscheint daher als ein Mittel, das gestattet, die Unfallfolgen erheblich herabzusetzen und die Kosten für die Behebung von Unfallschäden stark einzuschränken. Gegen Zerstörungsglieder kann eingewendet werden, daß geringe, bei leichten Aufstößen eingetretene Verformungen vom Unterhaltungs- oder Betriebspersonal nicht erkannt werden, daß daher bei wiederholten Aufstößen der Wert dieser Zerstörungsglieder herabgesetzt wird. Diesem Einwand kann eine Berechtigung nicht abgesprochen werden, jedoch scheint es nicht ausgeschlossen zu sein, daß durch die Entwicklung von Anzeigevorrichtungen dem Einwand begegnet werden kann.

Bremsen.

Da die fünf Versuchswagen für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h gebaut wurden, mußte an Stelle der bisher üblichen Kunze-Knorr-Bremse S die neu entwickelte leistungsfähigere Hildebrand-Knorr-Schnellzugbremse (Hikss) vorgesehen werden. Die Bremszylinder der Hikss-Bremse werden beim Bremsen durch einen Druckübersetzer gefüllt, der nicht nur große Bremszylinderräume schnell zu füllen und beim Lösen zu entleeren vermag, sondern auch unter Einwirkung eines Achslagerbremsdruckreglers den Druck in den Bremszylindern so eingestellt, daß der Klotzdruck nach Vollbremsungen aus Geschwindigkeiten über 50 km/h 220 v. H. und aus kleineren Geschwindigkeiten 75 v. H. des Wageneigengewichtes beträgt. Der volle Bremsdruck wird nach Schnellbremsungen in 2 Sek. erreicht. Für die Konstruktion der gesamten Bremsanlage wurde vorgeschrieben, daß die unter dem Wagenkasten angeordneten Bremssteile einen möglichst geringen Luftwiderstand darbieten, die Bremsapparate, das Gestänge, Bolzen und sonstige Bremssteile so leicht wie möglich unter Berücksichtigung des geringeren Wagengewichtes zu bauen sind, wobei jedoch die bisher vorgeschriebene Sicherheit gegen Abnutzung

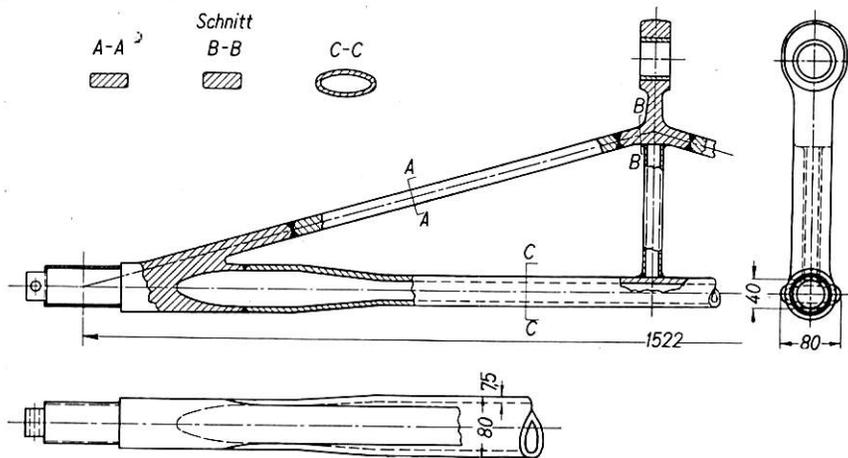


Bild 8. Bremsdreieck.

und Bruch nicht verringert werden darf; ferner, daß die Gesamtfederung des Bremsgestänges mit Rücksicht auf die vorgeschriebene Lösezeit nicht größer als bisher sein darf. Die Bremsanlage sollte ferner so aufgehängt werden, daß besondere Querträger für sie entfallen konnten. Sämtliche Apparate sind zur Verringerung des Luftwiderstandes möglichst nahe an den Fußboden verlegt. Im übrigen wurden die Bremssteile im Untergestell so angeordnet, daß die Länge der Rohrleitungen und die Zahl der zusätzlichen Aufhänger so klein wie möglich wurde. Zur Zeit der Entwurfsarbeiten standen noch keine genügend großen Bremszylinder in Stahlleichtbauart zur Verfügung. Es wurden daher zwei kleinere 14"-Stahlleichtbauzylinder, deren Bewährung bei Triebwagen seit längerer Zeit feststand, eingebaut. Bei der Bremszylinderanordnung wurde auf einen möglichst günstigen Kräfteausgleich geachtet. Durch günstigere Querschnittsgestaltung, d. h. durch Verlegung des wenig ausgenützten Werkstoffes der neutralen Faser in die höher beanspruchten äußeren Fasern, konnte auch bei den Bremshebeln an Gewicht gespart werden. Bei den Bremsdreiecken wurde der Querschnitt des Druckstabes mit dem Zweck den Trägheitsradius zu vergrößern, in ein ovales Rohr aufgelöst (Bild 8). Die ovale Form gestattet eine ungefähr gleiche Beanspruchung über beide Achsen, weil die mittlere Strebe die Knieklängen für die Beanspruchung zwar über die senkrechte, jedoch nicht über die waagerechte Achse halbiert. Die Bremsdreiecke sind dadurch um etwa 50 v. H. leichter geworden als frühere Bauarten. Die Umführung der Bremszugstange um die Drehzapfen wurde eben-

falls im Interesse der Gewichtersparnis als geschweißte Fachwerkrohrkonstruktion ausgebildet. Die Bremszugstangen wurden in der bisherigen Stärke belassen, um deren Dehnung unter Last und damit die Lösezeiten nicht zu vergrößern. Der Handbremsantrieb wurde im wesentlichen der bisherigen Bauweise angepaßt; das bisher übliche, schwere, gegossene Handrad jedoch durch ein leichtes, aus zwei geschweißten Blechen gebildete Rad ersetzt.

Schürzen.

Durch die Gewichtersparnis der Versuchswagen wird ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes, der Fahrwiderstand um 31 v. H. gegenüber den bisherigen 40,5 t schweren Wagen verringert. Es können somit die aus Leichtbau-D-Zugwagen gebildeten Züge rascher beschleunigt oder in Steigungen mit höheren Geschwindigkeiten gefahren werden, wodurch die Fahrzeiten nicht unbeträchtlich verkürzt werden können, da in diesen Geschwindigkeitsbereichen der Fahrwiderstand in der Hauptsache gewichtsbedingt ist. In den oberen Geschwindigkeitsbereichen nimmt der Einfluß des Luftwiderstandes auf den Gesamtfahrzeugwiderstand zu und wird bei Höchstgeschwindigkeiten ausschlaggebend. Es ist daher notwendig, schnellfahrende Fahrzeuge so zu bauen, daß ihre äußeren Umrißflächen der Luft einen möglichst geringen Widerstand darbieten. Dies ist im wesentlichen möglich:

1. Durch windschnittige Ausbildung der Wagenenden,
2. durch Beachtung strömungstechnischer Gesetze bei der Verteilung, Anordnung und Gestaltgebung aller unter dem Wagenfußboden angeordneten Apparate, sowie bei der konstruktiven Durchbildung der Untergestellquerträger,
3. durch Anordnung von Windschürzen.

Die Zugänglichkeit und Übersichtlichkeit der unter dem Wagenfußboden und in den Drehgestellen angeordneten und im Betriebe zu unterhaltenden Anlagen durfte jedoch durch die getroffenen Anordnungen nicht ungünstig beeinflusst werden. Dieser Gesichtspunkt darf nicht außer Acht gelassen werden, weil D-Zugwagen auch auf ausländische Strecken übergehen, wo die Wagen durch ausländisches Personal gewartet werden.

Wie bereits bei der Konstruktion der Untergestelle erwähnt wurde, sind die Wagenenden der Versuchswagen in der gleichen Weise wie die neuerer D-Zugwagen, windschnittig ausgebildet, wobei die Einstiegtüren in der Ebene der Seitenwand liegen. Die am Untergestell aufgehängten Apparate sind, wie später im einzelnen noch näher beschrieben wird, so weit wie möglich zusammengeschlossen und so nahe wie möglich an das Untergestell herangerückt worden. Dies gilt insbesondere für die elektrischen Apparate, die erstmals in einem gemeinsamen Leichtmetallgehäuse untergebracht wurden. Die Untergestellquerträger wurden auf die Mindestzahl beschränkt und möglichst niedrig ausgeführt. Dagegen wurde vom Einbau von Windschürzen, wie sie bei schnellfahrenden Triebzügen schon seit langen Jahren üblich sind, abgesehen, weil die Zahl und die Größe der bei D-Zugwagen unter dem Wagenfußboden angeordneten Teile gering ist. Bei Triebwagen nehmen in der Regel die Apparate der maschinellen Einrichtungen, der Heizung, Beleuchtung und Bremse fast die ganze Fläche des Untergestelles ein. Dabei hat sich der ungünstige Einfluß der Schürzen auf die Zugänglichkeit der Apparate als lästig erwiesen, so daß in neuerer Zeit nur noch Schnelltriebzüge Schürzen erhalten. Eingehende Versuche mit Triebwagenmodellen im Windkanal haben gezeigt, daß der Luftwiderstandsbeiwert nicht merklich herabgesetzt werden kann, wenn

nur seitliche Schürzen angeordnet werden. Es ist vielmehr notwendig, die Schürzen vor und hinter den Drehgestellen durchzuführen und sie nach unten durch eine Bodenschürze zu schließen. Auch die Seitenschürze muß an den Drehgestellen ununterbrochen durchlaufen. Eine solche Schürzenanordnung erfordert aber nach der Seite und nach unten Aussteifungen und daher ein nicht unbeachtliches Gewicht und zusätzliche Kosten. Eine Seitenschürze üblicher Ausführung erfordert ein zusätzliches Gewicht von etwa 340 kg. Wird die Schürze nicht nach allen Seiten geschlossen, so bilden die die Schürze aussteifenden Querträger einen zusätzlichen Luftwiderstand. Die starr mit der Seitenwand verbundene Schürze erhöht im übrigen keineswegs die Steifigkeit des Wagenkastens und macht damit nicht die lotrechte Schwingungsfrequenz des Wagens günstiger, weil durch sie wohl das Trägheitsmoment zunimmt, das Widerstandsmoment aber abnimmt.

Versuche mit Triebwagenmodellen haben im Windkanal ergeben, daß durch seitliche Windschürzen bei einer Geschwindigkeit von 150 km/h der Gesamtwiderstand sich nur um etwa 10 bis 14 v. H. verringert. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die Ergebnisse der Windkanalversuche nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse in der Praxis anwenden lassen; sie sind insbesondere aber nicht ohne weiteres auf die wesentlich einfacheren D-Zugwagen anzuwenden. Es ist hier vielmehr zu erwarten, daß wegen des durch die geringere Zahl von Apparaten bedingten kleineren Untergestell-Luftwiderstandes durch die Anordnung von Schürzen der Gesamtluftwiderstand weniger beeinflußt wird. Auf alle Fälle sind zur einwandfreien Klärung der Verhältnisse umfangreiche Vergleichsversuche mit Fahrzeugen gleicher Bauart, mit und ohne Schürze durchzuführen.

Herstellung und Aufbau des Wagengerippes.

Die Hauptteile des Wagenkastens, Untergestell, Seitenwände und Dach wurden einzeln auf besonders geeigneten, schwenkbaren Schablonengerüsten zusammengesetzt, verspannt und geschweißt. Diese bereits bekannte Herstellungsmethode gewährleistet bei Anwendung geeigneter Schweißfolgen gute Genauigkeit der Abmessungen und geringe Wärmespannungen. Vor dem Zusammenbau des Untergestells wurden die Kopfteile, Hauptquerträger und Langträger in entsprechend handlichen, drehbaren Schweißvorrichtungen getrennt hergestellt, so daß beim Zusammensetzen des Untergestells im Schablonengerüst, welches gegenüber den Einzelvorrichtungen verhältnismäßig unhandlich ist, die Anzahl der Schweißnähte auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt. Gleichzeitig bieten die Einzelvorrichtungen die Möglichkeit, durch Drehung des Werkstückes, sämtliche Schweißnähte in der bestgeeigneten Lage herzustellen. Der Wellblechfußboden wird in einzelne Felder aufgeteilt, deren Größe durch die handelsüblichen Blechabmessungen gegeben ist. Die Wellen werden durch Einpressen mittels Matrizen in gleichmäßigen Abständen hergestellt, wobei bei jedem Arbeitshub eine Welle gedrückt wird.

Die Seitenwände wurden im Gegensatz zur bisher üblichen Unterteilung aus Blechfeldern von Seitenwandhöhe und Abteilbreite zusammengeschweißt. Diese Felder sind im Gesenk gepreßt, wobei in einem Arbeitsgang die Fensterbrüstungsleiste, Sicken und Fensterkanten eingedrückt, sowie die Fensteröffnungen ausgestanzt wurden. Im Schablonengerüst werden die Winkelprofile der Gurte und Säulen eingesetzt, an den Anschlüssen festgekeilt, und zu einem Gerippe miteinander verschweißt. Die gepreßten Blechfelder werden mit diesem Gerippe durch versetzte Raupenschweißung verbunden. Zur Erzielung einwandfreier Stoßverbindungen der Blechfelder untereinander wurden diese an den jeweils in Fenstermitte befindlichen Stoßkanten in Stahlbalken gespannt, welche dem Brüstungsleisten- und Sickenprofil entsprechend geformt sind.

Gleichzeitig wird hierdurch eine gute Wärmeableitung erzielt, so daß die Richtarbeit auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt.

Beim Dachaufbau ist ebenfalls die bisherige Aufbauweise verlassen worden, da infolge der längslaufenden Sicken eine Aufteilung des Dachbleches in drei Längsstreifen vorteilhafter ist, als die bisher übliche Querteilung. Die Längsschweißnähte sind wegen der Verformungsmöglichkeit der Sicken in die Sickenfirse gelegt, so daß nennenswerte Schweißspannungen nicht auftreten können. Im Schablonengerüst wurden die Spiegel in genauen Abständen aufgestellt und festgekeilt. Nach Auflegen der mit Sicken versehenen und bereits gebogenen Dachblechstreifen wurden diese durch Spannbänder aufgezogen, um auf diese Weise eine gute Anlage auf den Spiegeln zu erhalten. Eine Schwenkung des Schablonengerüsts um 180° ermöglichte es, fast sämtliche Verbindungsnahte in horizontaler Lage zu schweißen.

Nach Vermessen des Untergestells wurde der Wagenkasten zusammengebaut. Mit den Säulenenden und dem Wasserwinkel wurden die Seitenwände auf die Untergestell-Langträger gestellt und nach Ausrichtung und Diagonalverspannung mit denselben durch Heftschweißung verbunden. Nach Aufbringen des Daches, welches mit den Spriegelenden in die Obergurtwinkel der Seitenwände gesetzt wurde, wurden die Seitenwände mit Untergestell und Dach endgültig verschweißt. Hierauf wurden die Felder des Wellblechfußbodens auf das Untergestell gelegt und mit den Quer- und Längsträgern sowie untereinander vernietet bzw. verschweißt.

Drehgestelle (Bild 9 und 10).

Die Drehgestelle der Versuchswagen wurden unter Zugrundelegung der bei den Triebwagen gewonnenen Erfahrungen entwickelt. Im wesentlichen sind die hierbei angewendeten Baugrundsätze der Drehgestellrahmen und des Laufwerkes in den Aufsätzen des Verfassers: „Entwicklung und Stand im Bau von Trieb-, Steuer- und Beiwagen“ Seite 257 u. f., 92. Jahrgang, 1937 und „Festigkeitsversuche an besonders leicht gebauten Drehgestellen“ Seite 207, Jahrgang 1939 des „Organ Fortschr. Eisenbahnwes.“ eingehend dargelegt worden. Zusammenfassend sei aus den Aufsätzen wiederholt, daß ein in jeder Richtung steifer Drehgestellrahmen mit einem möglichst geringen Gewichtsaufwand nur erzielt werden kann, wenn die Drehgestellwangen einen hohen Steg erhalten und die Drehgestellquerträger in die Ebene der Verdrehungskräfte gelegt werden. Die nach diesen Grundsätzen seit einigen Jahren gebauten und im praktischen Betrieb erprobten Drehgestelle der Einheitssteuerwagen haben mit ihrem Radstand von 3,0 m ein wohl bisher unerreicht niederes Betriebsgewicht von 3,6 t einschließlich Radsätzen und Bremse. Alle elektrischen und Dieseltriebswagen haben seit dem Jahre 1934 Drehgestelle in Blechträgerbauweise mit hohem Wangensteg erhalten.

Da bei den Trieb- und Personenwagen Drehgestelle mit 3,0 m Achsstand günstige Laufeigenschaften gezeigt haben, wurde dieser Achsstand auch für die Versuchs-D-Zugwagen beibehalten und auf die Möglichkeit einer weiteren Gewichtsverminderung durch Verkürzung des Achsstandes verzichtet. Bei der Bemessung der Drehgestell-Langträger wurde berücksichtigt, daß die Zentrifugalkraft, die Kraft des Seitenwindes und die durch die Schienenüberhöhung entstehenden Seitendrucke bei 160 km/h Geschwindigkeit auf den Drehzapfen einen Druck von 4,3 t ausüben, wobei der verminderte Einfluß der Gehängerückstellkräfte nicht berücksichtigt wurde. Die Wiegenanschlagkraft wurde mit 9 t angenommen. Der Drehgestellrahmen wurde daher mit großen Sicherheitszuschlägen berechnet.

Die Drehgestellrahmen der Versuchs-D-Zugwagen wurden in geschweißter Blechträgerbauweise mit hohen Seitenwangen ausgeführt, wobei im Untergurt des Langträgers Stumpf-

schweißnähte wegen der hohen Zugbeanspruchung nicht zugelassen wurden. Die Gurtplatten des Drehgestellrahmens sind zur Erzielung großer Diagonalsteifigkeit an den Stoßstellen der Lang- und Querträger stark gerundet. Die Stege des Drehgestell-Lang- und Kopfträgers haben 6 mm Wandstärke, die der Quer- und Diagonalträger 5 mm. Sämtliche Gurtplatten haben 7 mm Wandstärke mit Ausnahme der Gurte über den Achshalterauschnitten, welche 10 mm stark sind. Für die Gurtplatten im mittleren Teil ist St 52, für alle übrigen Blechteile St 37 verwendet worden. Der Langträger ist zur Aufnahme der Momente aus den horizontalen Stößen als Kastenträger von großer Verdrehungssteifigkeit ausgebildet worden. Das Kastenträgerblech über den Achsen ist 4 mm stark, an drei Stellen zur Aussteifung eingekümpelt und mit dem Drehgestell-Langträgersteg verschweißt. Eine weitere Versteifung des Drehgestellrahmens bilden die diagonal angeordneten Streben, die zur Abstützung des Bremsfestpunktbockes und der Bremsgehänge an und für sich schon erforderlich sind. Außerdem wurden die Seitenwangen des Drehgestells im Bereiche der Achslenker-Silentlager durch Aufsetzen einer vom Untergurt bis zum Obergurt durchlaufenden Rippe für die Aufnahme der Seitenkräfte verstärkt.

Die Wiege ist nicht wie bisher durch den Drehgestellwängenausschnitt durchgesteckt, sondern liegt oberhalb des

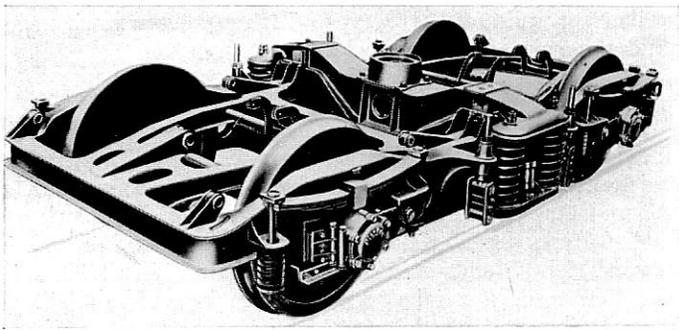


Bild 9. Drehgestell mit Achskern.

Drehgestellrahmens. Sie ist daher auch leichter auszubauen als bei den bisher üblichen Bauweisen. Der Wiegenträger ist in geschweißter Blechbauweise als offener Kastenträger gebaut und durch zweckentsprechende Auflösung der Blechquerschnitte als Träger gleicher Festigkeit ausgebildet.

Vier Versuchswagen erhielten Drehgestelle mit Achskern und Wiegeschraubenfedern mit Öldämpfern. Bei dem Entwurf wurden die langjährigen und äußerst gründlichen Versuchserfahrungen des Reichsbahnrats Mielich, Vorstand des Wagenversuchsamts Grunewald, verwertet. Ein Versuchswagen erhielt die bei den Görlitzer Drehgestellbauarten bisher übliche Vierfederanordnung, d. h. je eine Blatttragfeder und zwei Schraubenfedern für eine Achsbuchse und eine Wiegen Seite (vergl. Bild 9 und 10). Für die Abfederung der Achsbuchse wurden für die fünf Versuchswagen wie bisher je eine Blatttragfeder und zwei Schraubenfedern verwendet. Die Federlänge der Blatttragfeder mit 1100 mm ist um 200 mm größer als bisher angenommen worden. Die Tragfedern sprechen daher weicher an. Für die Abfederung der Wiege sind, wie bereits erwähnt, für vier Versuchswagen auf jeder Drehgestellseite je zwei reibungslose Torsionsfedern von folgenden Abmessungen eingebaut: 210 mm mittlerer Federdurchmesser, 38 mm Federstahldurchmesser, 5,6 federnde Windungen, 370 mm Bauhöhe unter dem leeren Wagen, Federkonstante $c = 24 \text{ mm}/1000 \text{ kg}$. Durch das reibungslose Arbeiten sind die Schraubenfedern in der Lage, auf jeden Stoß weich anzusprechen und lassen somit die befürchteten Eigenschwingungen der Wageneinzelteile nicht aufkommen. Da bei den reibungslosen

Schraubenfedern energieverzehrende Bewegungswiderstände fehlen, wurde zwischen zwei Federn je ein Öl-Stoßdämpfer zusätzlich angeordnet, welcher die durch die Fahrbahn erregten Schwingungen dämpft und so ein Aufschaukeln des Wagens unterbindet, der jedoch den Nachteil der teilweise ungefederten Kraftübertragung der Blattfeder nicht aufweist. Die Dämpfung beträgt etwa 0,2 und ist nur auf dem Rückwege wirksam. Sie beginnt und endet jeweils im Schwingungstotpunkt bzw. im Ausgangspunkt des Diagramms. Eine Drosselregelung zur Verstellung der Dämpfung ist vorgesehen. Da über Öldämpfer für Drehgestellabfederungen noch keine ausreichenden Betriebserfahrungen vorliegen, wurden für zwei Wagen Stoßdämpfer der Firma Boge und für die beiden weiteren Wagen solche der Firma Teves eingebaut. Der Federträger für die beiden Schraubenfedern und den Öl-Stoßdämpfer ist in Leichtbauweise als Kastenträger ausgebildet; er erhielt seitlich kräftige Augen zur Lagerung in Hängependeln. Der Federträger ist durch Rohre mittels Silentlager in horizontaler Richtung starr, jedoch in vertikaler Richtung gelenkig mit dem Wiegenträger verbunden, wodurch ein seitliches Ausweichen (Kippen) der Feder unterbunden, die Federung jedoch nicht behindert wird. Der Silentblock ist ein elastisches Maschinenelement, welches als Gelenk für schwingende Bewegung ohne Spiel und gleitende Reibung arbeitet. Er besteht aus zwei

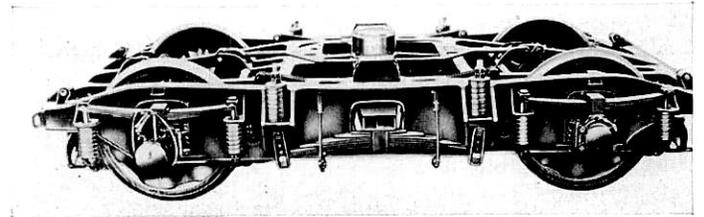


Bild 10. Drehgestell mit vierter Federung.

konzentrischen, ineinandergeschobenen Metallhülsen, in deren Zwischenraum ein Weichgummikörper in der Form eines Hohlzylinders eingepreßt ist. Die Wiegenausschläge wurden gegenüber der bisherigen Bauweise von 25 auf 30 mm vergrößert, so daß infolge größerer Rückstellkräfte der seitliche Anschlag bei gleicher Pendellänge wie bisher gemildert wird. Die Drehgestelle entsprechen in ihren Abmessungen den Bedingungen des Fahrbetriebes. An jeder Wagenkastenseite wurden drei Trossenösen angebracht, und zwar je eine in einem Abstand von 1,6 m von der Pufferstirnfläche und eine Öse in Wagenmitte. Beim betriebsfertigen Drehgestell wurden etwa 1,2 t Gewicht gespart. Da, wie bereits erwähnt, ein Versuchswagen Drehgestelle mit vierter Federung ohne Öldämpfung (Görlitzer Bauart) erhielt, kann durch Vergleichsfahrten der Einfluß der Öldämpfungseinrichtung auf den Wagenlauf gegenüber dem Lauf von Wagen ohne Öldämpfer festgestellt werden.

Radsätze.

Bei Trieb- und Steuerwagen werden seit Jahren für Geschwindigkeiten bis 120 km/h Leichttradsätze des Bochumer Vereins, d. h. Radsätze mit Hohlwellen und Leichttradscheiben verwendet, die sich auch im Vorortverkehr mit seinem oftmaligen Anfahren und Bremsen im allgemeinen bewährt haben. Die bisher eingetretenen Schäden an diesen Achsen halten sich in den bei Vollradsätzen üblichen Grenzen; sie waren zudem meist auf anfängliche Fehler in der Fertigung zurückzuführen. Für Fahrzeuge mit Geschwindigkeiten von 130 bis 160 km/h wurden für Triebwagen bisher Radsätze mit Hohlachsen jedoch noch nicht zugelassen, weil einerseits die bis heute gewonnenen Erfahrungen noch nicht für ausreichend erachtet werden, und weil andererseits bei den außerordentlich hohen Fahrgeschwindigkeiten Achsbrüche erhöhte Unfall-

folgen nach sich ziehen können. Obwohl bei den leichten Versuchs-D-Zugwagen mit Rücksicht auf den kleineren Achsdruck die Achsbeanspruchungen geringer sind als bei Triebwagen und daher die entgegenstehenden Bedenken sich verringern, wurden aus Gründen der Sicherheit für die Versuchs-D-Zugwagen noch Vollachsen vorgesehen. In Verfolgung der neueren technischen Erkenntnisse über die Beanspruchung der Achswellen wurde trotz des leichteren Wagengewichtes der Achsdurchmesser im Nabensitz außerdem noch um 10 mm gegenüber den Radsätzen der bisherigen D-Zugwagen verstärkt. Der Übergang vom Nabensitz zum Achsschaft wurde sehr schlank, und zwar in Form eines aus einer Düse austretenden Wasserstrahls ausgebildet. Die Spannungen bleiben an allen Stellen der Achswelle unter den für die bisherigen Achswellen zugelassenen Beanspruchungen. Im Nabensitz z. B. sind die Beanspruchungen 33 v. H. geringer als bisher. Die Radscheiben wurden wie bei den Triebwagen in Leichtbauweise, bei wellenförmiger Gestaltung des Querschnitts, unter Verwendung eines hochwertigen Baustoffes aus SMS St 75 bis 85 kg/mm² hergestellt. Hierdurch wurden etwa 180 kg je Radsatz gespart, wobei außerdem die radiale Nabenfederung etwa das Dreifache derjenigen der bestehenden Ausführungen beträgt, so daß bei gleichen Anarbeitungstoleranzen die Toleranzspanne der Aufpreßdrücke auf etwa $\frac{1}{3}$ der bestehenden vermindert wird. Hierdurch wird also eine Senkung der Nabenspannungen in der Achse erreicht. Aus Gründen der Baustoff- und Lohnersparnis wurde davon abgesehen, die normale Radreifenstärke von 75 mm zu vermindern, obwohl gerade diese eine beträchtliche Gewichtsverminderung mit sich bringen würde. Die Radsätze laufen in Rollenlagern, die sich bei Triebwagen seit Jahren bewährt haben. Die Achslagergehäuse sind wegen der einfacheren Unterhaltung zweiteilig ausgeführt. Die Lenkerachslagergehäuse haben seitliche Führungsflächen erhalten, damit beim Bruch der Lenker keine Entgleisungen eintreten können. Das Achslagergehäuseunterteil wurde um 3 mm schwächer gehalten als bisher.

Zur Vermeidung des schlingernden Laufes der Radsätze wurde das Längsspiel der Achslagergehäuse durch Anordnung von vier Achslenkern am Drehgestellrahmen beseitigt. An den Stahlgußlagerober- und unterteilen ist in der Mitte je ein 365 mm langer Arm mit I-Querschnitt angegossen, der am Ende ein Lagerauge zur Aufnahme eines Silentblockes besitzt. Der Lenkerarm ist am Lagergehäuse in dessen Mitte angegossen. Er ist mit dem Drehgestellrahmen über das Silentlager gelenkig verbunden. Zu diesem Zweck ist am Drehgestellrahmen neben den inneren Tragfederböcken ein Lager Schild angeschweißt, in dem der Tragbolzen von 42 mm Durchmesser gelagert ist. Damit die Stöße beim Fahren nicht über metallische Berührung auf den Drehgestellrahmen und schließlich auf den Wagenkasten übertragen werden können, ist über dem Gelenkbolzen eine Silentblockbüchse angeordnet. Durch einen Federkeil wird die innere Büchse des Gummiblocks gegenüber dem Lagerbolzen am Drehen verhindert, während die äußere Büchse zwischen die geteilten Lageraugen geklemmt ist, so daß die von der Durchfederung des Drehgestellrahmens herrührende Drehbewegung des Lenkerarmes vom Silentblock übernommen wird. Außerdem läßt das Silentlager eine geringe Seitenbewegung des Achslagers und damit Schiefstellung des Lenkerarmes zu. Da das Lagergehäuse beim Durchfedern des Drehgestellrahmens achsial verdreht wird, wurde die Federbundauflagerung kugelig ausgebildet.

Ebenso wie beim Untergestell ist es auch beim Drehgestell vorteilhaft, eine Aufteilung des Rahmens in seine Hauptträger vorzunehmen und diese in besonderen drehbaren Vorrichtungen zu schweißen. Die fertigen Hauptteile werden wiederum wie beim Untergestell in einem Schablonengerüst maßgerecht miteinander verschweißt. Um eine genaue Parallelführung der

Achsen im Rahmen zu gewährleisten, werden die Achslenkerbohrungen bzw. Achsbuchsführungen erst am fertiggeschweißten Drehgestellrahmen angezeichnet und bearbeitet.

Festigkeitsversuche.

Die Festigkeits- und dynamischen Eigenschaften des Wagenuntergestells und des Rohbauwagenkastens wurden vom Wagenversuchsamt der Deutschen Reichsbahn eingehend durch Versuche geprüft. Bei den Versuchen mit den Rohbauwagenkastens waren in den eisernen Wagenkastens die innere Verkleidung, der auf dem Wellblech aufliegende Fußboden und die Innenausstattung nicht eingebaut. Mit dem Wagenuntergestell wurden Druckversuche, mit dem ganzen Wagenkasten Belastungs-, Druck- und Schwingerversuche ausgeführt. Die Versuche wurden in gleicher Weise vorgenommen, wie die vom Verfasser im „Org. Fortschr. Eisenbahnwes.“ Heft 20 und 21, Jahrgang 1939 beschriebenen Versuche mit dem Einheitssteuerwagen. Die Versuchs-D-Zugwagen wurden jedoch nur mit Lasten geprüft, bei denen eine plastische Verformung nicht zu erwarten war. Auf die nochmalige Beschreibung der Versuchsanordnung kann daher verzichtet werden. Es genügt, die Ergebnisse der Festigkeits- und Schwingerversuche bekannt zu geben und diese einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Der zu untersuchende D-Zugwagenkasten hatte ein Rohbaugewicht von 6850 kg; das Gewicht der Inneneinrichtung wurde zu 13150 kg und das der Nutzlast zu 5400 kg ermittelt. Die Gewichtersparnis beträgt beim Rohbauwagenkasten etwa 4 t oder rund 40 v. H. der bisherigen Bauweise. Die Länge des Wagenkastens beträgt über die Puffer gemessen 21,27 m und der Drehzapfenabstand 14,27 m. Diese beiden Maße sowie das Gewicht der Nutzlast entsprechen den Werten der bisherigen C4ü-Wagen. Die Versuche wurden durchgeführt, nicht nur um ein möglichst einwandfreies Bild über die Festigkeitseigenschaften der Versuchswagen zu erhalten, sondern vor allem auch, um die erzielten Meßergebnisse mit den Versuchswerten anderer Versuchswagen und Wagen der bisherigen Bauarten vergleichen zu können. Will man die Meßergebnisse verschiedener Bauarten miteinander vergleichen, so müssen sie stets in Beziehung zum aufgewendeten Rohbaugewicht des Wagenkastens und Untergestells der zu vergleichenden Wagenbauart stehen, da alle Meßergebnisse in Abhängigkeit vom Gewicht der tragenden Bauteile sind.

Druckversuche am Untergestell.

Mit dem Untergestell wurden zunächst Druckversuche ausgeführt und zwar wirkten einmal auf die beiden Puffer eines Untergestell-Endes gleiche hydraulische Drücke, während das Untergestell mit den beiden anderen Puffern abgestützt war; beim zweiten Versuch wurde nur auf den einen Puffer gedrückt und das Untergestell an dem der Presse diagonal gegenüberliegenden Puffer abgestützt. Der Druckversuch wurde also in Richtung der Diagonale angestellt. Da das Untergestell unter dem Einfluß der Druckkräfte nach oben ausknicken würde, mußte es durch gleichmäßig verteilte Gewichte belastet werden. Die Höhe dieser Gewichtsbelastung und die Art der Verteilung der Gewichte beeinflusst die Meßergebnisse. Beim ersten Druckversuch wurde ein Gesamtdruck von 175 t erreicht, wobei sich das Untergestell um 15 mm verkürzte. In der Nähe eines Hauptquerträgers beulte das Fußbodenblech etwas aus; sonst waren keine Verformungen eingetreten. Nach der Entlastung war eine bleibende Verkürzung von etwa 1 mm vorhanden. Beim Diagonaldruckversuch wurden bei einem Druck von 40 t an einer Untergestellseite 2,7 mm, an der anderen Seite 3,2 mm elastische Verkürzungen festgestellt. Der Versuch gab immerhin Aufschluß, daß das Wellblech zur Diagonalesteifigkeit des Untergestelles beiträgt. Diese Diagonal- bzw. Verzerrungssteifigkeit des Wagenkastenfußbodens ist von besonderer Bedeutung, weil nur durch sie der

Wagenkasten die Funktion einer Röhre übernehmen kann. Bei einer verzerrungsweichen Bodenebene würden beim Diagonalstoß die Seitenwände in Mitleidenschaft gezogen werden, da sie ja genau so an der Verformung teilnehmen müssen, wie die Bodenebene selbst. Den Ergebnissen der Druckmessungen mit dem Untergestell kommt anders als bei den früheren Wagen mit hölzernen Wagenkästen keine allzu große Bedeutung zu, weil das Untergestell mit dem Wagenkastenaufbau eine statisch unlösbare Einheit bildet.

Druckversuche am Wagenkasten (einschließlich Untergestell).

Beim Druckversuch wurde der Rohbauwagenkasten mit einer dem Gewicht der Innenausstattung entsprechenden Last von 13,15 t, die gleichmäßig über den Fußboden verteilt war, belastet. Der Wagenkasten war auf gleichmäßig unter dem Untergestell verteilte Rollen verlagert. Von 0 bis 120 t wurde der Druck auf die Puffer in Stufen von je 20 t, sodann um je 10 t bis auf 200 t gesteigert. Um die Verkürzung des Wagenkastens und sein Ausweichen nach oben oder unten feststellen zu können, wurden 18 Meßstellen nach Bild 11 vorgesehen.

Druck von 190 t begann das Fußbodenblech in der Wagenmitte an einigen Stellen nach oben durchzubeulen. Um stärkere Schäden sogleich erkennen zu können, wurde noch vorsichtiger als zuvor weitergedrückt, bis zur Höchstgrenze von 200 t. Dabei zeigten sich keine weiteren Formänderungen. Da die Meßuhren nur einen Meßbereich von 10 mm haben, und bei schnellerem Ausknicken des Kastens Schaden nehmen konnten, wurden sie bei 190 t Druck entfernt. Aus diesem Grunde wurden bei 200 t Druck keine Messungen vorgenommen. Nach Entlastung wurde am Wagenkasten folgendes festgestellt:

a) Die verbliebene Beule in dem Seitenwandblech der Gangseite im Feld unterhalb des zweiten Fensters hinter der Abortzwischenwand hatte etwa eine Höhe von 17,5 mm und die auf dem gleichen Feld der Abteilseite von 12,5 mm.

b) In den freien Mittelfeldern für die Hoheitszeichen haben die Ausbeulungen auf der Gangseite 13,5 mm und auf der Abteilseite 10,0 mm Höhe erreicht.

c) Im Feld unter dem dritten Fenster vor der zweiten Abortzwischenwand betrug die Höhe der Beulen auf der Gangseite 8,0 und auf der Abteilseite 7,5 mm.

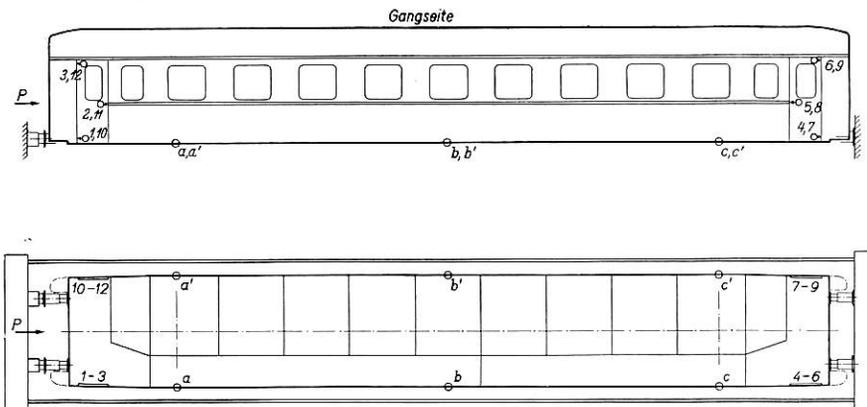


Bild 11. Meßanordnung, Druckversuch.

Nach jeder Belastungsstufe wurden die Verkürzungen in Höhe der Langträger, der Fensterbrüstungen und der Dachlangrahmen und das Ausbiegen des Kastens nach oben gemessen. Die Stauchung der Langträger, Fensterbrüstung und Dachlangrahmen und das Durchbiegen der Langträger nach oben sind in Bild 12 bildlich dargestellt. Aus den Schaubildern ist zu ersehen, daß die größte Stauchung am Untergestell-Langträger und die geringste am Dachlangrahmen aufgetreten ist. Die bei 190 t Belastung gemessenen Stauchungen sind in nachstehender Tabelle eingetragen.

Verkürzungen in mm.

Wagenseite	Langträger	Fensterbrüstung	Dachlangrahmen
Gangseite . . .	11,9	5,7	2,6
Abteilseite . . .	13,8	8,7	3,0

Der Untergestell-Langträger hat sich bei 190 t Druck auf der Gangseite um etwa 6,5 und auf der Abteilseite um 4 mm nach oben durchgebogen. Bei einem Druck zwischen 100 und 120 t begannen sich die Seitenwandbleche an verschiedenen Stellen um etwa 10 mm nach außen auszubeulen. Auf Grund dieser Beobachtung wurde nach Erreichung eines Druckes von 120 t entlastet, um zu sehen, ob bereits bleibende Formänderungen an den Seitenwandblechen eingetreten waren. Dies war jedoch nicht der Fall. Als beim weiteren Drücken die 120-t-Grenze erreicht war, traten die gleichen Beulen wieder in den Seitenwandblechen auf, sie verstärkten sich aber bis zum Höchstdruck von 200 t nicht mehr wesentlich. Bei einem

d) Im Fußboden, im Untergestell und an den übrigen Stellen des Wagenkastens sind keine bleibenden Formänderungen feststellbar gewesen.

Die Versuche lassen erkennen, daß nicht nur das Untergestell, sondern auch das Seitenwandblech mit seinen Sicken, die Brüstungsleiste und das Dach in erheblichem Maße an der elastischen Verformung teilgenommen haben. Unter Berücksichtigung der gemessenen Verkürzungen würde das Untergestell etwa 126 t, die Fensterbrüstung einschließlich Seitenwandblech 30 t und der Obergurt mit dem Dach etwa 44 t statischen Druck aufgenommen haben, was in bezug auf die gleichmäßige Inanspruchnahme als sehr günstig zu bewerten ist.

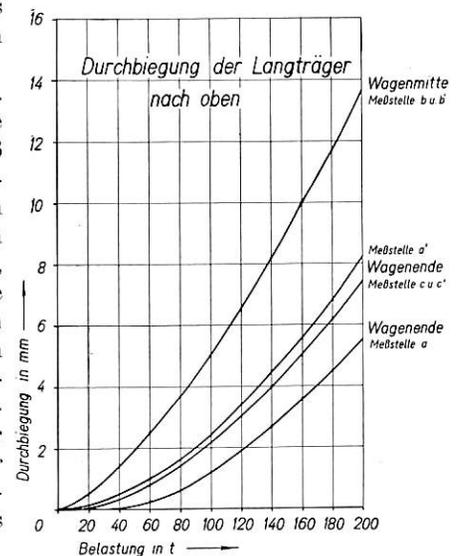
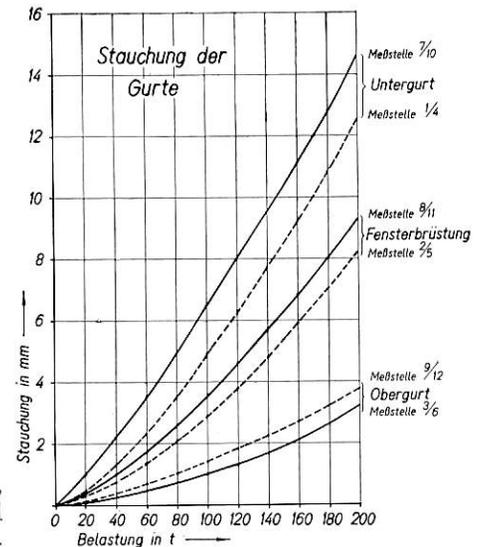


Bild 12. Druckversuch, Verkürzung des Wagenkastens, Durchbiegung der Langträger.

Der Druckversuch wurde mit einem Druck von 190 t bis zur Höchstgrenze von 200 t durchgeführt. Die Messungen zeigten, dass die Wagenkastenstruktur bei dieser Belastung elastisch verformt wurde, ohne bleibende Schäden zu erleiden. Die statische Lastverteilung war als sehr günstig zu bewerten.

Druckversuche auf den Rammvorbau.

Um die Festigkeitseigenschaften der an den Wagenenden angeordneten Rammkonstruktion zu prüfen, wurden die Wagen-

brüstung eine solche von 3,3 mm bei einem Gesamtdruck von 30 t ein. Der höchste Gesamtdruck betrug 33 t. Bei einem Druck zwischen 20 und 25 t zeigten sich im Dach des Vorbaues leichte Beulen, die sich mit zunehmendem Druck vergrößerten; außerdem verbog sich die Stirnwand etwas. Nach dem Nachlassen des Druckes gingen die Verformungen wieder fast vollkommen zurück. Ein Rammwinkel (bei Meßuhr 4) behielt leichte Verbeulungen dicht unterhalb des Druckzylinders. Der Versuch ergab somit, daß die Rammkonstruktion mehr als den gestellten Anforderungen entsprach, nach denen ein Druck von nur 30 t aufzuwenden war.

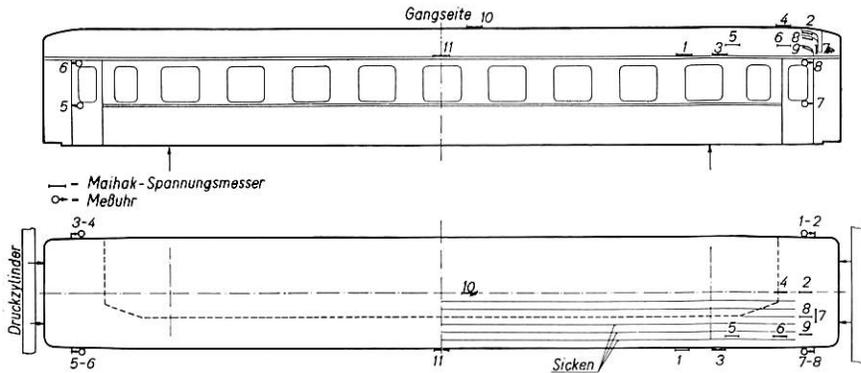


Bild 13. Meßstellen beim Druckversuch auf dem Rammvorbau.

kastenecken in Höhe des Dachlangrahmens gedrückt. Bei dem Versuch wurden die gleichen Druckrahmen mit Zubehör verwendet, wie bei den oben beschriebenen Druckversuchen am Untergestell und Wagenkasten. Der Druckrahmen wurde etwa in Höhe des Dachlangrahmens so aufgestellt, daß die Kolbenunterkante der Druckzylinder mit der Oberkante des Ausschnittes der Übergangstüre abschnitt und der Druck auf die Rammwinkel wirkte. Zwischen den Druckzylindern und den Rammwinkeln und der Unterstützung auf dem anderen Wagenende waren Balkenlagen angeordnet. Bild 13 zeigt die An-

13,5 t	entspr.	dem Gewicht der Innenausstattung.
18,5 t	"	" " " " " " + 72 Pers. (Nutzlast)
23,95 t	"	" " " " " " + 72 " + 100 v. H.
27,19 t	"	" " " " " " + 72 " + 100 v. H.
		+ 60 v. 100 Stoßzuschlag.

Sodann wurde der Wagenkasten auf 18,55 t
13,15 t
0 t entlastet.

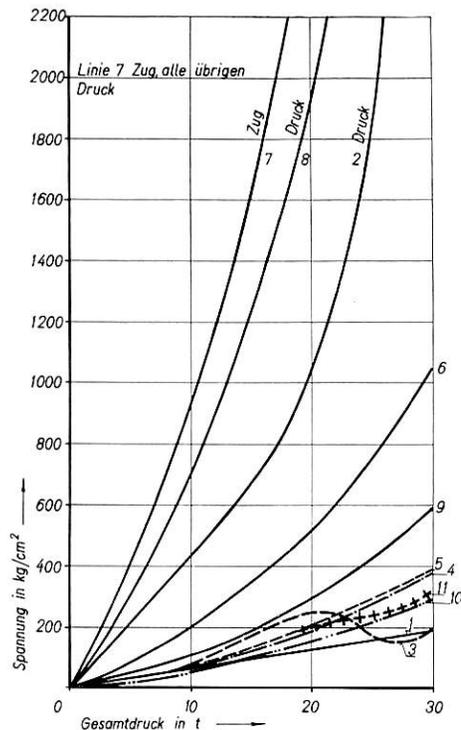


Bild 14. Spannungen beim Druckversuch auf dem Rammvorbau.

und auf den Obergurt ausbreitet. In der Mitte des Wagens ist im Dach und Obergurt nur noch eine geringe Beanspruchung vorhanden, wie aus den Werten der Spannungsmesser 10 und 11 hervorgeht. Der Druck hat sich demnach auf den ganzen Kastenquerschnitt verteilt.

Bild 15 zeigt die bei dem Druckversuch aufgetretenen Verkürzungen des Wagenkastens in Höhe des Obergurtes und der Fensterbrüstung. Im Mittel trat zwischen den Meßpunkten im Obergurt eine Verkürzung von 4,6 mm und in der Fenster-

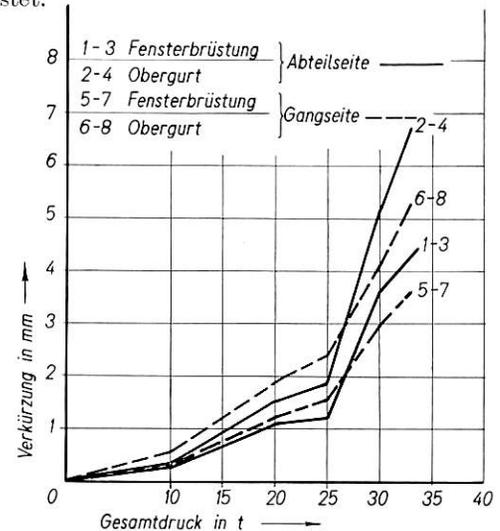


Bild 15. Verkürzung des Wagenkastens beim Druckversuch auf dem Rammvorbau.

Bild 16 gibt Aufschluß über die Anordnung der Feinmeßuhren und der Maihak-Spannungsmesser. Auf dem Bild 17 sind die gemessenen Biegelinien des Kastens und der Hauptquerträger dargestellt. Als größte Durchbiegung in der Wagenmitte ergab sich bei der Höchstlast von 27,19 t auf der Abteilseite ein Maß von 4,4 mm und auf der Gangseite von etwa 5 mm. Die Hauptquerträger bogen sich bei dieser Last um 3,8 mm und 4,2 mm durch. In Bild 18 ist das Ausweichen der Seitenwände beim Entlasten und Belasten des Wagenkastens bildlich dargestellt. Aus dieser Darstellung ist erkennbar, daß die Seitenwände in der Wagenmitte beim Belasten einander näher kommen und die zwischen den Obergurten angeordnete Strebe auf Druck beansprucht wird. Oberhalb der Hauptquerträger behalten die Wände annähernd ihre normale Stellung bei. Die Ergebnisse der Spannungsmessung sind in Bild 19 in Tabellenform dargestellt. Sie zeigen, daß stets die Richtung der Beanspruchung, nicht aber ihre Größe mit der Berechnung übereinstimmt. Aus nachfolgender Gegenüberstellung können die Unterschiede zwischen den errechneten und gemessenen Spannungen bei der Höchstbelastung ersehen werden.

Meßstellen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Errechnete Werte	+ 291	- 600	+ 297	+ 110	+ 534	- 300	+ 547	+ 264	- 370	- 170	+ 30	+ 253	- 264	- 547
Gemessene Werte	+ 163	- 19	+ 222	+ 247	+ 345	- 96	+ 107	+ 778	- 150	- 260	+ 21	+ 242	- 580	- 586

+Werte bedeuten Zug- und -Werte Druckspannungen. Eine gute Übereinstimmung ist an den Meßstellen 3, 11, 12 und 14 vorhanden. Sie scheint zu beweisen, daß die Messungen

allerdings Unterschiede vorhanden. Wie vermutet, traten an den Fensterecken hohe Spannungsspitzen auf. Beispielsweise ist die Spannung an den Ecken 13 und 14 über doppelt so hoch als am Untergurt in der Mitte des Wagens. In der Wagenmitte müßte an der Meßstelle 9 nach theoretischen Grundsätzen die höchste Biegespannung vorhanden sein, weil dieser auf dem Dach gelegene Punkt am weitesten von der neutralen Zone entfernt liegt. Die Messung ergab jedoch, daß die Spannung in der Dachhaut geringer und im Obergurt dagegen höher als angenommen ist. Nach den Meßwerten trägt das Dach nicht in dem Maße mit wie errechnet wurde, bzw. der Obergurt übernimmt die vom Dach nicht voll aufgenommenen Spannungen mit. Die festgestellten Abweichungen der gemessenen Spannungen von den errechneten können auch auf die großen Meßlängen der Maihak-Spannungsmesser zurückgeführt

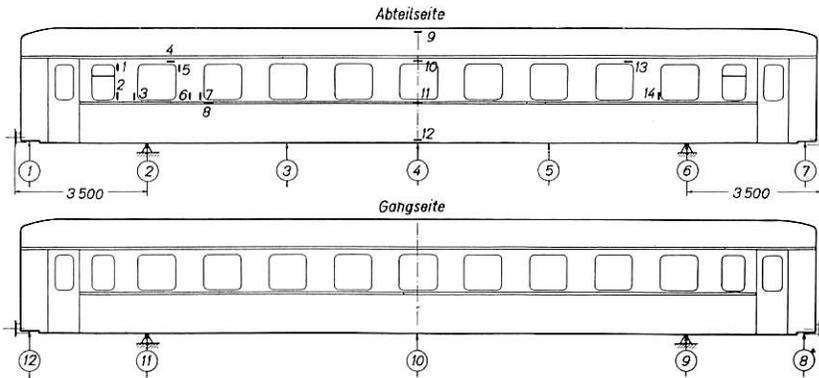


Bild 16. Belastungsversuch, Meßanordnung.

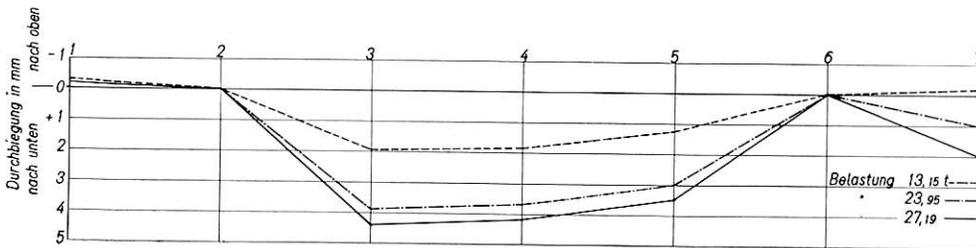


Bild 17. Belastungsversuch, Durchbiegung des Langträgers.

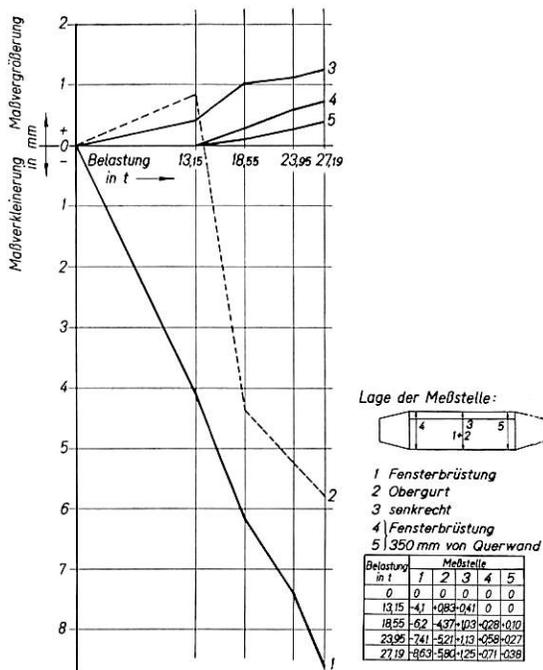


Bild 18. Ausweichen der Seitenwände beim Belastungsversuch.

angenähert die richtigen Spannungswerte ergeben haben, da an den Stellen 11 und 12 die Spannungen auch rechnerisch einwandfrei feststellbar sind. Im Bereiche der Querkräfte sind

werden. Einwandfreie Meßergebnisse können nur mit Tensometern erzielt werden, bei denen die Meßlänge höchstens 2 cm beträgt. Besonders die an den Fensterecken mit Maihak-Messern festgestellten Spannungen scheinen ungenau zu sein, weil sich in der Nähe dieser Ecken das Spannungsfeld außerordentlich veränderlich zeigt.

Schwingerversuche.

Die Ergebnisse dieser Schwingerversuche sind in Bild 20 und 21 bildlich dargestellt. Hiernach ergab sich für den leeren Wagenkasten

in lotrechter Richtung eine Eigenschwingungszahl von 13,98 Hertz, in Richtung waagrecht-quer eine solche von 12,6 Hertz. Aus den Kurven ergeben sich folgende für die Festigkeitseigenschaften des Wagenkastens maßgebende Werte.

Beim waagerechten Schwingen ist die für das dynamische Verhalten des Kastens maßgebende reduzierte Masse größer als

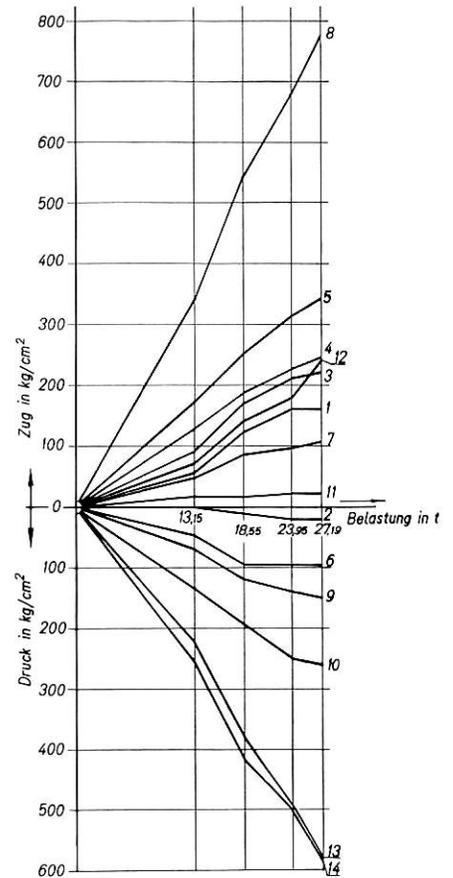


Bild 19. Spannungsverlauf beim Belastungsversuch.

Maßgebende Werte*)	Lotrecht	Waagrecht
$\vartheta = \pi \frac{f_2 - f_1}{f_1}$	0,66	0,47
$m = \frac{\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 - 1}{(f_2)^2}$	5,4	7,4
$c = m \cdot f^2 \cdot (2\pi)^2$	42 400 kg/cm	46 300 kg/cm

*) Vgl. Org. f. d. Fortschr. Eisenbahnwes. 1939, S. 387.

beim senkrechten Erregen. Der Vergleich der beiden Federkonstanten läßt erkennen, daß der Wagenkasten waagrecht-

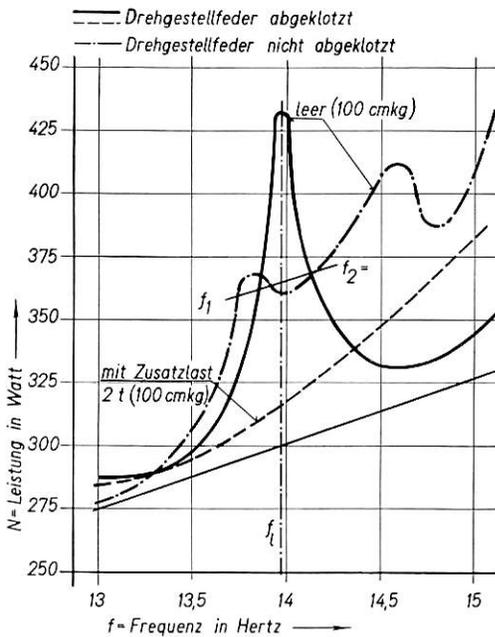


Bild 20. Schwingerversuch (lotrechte Schwingungen).

quer etwas steifer ist als senkrecht. Die erreichten Schwingungszahlen sind günstiger als die der bisherigen Fahrzeuge.

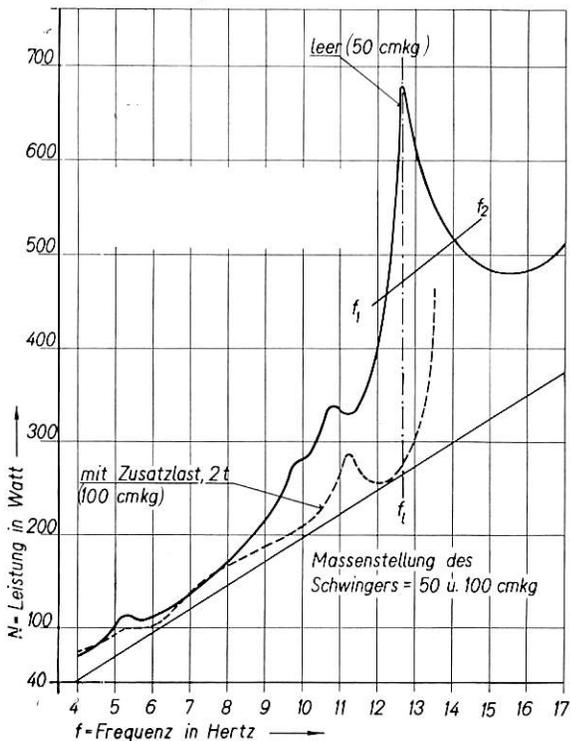


Bild 21. Schwingerversuch (waagrecht-quer Schwingungen).

Durch Laufversuche wurde festgestellt, daß die Laufeigenschaften der Versuchswagen einwandfrei waren. In senkrechter Richtung wurden keine, die Fahrgäste in irgendeiner Weise störende, Durchbiegungsschwingungen festgestellt. Ebenso waren keine Längsschwingungen spürbar. Auch waagrecht-quer zur Wagenlängsachse sind keine nennenswerten Schwingungen festgestellt worden.

Innenausstattung.

Da die Innenausstattung einschließlich Heizung und Beleuchtung den weitaus größten Teil des Gesamtwagen Gewichtes beansprucht, bestand besondere Veranlassung, auch alle Einzelteile der Innenausstattung auf die Möglichkeit der Gewichtseinsparung zu untersuchen. Auch für diese gelten die Grundsätze der Leichtbautechnik, durch Formgebung, Beschränkung der Querschnitte der kräfteaufnehmenden Bauteile auf das notwendige Maß, in Verbindung mit einer zweckentsprechenden Baustoffwahl (möglichst Verwendung von Baustoffen mit geringem spezifischen Gewicht), ein Minimum an Gewicht zu erzielen. Die Lösung dieser Aufgabe ist um so leichter, als die Teile der Innenausstattung meist nur auf Biegung, dagegen weniger auf Druck, vor allem aber nicht durch den Pufferstoß beansprucht werden und weil sie nicht in so hohem Maß unter der Einwirkung der Feuchtigkeit leiden, wie die tragenden Bauteile. Daß eine solche systematische und peinlich genaue Gewichtsuntersuchung zu großen Erfolgen führen wird, lehrten die bei Triebwagen gemachten Erfahrungen, bei denen seit Jahren im großen Umfang Baustoffe mit geringem spezifischem Gewicht, nämlich Leichtmetall und Kunstharzstoffe, verwendet wurden. Ausreichende Betriebserfahrungen wurden mit Leichtmetallkonstruktionsteilen an den im Jahre 1934 der MAN Nürnberg in Auftrag gegebenen zweiachsigen Hydronalium-Triebwagen, die vom Verfasser in der Zeitschrift des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen, Jahrgang 1938 Heft 28, eingehend beschrieben wurden, gesammelt. Bei diesen unter Mitwirkung der IG.-Farbenindustrie, Bitterfeld, entwickelten Leichtmetalltriebwagen wurden nicht nur für die tragenden Bauteile (Wagenkasten und Untergestell einschließlich Wellblechfußboden), sondern auch für den größten Teil der gesamten Inneneinrichtung wie Wandverkleidung, Sitzgestelle, Wasserkästen, Schränke, Heizung, Teile der Zug- und Stoßvorrichtungen, Einstiegtüren neben den bisher üblichen schon aus Leichtmetall hergestellten Beschlagteilen, Aluminium-Magnesiumlegierungen oder Elektron verwendet. Bei diesen Wagen wurde gegenüber Stahlwagen eine Gewichtsersparnis von 43 vH. erzielt. Bei der konstruktiven Entwicklung der Inneneinrichtung der Versuchs-D-Zugwagen brauchten daher nur die bei diesen Triebwagen verwendeten Leichtmetallteile und die damit gemachten Betriebserfahrungen übernommen zu werden. Wegen ihres außerordentlich geringen spezifischen Gewichtes von 1,5 und ihrer Korrosionsbeständigkeit haben bei Triebwagen seit langer Zeit außerdem Schilder und sonstige Einzelteile aus Kunstharz Verwendung gefunden.

Bei den Bauteilen der Inneneinrichtung wurde vorgeschrieben, bei jedem Einzelteil jedes überflüssige Gewicht unbedingt zu vermeiden, auch wenn dadurch im Einzelfall bisher genormte Teile betroffen, oder sich zunächst höhere Kosten ergeben würden.

Beim Entwurf und der Ausführung der Innenausstattung wurde größter Wert auf eine moderne Raumgestaltung gelegt. Es mußte besonders darauf Rücksicht genommen werden, daß auch bei der nicht selten schonungslosen Behandlung durch das Publikum das Aussehen der Fahrgasträume nicht stark leidet. Die Raumgestaltung mußte vor allen Dingen durch Vermeidung von Schmutzecken und von Stützen auf dem Fußboden auch eine rasche und leichte Reinigung zulassen.

Zu diesem Zwecke wurden alle Wände vollkommen glatt ausgeführt. Um Staubablagerungen nach Möglichkeit zu vermeiden, ist auf Deck- und Zierstäbe und sonstige vorspringende Absätze weitgehend verzichtet worden. Es war ferner darauf Bedacht zu nehmen, daß alle im Betriebe zu bedienenden Teile leicht zugänglich sind. Die Innenausstattung mußte so ausgebildet werden, daß ihre Haltbarkeit gegenüber bisherigen Bauarten nicht verkürzt wurde. So wurde z. B. die Stärke der Sperrholzplatten in der gleichen Weise wie bei den bisherigen C4ü-Wagen mit 6 mm gewählt, damit die Platten öfters abgezogen werden können und nicht schon nach kurzer Betriebsdauer erneuert werden müssen. Aus diesem Grunde wurden auch geringere Holzstärken als bisher üblich grundsätzlich nicht zugelassen.

Fußboden.

Das beim Kastengerippe näher beschriebene Fußbodenwellblech bildet die Grundlage des Fußbodens. Der Fußbodenbelag besteht aus 10 mm starkem, wasserfest verleimtem Sperrholz mit aufgeklebtem 3 mm-Linoleumbelag. Der Zwischenraum zwischen Holz und Wellblechboden wurde mit bitumengetränktem expandiertem Korkschat und einer Korkplattenzwischenlage ausgefüllt. Hierdurch wird ein guter Wärmeschutz und eine hinreichende Schalldämpfung erzielt. Einschließlich des Linoleumbelags beträgt die gesamte Fußbodenstärke 48 mm. Zur Befestigung der Abteilwände sind im Fußboden entsprechende Futterhölzer vorgesehen.

Seitenwand.

Die Innenverschalung der Abteilseitenwände (Außenwände) besteht aus 6 mm starkem Sperrholz, das bis zu einer Höhe von 1800 mm über Oberkante Fußbodenlinoleum in einer Ebene durchgeführt ist. Das untere Ende der Sperrholzverkleidung liegt 285 mm über Fußbodenoberkante. In diesem Bereich wird die Innenwand durch eine 20 mm zurückliegende Wärmeschutzplatte wegen der davorliegenden Heizleitungen gebildet. Oberhalb der Sperrholzverkleidung läuft ein 1800 mm hoher Fries, der an der Seitenwand um 6 mm vorspringt. Er schließt oben mit einer 10 mm breiten Leiste ab, in die die Innendecke des Abteils einläuft und in die der Fries eingesteckt wird. Der über dem Fenster angeordnete 1204 mm breite Fries ist durch zwei Gewindeschrauben befestigt und daher leicht abnehmbar. In diesem Bereich deckt der Fries den dahinterliegenden Springroller ab, der auf diese Weise gut zugänglich ist. Über Fenstermitte ist, teilweise eingelassen, der aus Preßstoff hergestellte Notbremszugkasten angeordnet. Notbremszugkästen aus Preßstoff sind nicht nur leichter als die früher aus Gußeisen, Rotguß oder Leichtmetall hergestellten Kästen, sondern sie sind auch keiner Korrosionsgefahr ausgesetzt. Auf den Notbremszugkasten ist das aus Resopal bestehende Notbremsschild aufgeschraubt. Zu beiden Seiten des Notbremszugkastens sind die Lüftungsklappen für die Frischluftzufuhr angeordnet. Jede Lüftungsklappe ist in einem Lüftungskasten aus Elektronguß gelagert, der zwischen Innenverschalung und Außenwand so eingebaut ist, daß Regenwasser nicht eindringen kann. Die Lüftungsausschnitte in der Seitenwand werden durch den in ausreichendem Abstand angeordneten Steg der Regenrinne verdeckt, so daß das äußere Wagenbild nicht wie bei früheren Bauweisen durch die Lüftungsausschnitte beeinträchtigt wird. Der Regenrinnensteg schützt auch gegen das unmittelbare Eindringen von Regenwasser in den Lüftungsschacht, besonders bei Regenschauern (vergl. Bild 22). Im Bereich des Außenfensters ist die Innenverschalung rechteckig 1130 mm breit und 1036 mm hoch ausgeschnitten. In diesen rechteckigen Ausschnitt ist die Fenstereinfassung eingesetzt, die gegenüber der Seitenwand um 27 mm zurückspringt. Die inneren Ecken der Fenstereinfassung sind mit einem Halbmesser von 100 mm abgerundet, so daß die Reini-

gung der Fensterecken ohne größeren Zeitaufwand durchgeführt werden kann. Fenstereinfassungen aus Holz sind in der Regel so ausgeführt, daß der lotrechte Rahmenteil mit seinem Hirnholz stumpf gegen das untenliegende waagerechte Rahmenteil stößt. An den Stoßstellen der Ecken sammelt sich aber nicht nur Schmutz, sondern auch Schwitzwasser, das trotz des äußeren wasserabweisenden Lackschutzes von dem Hirnholz angesaugt wird und das nach mehr oder weniger langer Zeit die Zerstörung der Einfassung einleitet.

Die Führungsschienen des Rollvorhangs sind außerhalb der Fenstereinfassung in die Seitenwandinnenverschalung eingelassen und bis zum Fenstertischchen heruntergeführt, damit der Rollvorhang über die Unterkante des 1000 mm breiten Fensters heruntergezogen werden kann. Auf beiden

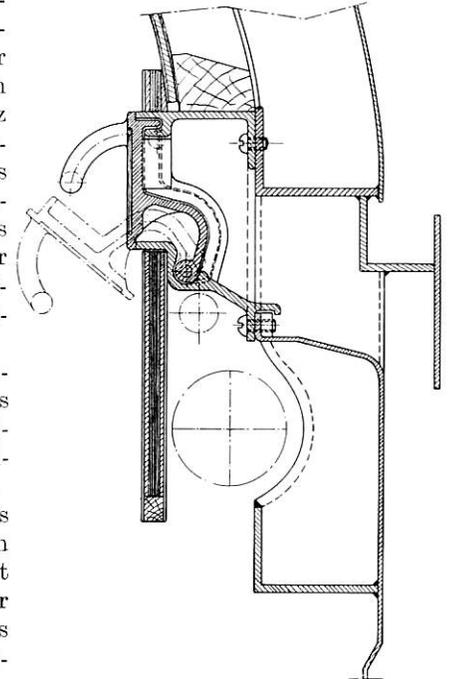


Bild 22. Lüftungsklappe.

Seiten der Fenstereinfassung sind die aus Leichtmetall hergestellten Führungsschienen für den an kalten Tagen benötigten Fenstermantel angebracht. Die mit zwei Gewindeschrauben befestigten Führungsschienen können im Sommer

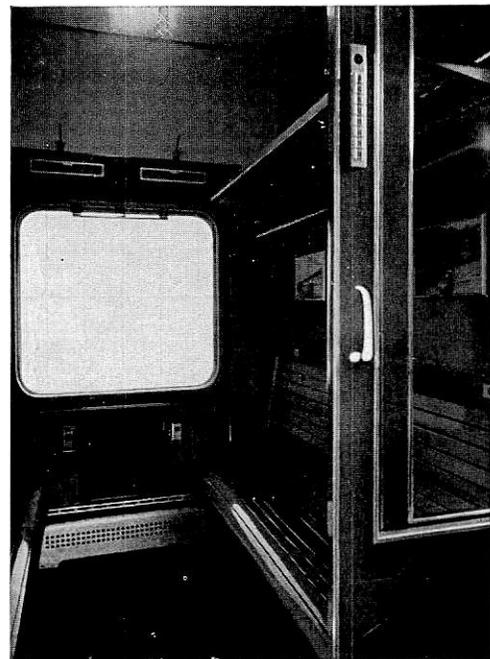


Bild 23. Blick auf die Seitenwand.

abgenommen werden; die Gewindelöcher werden dabei durch Blindschrauben geschlossen. Durch den davorliegenden Fenstermantel wird die Betätigung des Springrollers nicht behindert.

Unter dem Fenster ist in einer Höhe von etwa 720 mm über Fußbodenoberkante ein Fenstertisch angeordnet, der aus einem 108 mm tiefen, festen Teil und aus einer 400 mm

breiten, klappbaren Tischplatte besteht. Der feste Teil mit einer Gesamtlänge von 1200 mm liegt mit seinen beiden Enden je 250 mm oberhalb der Sitzbänke. Die Enden dienen, da sie etwa mit je einer Länge von 250 mm über den Sitzbänken liegen, gleichzeitig als bequeme Armlehnen. Das Gelenkband der Tischplatte liegt nicht in einer Flucht mit der äußeren Kante des festen Tischeiles; es ist vielmehr 51 mm gegen die Seitenwand versetzt angeordnet, so daß der Fenstertisch beim Hochklappen 51 mm über dem festen Tischteil liegt. Im herabgeklappten Zustand bildet daher der Fenstertisch mit den seitlichen festen Teilen eine ebene Fläche. Der Wintervorhang liegt im zusammengefalteten Zustand hinter dem Fenstertisch, so daß die Tischfläche stets frei liegt. Die Oberfläche des

körpersverschaltung liegt und dessen innerer Gehäusedeckel auf der Seitenwandverschaltung mit vier Schrauben befestigt ist. Durch diese Anordnung wird ein beachtlicher Vorteil erreicht, und zwar, daß sich sämtliche Konstruktionsteile bei geschlossener Fensterstellung nicht nur oberhalb der Fußbodenoberkante sondern sogar noch oberhalb der Heizkörperverkleidung befinden; auch bei geöffnetem Fenster reichen keine Bauteile bis zur Fußbodenoberkante hinab. Bei abgenommener Klappe und abgeschraubtem Gehäusedeckel kann der Uerdinger Fensterheber ein- und ausgebaut werden. Ein einwandfreier Fensterheber muß die Bedingung erfüllen, daß durch ihn das Fenster in jeder Stellung, auch bei den während der Fahrt auftretenden Stößen im Gleichgewicht gehalten wird. Die vertikal

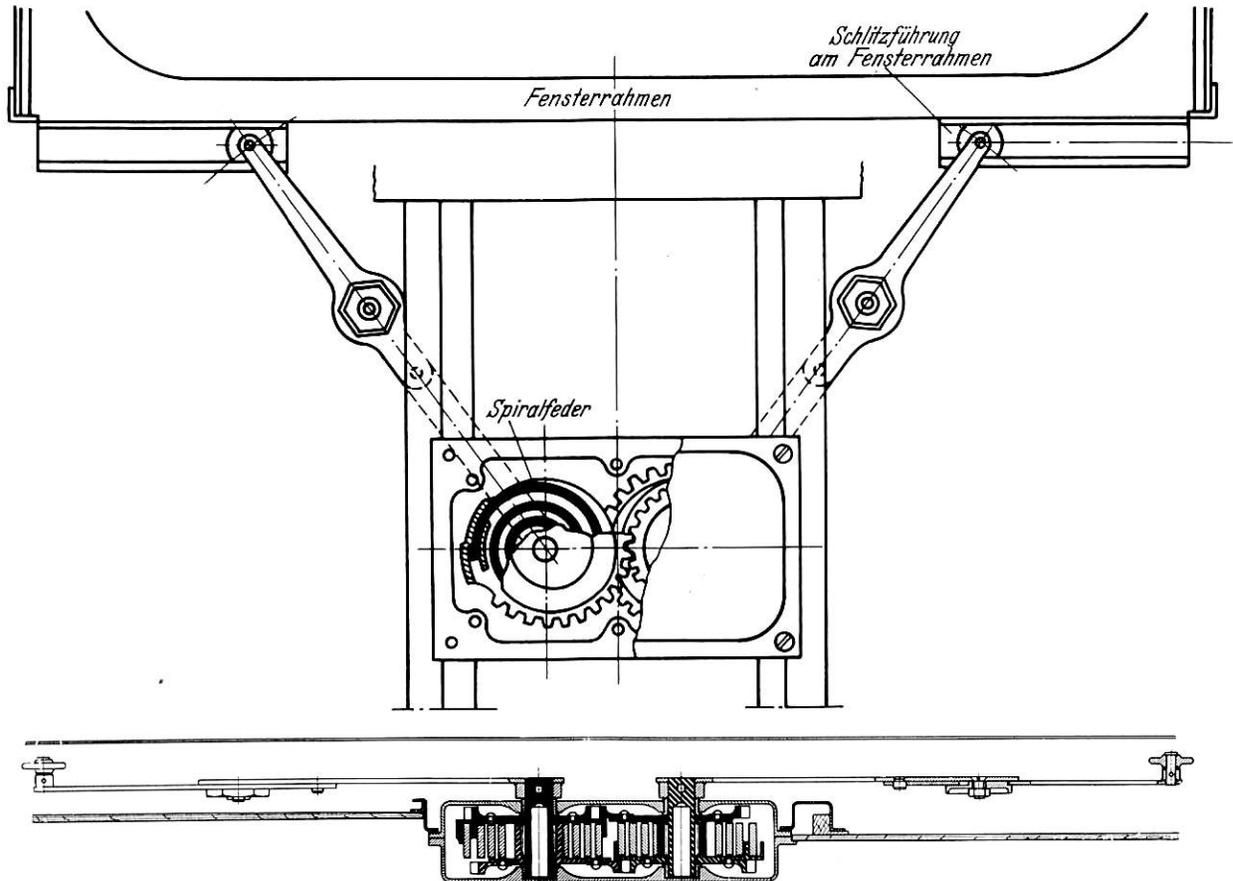


Bild 24. Fensterheber, Bauart Uerdingen.

Klapptisches ist mit 1,5 mm starkem grauem Linoleum belegt. Bei der Fenstertischanordnung wurde besonders darauf geachtet, daß Mulden vermieden werden, in denen sich sonst Schmutz ablagert. Als Stütze für den Klapptisch wurde ein Schwenkarm in leichter Ausführung verwendet. Zu beiden Seiten des Klapptisches ist in das Festteil je ein Aschenbecher eingelassen. Unterhalb des Fenstertisches ist eine 1130 mm breite und 197 mm hohe mit Leichtmetalleisten eingefasste Klappe angeordnet, die mit ihrer unteren Längskante in die Seitenwand eingesteckt und oben durch zwei Vierkantriegel festgehalten wird. Durch diese Einrichtung werden die hinter der Klappe liegenden Fensterheber leicht zugänglich gemacht.

Bei den bisher verwendeten Fensterhebern mit Gewichtsausgleich liegt die unterste Kante der Hebevorrichtung meist unterhalb der Fußbodenoberkante. Der durch die Außenwand und die Innenwand gebildete Fensterschacht setzt sich somit unterhalb der Fußbodenkante fort und bildet eine mehr oder minder tiefe Mulde. Bei dem Uerdinger Fensterheber ist der Fensterheberantrieb in einem zweiteiligen Elektrongußgehäuse untergebracht, das zwischen Fensterheberklappe und Heiz-

nach oben wirkende Kraft eines Fensterhebers wird dabei gleich dem Fenstergewicht angenommen, während die Fahrstöße von der Bremskraft der bremsenden Fensterrahmen aufgenommen werden. Durch Verwendung von Zahnrädern mit stetig veränderlichen Teilkreisdurchmessern erfüllt der Uerdinger Fensterausgleich diese Bedingung. Die Zahnräder sind je in Zahnkranz und Radkörper unterteilt. Die Verbindung der beiden Teile erfolgt durch Nietung. Die Zahnkränze selbst sind kreisrund und mit normaler Verzahnung ausgeführt. Die für die Drehmomenteangleichung erforderliche Exzentrizität der Zahnräder ist durch Verlegung des Mittelpunktes vom Wellenmittelpunkt am Radkörper erreicht. Die dabei auftretenden kleinen Fehler in den Längen der verschiedenen Teilkreisradien sind so gering, daß dieselben praktisch nicht in Erscheinung treten. Diese Teilung der Zahnräder hat die weiteren Vorteile, daß eine Auswechslung des einen oder anderen Teils ohne großen Kostenaufwand möglich ist und daß für den Zahnkranz mit Rücksicht auf den Verschleiß Material mit höheren Gütewerten als für den Radkörper verwendet werden konnte.

Die vier Zahnräder, welche paarweise gleich sind, sind derart in dem Gehäuse gelagert, daß jeweils ein kleines Rad mit einem großen Rad im Eingriff steht. Die kleinen Räder stehen in unmittelbarer Verbindung mit den Traghebeln, während die großen Räder als Losräder auf den Festradachsen gelagert sind. Zwischen jedes Räderpaar ist eine Spiralfeder von 25×7 mm Querschnitt eingeschaltet, welche allen Rädern ein gleiches Drehmoment übermittelt. Die Abstützung der sich aus diesen Drehmomenten ergebenden Kräfte an den Zahnrädern erfolgt jeweils in den Berührungspunkten der Zähne der beiden im Eingriff stehenden großen und kleinen Zahnräder. Infolge der unterschiedlichen Radien fallen auch die Zahndruckkräfte verschieden groß aus, wobei die Richtung der Kräfte entsprechend dem Drehsinn der Zahnräder entgegengesetzt ist. Die sich daraus ergebende Differenzkraft, welche an dem fest mit dem Traghebel verbundenen Zahnrad wirkt, gleicht das Drehmoment aus, welches durch die Fensterlast über die Lenkhebel in das kleine Zahnrad eingeleitet wird.

Die Traghebel sind an ihrem oberen Ende mit je einer Laufrolle versehen, welche, in den am unteren Fensterrahmen befestigten Rollenführungen laufend, das Fenster abstützen. Ungleiche Rollendrucke, welche durch Ungenauigkeiten beim Einbau des Fensterhebers hervorgerufen werden, können durch eine an jedem Lenkhebel angebrachte Nachstellvorrichtung behoben werden. Diese Nachstellung erfolgt in einfachster Weise durch Einknicken des zweiteiligen Lenkhebels um einen in der Mitte des Hebels befindlichen Drehpunkt. Dadurch wird die Rolle entweder gehoben oder gesenkt. Die gewünschte Stellung wird sodann mittels einer Schraube festgestellt. Zwecks feinerer Einstellung ist diese Nachstellvorrichtung mit einer exzentrisch ausgebildeten Scheibe versehen, wodurch jede gewünschte Stellung der Laufrolle herbeigeführt werden kann. Das Gewicht des Fensterhebers beträgt 8 kg gegenüber etwa 14 kg des bisher gebräuchlichen Fensterausgleiches.

Seitenwandfenster.

Die Rahmen der 1000 mm breiten Fenster sind aus gezogenem Pantalhohlprofil hergestellt und mit den eingesetzten abgerundeten Fensterecken in bekannter Weise durch Nietung bzw. Verschraubung verbunden. Die sichtbaren Flächen des Rahmens sind poliert. Der zum Öffnen und Schließen des Fensters dienende Handgriff ist in die obere Fensterrahmenseite eingelassen. Die 4 mm starken Spiegelglasscheiben, deren Stärke für 1000 mm breite gerahmte Fenster ausreichend ist, sind in der üblichen Weise mittels Gummi in die Rahmen eingelegt. Als Fensterführung und -dichtung ist, wie bereits erwähnt, eine Konstruktion geschaffen, welche sich sinngemäß der Wirkungsweise des neuen Fensterhebers angleicht, also eine über den gesamten Fensterhub gleichbleibende Reibungskraft zwischen dem Fenster und Fensterführung gewährleistet. Die Laufbahn des Fensterrahmens besteht aus zwei Preßstoffwinkeln, zwischen deren Schenkel das Fenster gleitet. Seitlich sind über die gesamte Höhe durchgehende Dichtungsleisten aus Leichtmetall eingelassen, welche mittels unterlegter Druckfeder die Abdichtung zwischen Fensterrahmen und Laufbahnwinkel herbeiführen. Die sich dabei ergebenden Reibungsdrücke sind in allen Fensterstellungen gleich, da die Dichtungsleiste immer die gleiche Stellung zum Fensterrahmen einnimmt. Die oberen und unteren Fensterkanten werden durch federnde Gummistreifen abgedichtet. Der Hub des Fensters ist durch zwei seitlich angeordnete Gummipuffer, auf welche das Fenster mit den seitlichen Rahmenteilen aufstößt, begrenzt.

Heizkörperverkleidung.

Unterhalb des Elektrongußgehäuses ist die aus 2 mm starkem und 800 mm langem Pantalblech bestehende Heizkörperverkleidung angeordnet, deren Unterkante 50 mm über Fußbodenoberkante liegt. Der Querschnitt der Heizkörper-

verkleidung ist treppenförmig ausgebildet, wobei die an der Seitenwand anliegende obere Stufe eine Tiefe von 22 mm besitzt. In der oberen Stufe ist eine Reihe, in der unteren Stufe sind drei Reihen quadratischer Löcher ausgeschnitten. Durch die getroffene Anordnung wird eine kaminartige Wirkung erreicht und vermieden, daß an irgend einer Stelle ein Wärmestau eintritt. Die Heizkörperverkleidung ist hochglanzpoliert; sie wird mit Gewindeschrauben an zwei Stützen befestigt, die ihrerseits mit der Seitenwand und dem Fußboden verschraubt und durch einen Steg verbunden sind, der das Reglerventil der Dampfheizung trägt. Dieses Reglerventil wird durch Abschrauben des Verkleidungsbleches freigelegt. Im Bereiche der Heizkörperverkleidung ist die Seitenwand durch eine 6 mm starke Wärmeschutzplatte abgedeckt.

Abteilmittelschicht.

Die Abteilmittelschichten bestehen aus 18 mm starken, blockverleimten Sperrholzplatten mit Kieferholzfüllungen. Des bequemeren Einbaues wegen wird die Mittelschicht in zwei Hälften gefertigt, die beim Einbau durch die senkrecht verlaufende Nut und Feder miteinander verleimt werden. Oberhalb der Rückenlehnen der Abteilmittelschicht ist auf die Mittelschicht beiderseits eine 6 mm starke, bis zur Abteilmittelschicht reichende polierte Sperrholzplatte aus Eiche aufgelegt, die durch Deckstäbe festgehalten wird. Die polierten Sperrholzaufgaben wurden im Gegensatz zu früheren Ausführungen bis zur Decke hinauf hochgeführt, weil durch diese Anordnung auf horizontale Deckstäbe verzichtet werden konnte, auf denen sich erfahrungsgemäß Staub ablagert. Der Furnierlack ist außerdem kratzfester als der im oberen Teil der Mittelschicht bisher übliche weiße Ölfarbenanstrich; außerdem wirken Verkratzungen und Verschmutzungen durch Koffer nicht so auffallend. Bei der Ausbildung der Abteilmittelschichten hätte noch weiter Gewicht gespart werden können, wenn man auf die leicht herausnehmbaren Sperrholzaufgaben verzichtet und der Mittelschichtsperrholzplatte nur eine Bearbeitungszugabe zugeschlagen hätte. Bekanntlich ist es schwierig und zeitraubend die senkrechten Mittelschichten im eingebauten Zustand nachzupolieren. Beim Herausnehmen fester polierter Mittelschichten müssen jedoch auch die Abteilmittelschicht und die Abteilmittelschicht ausgebaut werden. Um diese Nachteile zu vermeiden wurde der Gewichtsnachteil der oben beschriebenen Anordnung in Kauf genommen und an dem Grundsatz festgehalten, daß durch den Leichtbau keine Nachteile in der Unterhaltung der Fahrzeuge eintreten dürfen.

An den Abteilmittelschichten sind in einer Höhe von 1810 mm über Fußbodenoberkante die Gepäck- und Schirmnetze mittels Senkschraubenbolzen und als Muttern ausgebildete Senkbolzen mit Innengewinde angeschraubt. Gepäcknetz und Schirmnetz sind vollständig voneinander getrennt. Die Netzgestelle bestehen mit Rücksicht auf die Beanspruchungen aus gepreßtem poliertem Pantal nach dem Entwurf der Vereinigten Leichtmetallwerke in Hannover. Grundsätzlich wurden stark beanspruchte Leichtmetalle wie Gepäcknetzträger, Huthaken und ähnliches zur Erhöhung ihrer Festigkeitseigenschaften gepreßt. Gegossene Leichtmetallteile haben neben geringerer Festigkeit den Nachteil, daß die Gefahr der Lunkenbildung besteht und die Oberfläche vielfach porös ist. Bei dem Entwurf der Gepäcknetzträger wurde besonders darauf geachtet, daß alle Teile möglichst glatt sind und Staubablagerungsstellen vermieden und der Baustoff auf das notwendige Maß beschränkt wurden. Jedes Netzgestell besteht daher aus zwei Endkonsolen und nur einer Mittelkonsole; es wurde also eine Mittelkonsole eingespart. Die Konsolen sind vorn durch einen rechteckigen Hohlstab und hinten durch einen Flachstab in Hohlkehlform verbunden. Für die Netze wurde ein Schnurgeflecht verwendet. Als Wandschutz dient ein die oberen Enden der Gepäcknetzkonsolen verbindender

U-förmiger Pantalstab, dem in einem Abstand von 100 mm ein weiterer, an der Zwischenwand befestigter Schutzstab zugefügt ist. Die über jedem Sitz angeordneten Mantelhaken sind nicht an der Schirmnetzkonsole, sondern jeder für sich an der Wand befestigt.

An einer Zwischenwand sind zwei Bilder mit Leichtmetallrahmen in 230×350 mm Größe in der üblichen Weise befestigt. Zwischen diesen Bildern sitzt der Wärmefühler (Regelbauart). An der gegenüberliegenden Abteilquerwand ist ein ebenfalls in Leichtmetall gerahmter Wandspiegel in gleicher Größe wie die Bilder angeordnet. Über der Mitte eines jeden Sitzes ist ein aus Resopal (Kunstharzstoff) hergestelltes Platznummernschild aufgeschraubt. Vier Versuchswagen wurden mit Holzbänken, ein Versuchswagen mit gepolsterten Bänken ausgerüstet. Die Form der Sitzbänke, ihre Sitztiefe und -höhe und die Höhe der Rücklehnen wurde in der bisherigen Ausführung beibehalten. Die Sitzlatten aus naturpoliertem Eschenholz wurden mit 10 mm, die Latten der Rücklehnen mit 8 mm Stärke ausgeführt. Die Sitzschwingen der Bänke ruhen auf fünf an den Abteil-

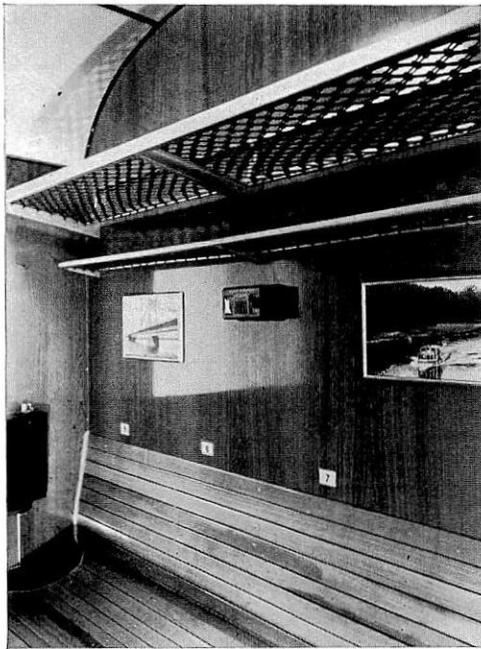


Bild 25. Blick ins Abteil.

querwänden befestigten Konsolen. Jede Konsole besteht aus zusammengeschweißten Mannstaedt-Profilwinkeln $40 \times 25 \times 2$ mm, deren unterste Kante noch 130 mm über Fußbodenoberkante liegt. An den Längswänden sind die Sitzbänke mittels kurzer Leichtmetallwinkel und Holzschrauben befestigt. Auf diese Weise konnte auf ein besonderes Sitzgestell mit Füßen verzichtet werden. Die Konsolen sind in ihrem unteren Teil durch ein mit einer Wärmeschutzplatte beschlagenem Wärmeleitblech abgedeckt, an dem die elektrischen Heizkörper aufgehängt wurden. Der Fußboden unter den Sitzbänken ist daher vollkommen frei, ohne Schmutzwinkel und kann leicht gereinigt werden.

Abteil-Innendecke.

Die aus drei Teilen zusammengesetzte, korbogenförmig gewölbte Innendecke besteht aus 4 mm starkem Sperrholz. Die in Wagenlängsrichtung verlaufenden Teilfugen werden durch polierte Eichendeckstäbe, die Stöße an den Abteilzwischenwänden durch schmale, polierte Dreieckleisten abgedeckt. An der Seitengangwand ist die Decke mit einer 10 mm starken Abschlußleiste verleimt. Diese Leiste wird mit der Seitengangwand verschraubt. Die Decke ist bis zum Einlauf in die Seiten-

wand weiß lackiert. Die Abteildecke ist durch eine glatte Alfolauflage und zwei Lagen geknittertes Alfol gegen Wärme- ein- oder -Ausstrahlung geschützt. Aluminiumfolie ist wegen ihres geringen Gewichtes für die Wagenkastenisolierung besonders geeignet; sie hat sich seit Jahren in Kühlwagen bestens bewährt. An der Seiten- und Gangwand sind je zwei gepreßte Huthaken aus Pantal angeordnet.

In der Mitte der Abteildecke wurde ein neuartiger Beleuchtungskörper (Zeiss-Ikanleuchte WOR 1) angeordnet, in dem sowohl die beiden Opalglühlampen 40 W/24 V wie auch die Blaulichtlampe zusammengefaßt sind. Dieser Beleuchtungskörper ist in die Decke eingebaut und damit praktisch jeder

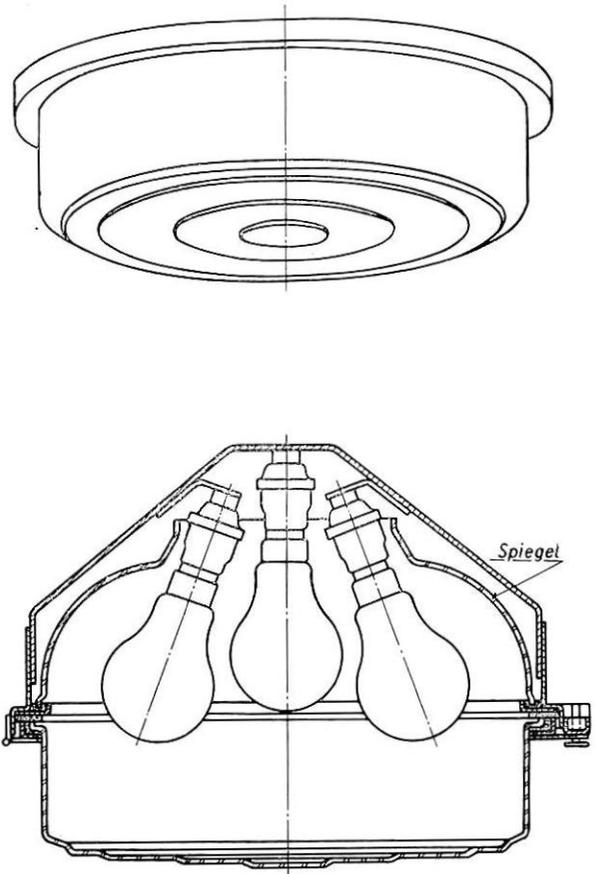


Bild 26. Abteil-Beleuchtungskörper.

Stoßverletzung entzogen. Zur Ausnützung des Lichtstromes dieser Lampen einerseits, zum anderen zur Herstellung einer bandförmigen Lichtverteilung auf der Meßebebene entsprechend der rechteckigen Form des Wagenabteils zwischen den Sitzbänken, werden die Glühlampen von einem nicht-rotations-symmetrischen Spiegel umgeben. Dadurch wird auf allen Plätzen im Abteil praktisch eine gleichmäßige Lichtverteilung erreicht und dabei die Beleuchtungsstärke wesentlich verbessert. Um jede Blendung auszuschließen und dabei auch die Decke noch gut aufzuhellen, wird unmittelbar unter der Abteildeckenfläche eine Abschlußglocke in runder, zylindrischer Form nach Bild 26 angebracht, deren senkrechte Oberteile aus gut streuendem Opalglas mit geringerem Absorptionsverlust besteht. Dadurch wird erreicht, daß das nach unten fallende Licht möglichst ungeschwächt bleibt, andererseits aber der Einblick in die Leuchte durch den Opalteil herabgesetzt wird. Die Abschlußglocke wird durch einen schmalen Metallring befestigt, der unmittelbar unter der Decke sitzt und aus Pantal hergestellt wird, während alle übrigen Metallteile der Leuchte und die Staabdichtung aus Aluminium bestehen. Der Beleuchtungs-

körper ist gegenüber dem Abteilraum vollkommen staubdicht abgekapselt.

Lüftung.

Zu beiden Seiten der Deckenlampe sind je fünf Lüftungsschlitze vorgesehen. Die Schlitze sind mit schmalen Leichtmetallstreifen eingefasst und stellen die Verbindung des Wagennennens mit dem auf dem Dach in Wagenlängsrichtung über jedem Abteil angeordneten Kuckucklüfter aus Leichtmetall her. Kuckucklüfter aus Leichtmetall wurden verwendet, weil sie für Wagen mit hoher Fahrgeschwindigkeit bei ausreichender Saugleistung das geringste Gewicht und den kleinsten Luftwiderstand aufweisen. Der zwischen der Doppeldecke eingebaute Lüftungskasten ist ebenfalls aus Leichtmetall hergestellt; er ist mit Klappen zum Öffnen und Schließen der Lüftung ausgestattet. Die Klappen werden mittels Bowdenzug durch den an der Innendecke über Mitte Abteiltür angeordneten Betätigungsgriff aus elfenbeinfarbigem Kunststoff betätigt.

Seitengangwand.

Die aus einem Eichenrahmen mit Kiefernholzfüllung und beiderseits aufgeleimtem Eichenfurnier bestehende Seitengangwand ist 20 mm stark. Auf der Gangseite ist die Wand unterhalb der Fensterbrüstung mit 1,5 mm starkem grauem Linoleum bekleidet. In diesem Bereich werden die Seitenwände durch die Gepäckstücke der vorbeigehenden Fahrgäste beschädigt. Polierte Furniere haben sich, weil sie besonders empfindlich sind, für Wandverkleidungen an solchen Stellen nicht bewährt. Von allen Werkstoffen ist hierfür Linoleum oder das aus Kunstharzstoffen hergestellte Mipolam am geeignetsten, weil Verschmutzungen leicht entfernt werden können und Kratzstellen weniger auffallen. Tür- und Fensterausschnitte sind mit schmalen Leichtmetallprofilen eingerahmt. Diese Leichtmetallprofile erhöhen die Wandsteifigkeit. In die senkrechten Einpaßprofile der Seitengangfenster der Abteile sind gleichzeitig die Führungen der Rollvorhänge eingelassen, so daß die bisher üblichen, auf der Wand aufgesetzten besonderen Führungen entfallen konnten. Die Rollvorhänge wurden durch den oberen Querriegel der Seitengangwand hindurchgeführt, die Springroller sind unsichtbar hinter der Abteildecke angeordnet. Bei den bisherigen Bauweisen war über den Fenstern meist ein Springrollerkasten auf die Wand aufgesetzt, der neben seinem zusätzlichen Gewicht den Nachteil besaß, daß sich auf ihm Staub ablagern konnte. Die Fenster der Gangwand und Abteiltüren sind mit 4 mm starkem Spiegelglas verglast. An den beiden Türsäulen der Gangwand werden die Abteiltüren durch Gummiprofile abgedichtet. Der Gummi für die hintere Türdichtung ist in das Leichtmetallprofil der Türausschnitteinfassung eingelassen. Die vordere Türdichtung besteht aus einem Gummihohlprofil, das auf die Wand aufgesetzt und mit einer Holzleiste abgedeckt ist. Diese Leiste deckt gleichzeitig den in die Wand eingelassenen Kabelkanal für den Lichtschalter ab. An jedem Sitz an der Gangseite ist eine Armlehne aus Eichenholz mit zwei Leichtmetallkonsolen in bequemer Höhe und je ein Aschenbecher angebracht.

Abteilschiebetür.

Die Abteilschiebetür mit einem lichten Durchgang von 564 mm ist in Hohlbauweise hergestellt, bei der das innere Gerippe aus Kiefernholzstäben besteht, während die Randhölzer aus Eiche sind. Die dem Abteil zugekehrte Türseite ist mit einer 6 mm starken Sperrholzplatte bekleidet, die Gangseite mit einer Sperrholzplatte von 4 mm Stärke, auf welche oberhalb der Brüstung ein 1,5 mm Eichenfurnier und unterhalb derselben 1,5 mm starkes, graues Linoleum geklebt ist. Diese Abteilschiebetür wiegt etwa 25 kg gegenüber 28,5 kg der bisherigen Bauweise. Leichtmetalltüren mit Furnierbekleidung sind nur unwesentlich leichter. Da sie aber bedeutend teurer sind, wurde von der unerheblichen Gewichtsersparnis Abstand

genommen. Die Außenkanten und Kanten des Türfensterausschnittes sind wie bei der Gangwand durch schmale Leichtmetallprofile eingefasst. Auch hier ist der Rollvorhang durch den oberen Querriegel der Gangwand durchgeführt und über demselben zwischen den Türauhängern befestigt. Als obere Türführung wurde die Rollenführung mit Novotexrollen der Firma Kiekert Heiligenhaus gewählt. Der Türbeschlag ist einschließlich der oberen Führungsschiene aus Leichtmetall hergestellt. Die Abteiltür wird in geschlossener und geöffneter Stellung durch ein oben schließendes Schloß Bauart Kiekert festgehalten. Für die Türgriffe, die als senkrecht stehende Drehgriffe ausgebildet sind, wurde versuchsweise elfenbeinfarbiger Kunststoff mit Stahleinlage gewählt. Der wesentlich kleiner gehaltene Platzanzeiger ist in die Tür eingelassen. Sein Gehäuse besteht aus Leichtmetall.



Bild 27. Blick auf die Abteilschiebetür.

Seitengang.

Die Innenverkleidung des Seitenganges besteht aus polierter Eiche. Wie bei der übrigen Innenverkleidung, ist auch hier nach Möglichkeit jedes Leistenwerk vermieden und dadurch in Verbindung mit der durchweg senkrecht verlaufenden Maserung der 6 mm starken Sperrholzverschalung eine ruhige architektonische Wirkung erreicht worden. In gleicher Weise wie im Abteil sind folgende Teile der Seitenwand ausgebildet: Herablaßbares Fenster einschließlich Rahmen und Heber, Fensterschlüssel, Springroller einschließlich Führung und Fensterverriegelung. Ferner erhalten wie bei der Abteilseitenwand die Seitenwände als Wärmeschutz Alfol. Da im Seitengang eine besondere Lüftungseinrichtung nicht erforderlich ist, wurden Lüftungsklappen in dieser Seitenwand nicht vorgesehen. Mit 91 mm besitzt die Seitenwand die gleiche Stärke wie die Seitenwand der Abteile, so daß die lichte Breite des Seitenganges über der Heizverkleidung 735 mm beträgt. Bis zur Höhe der Heizverkleidung, welche durch die übereinander liegenden Heizkörper der Dampf- und elektrischen Heizung bis etwa 520 mm über Fußboden reicht, beträgt die lichte Seitengangbreite 655 mm. Gleichzeitig wird mit der Heizverkleidung das Gehäuse des Fensterhebers verdeckt, welches zwischen zwei Heizkörpern der elektrischen Heizung liegt und in ein an die Seitenwandsäulen geschweißtes Traggerippe aus St 37 eingebaut ist. Die Heizverkleidung besteht aus 2 mm starkem poliertem Pantallech. Sie ist so angebracht, daß über dem Fußboden ein Schlitz von etwa 50 mm Breite und an

der Seitenwand ein solcher von 15 mm Breite verbleiben, so daß in Verbindung mit den am oberen Rande eingestanzten Aussparungen eine Kaminwirkung entsteht, welche für die Ablösung der angewärmten Luft von den Heizkörpern und somit eine gute Heizwirkung wesentlich ist. Als Wärmeschutz zwischen Heizkörper und dem mit der Außenluft in Verbindung stehenden Fensterschacht sind mit 1 mm starkem Leichtmetallblech vernietete Wärmeschutzplatten vorgesehen, welche auf der dem Fensterschacht zugekehrten Blechseite durch Wasserabweiser die in Fußbodenhöhe liegenden Futterhölzer gegen Fäulnis schützen. Der zwischen Heizverkleidung und Fensterschlüssel liegende Teil der Seitenwandverschalung ist zur Wartung des Fensterhebers nach Lösen einiger Gewindeschrauben herausnehmbar. Die aus 4 mm starkem Sperrholz bestehende Innendecke des Seitenganges ist in Korbbogenform gewölbt und an der Abteilseite zur Wartung der Abteilschiebetürführungen durch ein längslaufendes Scharnier in Form von Klappen ausgebildet. Im geöffneten Zustand legen die Klappen nicht nur die Türführung mit Schloß, sondern auch die sämtlichen Springroller, den Bowdenzug für die Lüfterklappen und die Anschlußdosen für die elektrischen Lichtleitungen frei. Der Seitengang ist gegen die Einstiegräume durch je eine Pendeltür abgeschlossen. Eine weitere Pendeltür unterteilt den Seitengang. Diese Pendeltür wurde gegenüber der bisherigen Anordnung um eine Abteilbreite versetzt. Die insgesamt neun Abteile des D-Zugwagens werden dabei durch die mittlere Pendeltür wiederum in vier und fünf Abteile aufgeteilt. Durch diese Maßnahme ist eine einfachere und gewichtssparende Verlegung der Heizungsrohre unter dem Fußboden ermöglicht worden. Die Pendeltür im Seitengang mit 640 mm lichter Breite zwischen den Pfosten ist 25 mm stark, aus sägefurniertem Sperrholz hergestellt und durch Pendelbandgelenk an der Seitenwand befestigt. Zum Schutz gegen Stoßbeschädigungen ist an der unteren Türkante ein 200 mm hoher Sockel aus gehämmertem Leichtmetallblech vorgesehen. Das Fenster in der Pendeltür ist gegenüber der bisherigen Ausführung vergrößert, dabei jedoch durch den quer über die ganze Türbreite reichenden Handgriff gegen Beschädigungen geschützt. In geöffneter Stellung kann die Pendeltür in der bisherigen Art durch einen federnden Feststeller an der oberen Kante festgehalten werden.

Auf das bisher übliche Geschränk für Beil und Säge wurde verzichtet, da diese Werkzeuge für geschweißte stählerne Wagen entbehrlich sind. Die Notbremszugkästen sitzen wie bisher an der Seitenwand.

Vorräume.

Die beiden Vorräume der Wagen enthalten neben den Einstiegräumen je einen Abort und die Geschränke, und zwar einen für die Klappische, Feuerlöscher, Verbandskasten und Notbremsventil und einen für Ersatzteile, die Notlaternen und die Schalttafel. Unter jedem Schrank sind sowohl Dampf- als auch elektrische Heizkörper angeordnet. Gegenüber der bisherigen Bauweise ergibt sich durch diese Anordnungen der Vorteil, daß die den Einstiegraum einengenden Dampfheizkörper nunmehr entfallen können. Die in der Ebene des Geschränktes liegenden Heizkörperverkleidungen bestehen aus je einem durch Rippen ausgesteiften, im unteren und oberen Teil gelochten Leichtmetallblech, während früher für die Heizverkleidung ein doppeltes Eisenblech verwendet wurde.

Abort.

Beide Aborte haben gleichen Grundriß. Der Fußboden ist mit im Gefälle verlegten Mettlacher Platten belegt, die auf einem Zementmörtelbelag liegen, der seinerseits durch eine 2 mm starke Bitumenschicht wasserdicht von der Sperrholzplatte des Fußbodens abgetrennt ist. Die hohlkehlenartig ausgebildeten Eckplatten sind bündig in die senkrechten Wände

eingelassen, während bei früheren Ausführungen diese Eckplatten auf die unteren Wandenden aufgesetzt waren. Mit Ausnahme der 22,5 mm starken und innen mit 1,5 mm starkem Linoleum beklebten hölzernen Aborttürwand sind sämtliche in den Ecken abgerundeten Abortwände aus Leichtmetallblech hergestellt. Da bei den Leichtmetallwänden auf die Linoleumbekleidung verzichtet werden konnte, ergab sich bei der gewählten Bauart eine beachtenswerte Gewichtsersparnis. Auch die Abortinnendecke, die den Wasserkastenraum nach dem Abort abdeckt, besteht aus Leichtmetallblech. Die Wände und die Decke sind mit weißer Ölfarbe gestrichen. Die 25 mm starke, innen mit Linoleum beklebte Aborttür ist vollkommen glatt, also ohne irgendwelche Leisten ausgeführt. Türgriff und Riegel für die Verriegelung sind gegen die Tür durch eine schmale Kunstharzrosette abgedeckt. Das Geschränk für Wasserkannen, frische und gebrauchte Handtücher und Besen ist nicht wie bisher unter dem Waschbecken angeordnet, wo es der Gefahr der Verunreinigung oder Feuchtigkeit durch Schmutzwasser usw. ausgesetzt ist, sondern in einem vom Fußboden bis zur Decke reichenden Eckschrank untergebracht, der nach der Gangseite zu liegt. Mit Rücksicht auf die besonders große Verschmutzungsgefahr der Aborte ist es wichtig, alle zugänglichen waagerechten Flächen zu vermeiden. Der bis zur Decke reichende Eckschrank erfüllt in besonderem Maße diese Forderung. Im Interesse der Reinhaltung sind die Wasch- und Spülwasserleitungsrohre und das Betätigungsgestänge des Abortdeckels und der Brille sowie die Gegengewichte zu dem Leibstuhldeckel hinter die Abortwände verlegt. Leicht lösbare Klappen gewähren eine rasche Zugänglichkeit zu den im Betriebe zu unterhaltenden Teilen. Über dem Waschbecken ist eine aus Steingut hergestellte Ablegeplatte und über dieser ein Spiegel angeordnet. Waschbecken, Ablegeplatten und Spiegel sind von der Wand abgesetzt, damit sich nirgends Feuchtigkeit ansammeln kann. Über jedem Abort befindet sich ein Wasserkasten von 500 l Inhalt, der aus 2 mm starkem Mangalblech hergestellt und mit einem nach dem Metallogenenverfahren gegen korrodierende Einflüsse gesicherten Schutzüberzug versehen ist. Um Undichtheiten durch im Betriebe sich lösende Nieten auszuschalten, ist der Wasserkasten vollkommen geschweißt. Die Schwallbleche sind nicht wie bisher am Kasten, sondern am Deckel festgeschweißt. Der Wasserbehälterboden ist durch eingepreßte Sicken ausgesteift. Die Füll- und Wasserentnahmeverrichtungen sind bis auf den nicht mehr benötigten Stutzen am Dach die gleichen wie bisher. Der Wasserkasten wird, wie bereits erwähnt, nicht mehr durch das Dach, sondern nach Abbau der Innendecke vom Einstiegraum aus ein- bzw. ausgebaut. Um den Ausbau des Wasserkastens zu erleichtern, sind auf seinen Seitenwänden Nocken aufgeschweißt und dazu am Wagenteil Gleithebel um einen Festpunkt drehbar angeordnet, mittels deren der Wasserkasten so weit angehoben werden kann, bis der Behälterboden und die Rohrstützen frei sind. Danach wird der Wasserkasten nach dem Einstiegraum vorgezogen und von den Gleithebeln abgenommen.

Heizung.

Die Leichtbau-D-Zugwagen besitzen wie die bisherigen C4ü-Wagen sowohl Dampf- als auch elektrische Heizung. Im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungen wurden die Heizungsanlagen nach den Grundsätzen der Leichtbautechnik vollkommen neu durchgebildet. Es war daher die Aufgabe gestellt, durch Verwendung von Baustoffen von geringerem spezifischem Gewicht, durch Überprüfen aller Bauteilquerschnitte auf das erforderliche Maß und die geeignete Form durch längensparende, geschickte Führung der Leitungen, durch Zusammenfassung der Schalteinrichtungen und der Batterie in einen Kasten, durch Ausnutzung aller im Innern des Wagens verlegten Rohrleitungen zur Wärmeabgabe usw. ein möglichst

geringes Eigengewicht der Heizungsanlagen zu erzielen. Dabei durfte aber in keiner Weise die Heizleistung beeinträchtigt oder die Lebensdauer der Anlage gefährdet oder verkürzt werden. Endlich wurde vorgeschrieben, daß der Fußboden vollkommen frei bleiben mußte, d. h. daß auf diesem Heizkörper nicht aufgestellt werden durften und daß Teile der Heizungsanlagen, soweit sie im Betriebe gewartet werden müssen, leicht zugänglich anzuordnen sind.

a) Dampfheizung.

Die Dampfheizung entspricht in ihrem grundsätzlichen Aufbau, der Wirkungsweise, Leistung und Art der Bedienung der bisherigen Regelbauart der Niederdruckumlaufheizung mit Fensterwandbeheizung. Das gesamte Rohrleitungsnetz besteht aus Stahl; Leichtmetall für Dampfleitungsrohre, das eine weitere Gewichtsersparnis erbrachte, wurde nicht zugelassen, weil noch keine ausreichenden Betriebserfahrungen über den Einfluß der korrodierenden Wirkungen auf die Lebensdauer vorliegen. Immerhin muß aber die Möglichkeit der Verwendung von Leichtmetall für Heizrohre für die Zukunft vorgemerkt werden. Die bisher üblichen Wandstärken von 2 mm für die Hauptdampfleitung und von 1,5 mm für die Umlaufleitungen wurden beibehalten. Diese Wandstärken wurden grundsätzlich angewendet, also auch an den Teilen des Rohrleitungsnetzes, wo früher aus Herstellungs- oder Gewohnheitsgründen stärkere Rohrwandstärken verwendet wurden. Die Rohrverbindungen auf der druckfreien Seite konnten dadurch leichter gehalten werden, daß die Kegelringe verkürzt und die Flanschen aus Leichtmetall gefertigt wurden. Sämtliche Befestigungsschellen und sonstigen Halterungen, die nicht der Gefahr der Korrosion ausgesetzt sind, sind mit ganz geringen Ausnahmen aus Al-Mn-Leichtmetall hergestellt und durch günstigere Bauformen leichter gehalten. Der Querschnitt der Abteilheizrohre hat unter den Sitzen länglich runde Form. Durch diese Bauform wird eine ergiebigere Heizwirkung, eine geringere Staubablagerungsfläche und ein besserer Schutz für die mit ihnen organisch verbundenen elektrischen Heizkörper erzielt. Die Rohrleitungen sind in und unter dem Wagen derart angeordnet und auf die einzelnen Räume verteilt, daß alle Verbindungsleitungen so kurz wie möglich gehalten werden konnten, und daß sämtliche Rohre im Innern des Wagens zum Heizen dienen und daher ein besonderer Wärmeschutz an keiner Stelle mehr notwendig ist. So konnten die bei den bisherigen C4ü-Wagen üblichen wärmeisolierten Verbindungsrohre zu den Vorraumheizkörpern durch Weglassen ihres Wärmeschutzes zur Beheizung der Aborte nutzbar gemacht und auf die bisherigen besonderen Abortheizkörper verzichtet werden. Die einer verstärkten Heizleistung dienenden Vorraumheizkörper sind teils an der Wagenlängswand, teils unter dem Schaltschrank eingebaut. Die Dampfverteilungsleitungen in den Abteilen, sowie die Rohre im Seitengang und in den Aborten sind in Tragschellen gelagert, die an den Wänden befestigt sind. Die Umkehrenden der Abteilheizkörper sind an der Seitengangwand pendelnd aufgehängt, damit sie mit dem bei der Erwärmung sich ausdehnenden Rücklaufstrang der Ringleitung, an den sie angeschlossen sind, mitwandern. Zu diesem Zweck werden auch die Verbindungsschlenkel mit dem dazwischen geschalteten Regelventil auf diesem Rohrstrang abgestützt. Durch diese Aufhängung der Heizkörper werden jegliche Stützen auf dem Fußboden vermieden. Für die selbsttätige Heizungsregelung wurde grundsätzlich die gleiche Ausführung, nämlich die Einkontaktregelung gewählt, wie bei der Regelbauart. Der Stromverbrauch für die Regelungseinrichtung konnte jedoch gegenüber der Regelbauart weitgehend herabgesetzt werden, so daß die Regler längere Zeit aus der Batterie den für die Vorheizung benötigten Strom entnehmen können, ohne diese zu stark zu belasten. Die Regelventile in den einzelnen Abteilen entsprechen der Regelbauart; Gehäuse und

Ventilteile sind jedoch weitgehend aus Leichtmetall hergestellt. An Stelle der bisherigen Stahlpanzerrohre für die Leitungen wurden Leichtmetallrohre verwendet. Auch Muffen, Rohrschellen, Klemmkästen, Abzweigboxen, sowie das Gestänge für die Hauptstellenrichtung und diese selbst bestehen aus Leichtmetall. Durch die getroffenen Konstruktionsmaßnahmen konnte gegenüber der neuesten Regelbauart eine Gewichtsverminderung von 25 v. H. erzielt werden, ohne daß dadurch eine Verminderung der Güte eingetreten ist.

b) Elektrische Heizung.

Die Versuchs-D-Zugwagen sind mit elektrischer Widerstandsheizung ausgerüstet, die gegenüber der bisherigen Regelbauart wesentliche Vorteile aufweist. Bei den Heizkörpern wurde auf das bisher übliche Ofengehäuse verzichtet, weil die Heizkörper durch die Heizverkleidung gegen Berührung gesichert sind. Die Heizkörper bestehen nur noch aus den eigentlichen Heizelementen, die mit einem Mantel aus Leichtmetall umkleidet sind und aus den ebenfalls aus Leichtmetall hergestellten Anschlußklemmen und Befestigungsteilen. Unter den Sitzbänken ist je ein 1700 mm langer Heizkörper, dessen Leistung 800 W beträgt nicht mehr am Fußboden, sondern an einem Abweisblech befestigt, und zwar so, daß er nur in der Mitte festgehalten und auch angeschlossen wird. Nach beiden

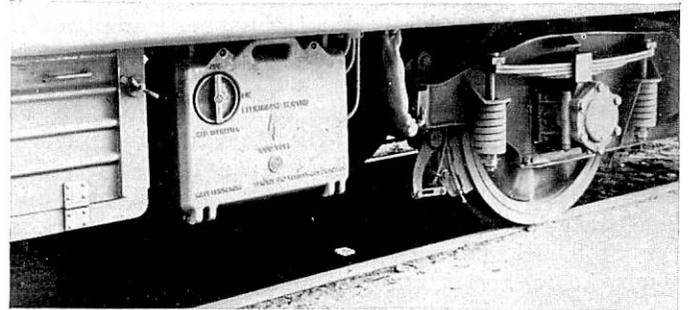


Bild 28. Gerätekasten und Batterie.

Seiten kann er sich also ungehindert ausdehnen. An Stelle der bisher üblichen Asbestabdeckung wurde ein aus perforiertem Leichtmetallblech hergestellter Berührungsschutz angeordnet. Die Fensterwandöfen in den Abteilen werden in der bisher für C4ü-Wagen üblichen Ausführung mit Mänteln aus Leichtmetall verwendet. Für die Gangheizung sind in zwei Reihen über den Dampfheizkörpern insgesamt zwölf Fensterwandheizkörper eingebaut. Die gleichen Heizkörper wurden für die Vorraumheizung verwendet; hier sind sie unter den Dampfheizkörpern angeordnet. Auch in den Aborten wurden Heizöfen der bisherigen Bauart mit Mänteln und Befestigungsteilen aus Leichtmetall, jedoch ohne Gehäuse eingebaut.

Die bisher in drei getrennten gußeisernen Kästen untergebrachten Schaltgeräte sind nach einem Vorschlag des Reichsbahn-Zentralamtes München nunmehr in einem gemeinsamen, aus Silumin gegossenen Gerätekasten vereinigt. In diesem Gerätekasten sind der Hauptschalter, die Hauptsicherung, die Heizschütze, das Steuerstromschütz mit Vorwiderstand, die Verteilungssicherung und die Klemmleisten für die Betriebs- und Schutzerde untergebracht. Auf diese Weise konnte neben einer wesentlichen Gewichtsersparnis auch eine einfachere und betriebssichere Verriegelung erzielt werden. Dadurch wurde weiter die Fernbetätigung von der dem Gerätekasten gegenüberliegenden Wagenseite aus wesentlich vereinfacht. Die dafür erforderliche Schalterwelle aus Pantalrohr von 20/30 mm Durchmesser konnte nunmehr ohne Unterbrechung oder Umlenkung unter dem Wagenkasten durchgeführt werden. Auch für die Heizkupplungen wurde erstmals Leichtmetall verwendet. So sind vor allem die

Gehäuse für die Kupplungsdosen, die Stecker, Kabelhalter und Blinddosen aus Silumin hergestellt. Sämtliche Kontaktteile wurden in Preßmessing Ms 58 ausgeführt.

Es wurde grundsätzlich die „vereinfachte Leitungsverlegung“ angewendet, d. h. die je Heizkörper erforderliche Zuleitung, die Leitung für die Betriebserde und für die Gehäuseerde sind in einem gemeinsamen Schutzrohr verlegt. Die Schutzrohre sowie deren Verbindungen und Befestigungsteile sind aus Leichtmetall gefertigt. Es wurden jedoch durchwegs Kupferleitungen verwendet. Die Abzweigdosen sind der vereinfachten Leitungsverlegung und der Leichtbauweise angepaßt. Die Gehäuse bestehen aus Silumin. Der Klemmeneinsatz ist zweckmäßiger und leichter wie bisher ausgebildet. Für die Grundplatte des Wärmefühlers der Firma Birka, Berlin, wurde Preßstoff verwendet. An Stelle des Zeigerthermometers wurde ein Weingeistthermometer mit besonders breitem Faden eingebaut. Beim Versagen der selbsttätigen Regelung für die



Bild 29. Gerätekasten offen.

elektrische Heizung wurde die gewünschte Eingriffsmöglichkeit vorgesehen. Dazu dient ein Nebenschalter, der in einem Leichtmetallgehäuse hinter der Heizverkleidung des Seitenganges eingebaut ist. Das Gewicht der gesamten elektrischen Heizeinrichtung beträgt 550 kg; die gesamte Gewichtsersparnis gegenüber der bisherigen Regelbauart beträgt ohne Veränderung der Wirkungsweise, Leistung und Art der Bedienung 55 v. H., wobei außerdem noch der Vorteil erzielt wurde, daß der Fußboden unter den Heizkörpern vollkommen frei von Konsolen oder sonstigen Befestigungsteilen ist.

Elektrische Beleuchtung.

Auch bei der Ausrüstung für die elektrische Beleuchtung wurde durch eine Reihe von Bauartänderungen nicht unerheblich an Gewicht gespart. Für die Lichtmaschine und die Regleinrichtung wurde die Bauart der Firma Brown, Boveri & Cie. A. G., Mannheim gewählt, weil diese Ausrüstung neben einem geringeren Gewicht noch eine Reihe weiterer beachtlicher Vorteile bot. Die Lichtmaschine der vier mit Achslenker-Drehgestellen ausgerüsteten Versuchs-C4ü-Wagen wurden an der Außenseite des Drehgestell-Langträgers aufgehängt und mittels Kardanwellen von der Achse angetrieben. Durch den Kardanwellenantrieb wird die freie Beweglichkeit

der Achse nicht behindert; er gewährleistet eine betriebs-sichere Übertragung des Drehmomentes von der Wagenachse auf die Lichtmaschine. Der BBC-Antrieb bietet den weiteren Vorteil, daß die an der Drehgestell-Außenseite angeordnete Lichtmaschine frei zugänglich ist; schadhafte Teile können leicht erkannt und ausgewechselt werden. Sie ist frei von Witterungseinflüssen und die beim sonst üblichen Riemenantrieb besonders im Winter zu beobachtende Schlüpfung entfällt. Die Lichtmaschinenanlage ist unempfindlich gegen Stöße beim plötzlichen Bremsen und gegen Verschmutzung. Endlich weichen die Drehgestellrahmen mit und ohne Lichtmaschinenantrieb nur ganz unwesentlich voneinander ab. In das aus Leichtmetall bestehende und auf der Achsbuchse aufmontierte Getriebegehäuse für den Gelenkwellenantrieb ist ein Kegelradgetriebe mit Schrägverzahnung eingebaut. Die Kardanwelle hat zwei Gelenke, davon eines mit Längsverschiebung. Die gesamte BBC-Ausrüstung, bestehend aus einer Lichtmaschine mit 2,1 kW Leistung, einem vollständigen Gelenkwellenantrieb und dem BBC-Regler, wiegt nur 132 kg, während die Lichtmaschine für Riemenantrieb, jedoch ohne diesen (Riemenscheibe, Spannvorrichtung, Kohledruckregler), 139 kg wiegt. Diese wesentliche Gewichtsersparnis ist neben der

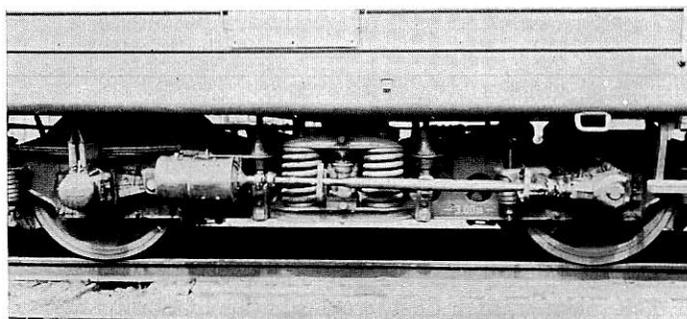


Bild 30. Lichtmaschine.

günstigen Auslegung der Lichtmaschine auf die weitgehende Anwendung der Leichtbaugrundsätze und die Verwendung von Leichtmetall zurückzuführen. Für die Lichtmaschine wurde die Forderung gestellt, daß sie auch bei Fahrgeschwindigkeiten von 200 km/h noch einwandfrei arbeitet. Um im Dauerbetrieb einen einwandfreien Vergleich über die Bewährung der BBC-Anlage zu behalten, wurde der fünfte Versuchswagen mit Drehgestellen ohne Achslenker mit einer Lichtmaschine mit Riemenantrieb nach Einheitsbauart ausgerüstet. Die Schlaflichtschaltung besteht hauptsächlich nur aus einem festen Widerstand, der jedoch als Spannungsteiler geschaltet ist, und einer zusätzlichen, durchgehenden Leitung „S“. Wird der Hauptlichtschalter auf „1/4“ umgeschaltet, dann brennen alle am Schlaflichtstromkreis liegenden Lampen mit der Schlaflichtspannung von 7 bis 8 Volt, unabhängig von der Stellung der Abteil-Lichtschalter. Sämtliche Abteilschalter können beliebig betätigt werden, es brennt immer nur eine Lampe je Abteil. Bei Schlaflichtspannung ist bei den 25 Watt-Lampen der Unterschied in der Beleuchtungsstärke gegenüber den 40 Watt-Lampen ungleich größer als bei 24 Volt. Für die in einem besonderen Stromkreis liegenden 25 Watt-Lampen im Einstieg, Seitengang und in den Aborten wurde daher eine höhere Schlaflichtspannung vorgesehen, als für die Abteillampen. Zur Erzielung der erforderlichen Schlaflichtspannung wurde ein Spannungsteiler gewählt, obwohl bei der besonderen Schlaflichtschaltung der Abteillampen ohne weiteres ein fester Vorwiderstand ausreichen würde, da bei Schlaflichtschaltung die Belastung und damit der Gesamtstromfluß nicht geändert werden kann. Die Spannungsteiler-Schaltung bietet gegenüber der Schaltung mit Schlaflichtregler den besonderen Vorteil,

den Spannungsteiler-Widerstand so zu bemessen, daß auch bei Schlaflicht ein genügend großer Entladestrom fließt. Dadurch ist es möglich, den Betrieb mit Schlaflicht längere Zeit aufrecht zu erhalten, ohne Gefahr zu laufen, daß die Batterie ungenügend entladen und damit überladen wird. Ein weiterer Vorteil der Spannungsteiler-Schaltung gegenüber der Schaltung mit festem Vorwiderstand besteht darin, daß ohne weiteres mehrere Lampen eines Stromkreises durch Bruch oder sonstige ausfallen können, ohne daß sich dadurch die Schlaflichtspannung merklich erhöht. Erst beim Entfernen von sechs bis sieben 40 Watt-Lampen wird an den verbleibenden Lampen eine Spannungserhöhung von etwa 1 Volt auftreten.

Für die Versuchswagen wurden die seit Jahren in D-Zugwagen bewährten Nickel-Kadmium-Batterien mit einer Kapazität von 240 Ah bei fünfständiger Entladung verwendet, die gegenüber den Bleibatterien wesentlich leichter sind. Gegenüber der normalen Nickel-Kadmium-Batterie wurde sogar noch 41,5 kg Gewicht gespart dadurch, daß das Zellengehäuse aus nur 0,7 mm starkem Blech hergestellt, die bisher zusammengeschraubten Plattenansätze zusammengeschweißt, der Laugestand um 10 mm abgesenkt und die Holzstärke der Zellenkästen um 10 mm verringert wurden. Der unter dem Fußboden angeordnete Batteriekasten besteht aus 1,5 mm starkem Blech St 37 und ist selbsttragend ausgebildet. Besondere seitliche Abstützungen der Aufhängung konnten deshalb entfallen. Die Blechwände des Batteriekastens sind durch eingepreßte Sicken versteift. Um den Batteriekasten gegen Säuredünste und gelegentliche Säurespritzer zu schützen, ist auf der Innenseite ein Gummibelag vorgesehen. Die wie bisher über dem heruntergeklappten Deckel einschiebbare Batterie ist durch Hartholzabstandleisten gegen sämtliche Kastenwände isoliert.

Die Lichtschalttafel, der Regler und der Spannungsteiler wurden auf einen gemeinsamen Leichtmetallrahmen gesetzt. Die Leitungen wurden dort, wo sie bisher in Stahlpanzerrohr verlegt waren, nunmehr möglichst in Leichtmetallrohren verlegt. Ebenso wurde für Rohrschellen und sonstige Befestigungsteile Leichtmetall verwendet.

Die vom Wagenversuchsamt durchgeführten Versuche haben ergeben, daß Lichtmaschine und Regler einwandfrei zusammenarbeiten. Bei den Versuchsfahrten brannte das Licht ruhig; bei den Umschaltungen von Lichtmaschine auf Batterie und umgekehrt, wurden keine Lichtschwankungen beobachtet. Der Kardantrieb arbeitete einwandfrei. Für eine abschließende Beurteilung seiner dauernden Betriebssicherheit ist eine längere Versuchszeit notwendig.

Schilder.

Sämtliche Innenschilder und die Handgriffe der Abteilschiebetüren sind aus Kunstharzen hergestellt. Die bisher aus Emailblech hergestellten, schweren Klassenschilder wurden in der bei Triebwagen üblichen Weise durch Leichtmetallziffern ersetzt. Diese Klassenziffern sind im Gegensatz zu den bisherigen Anordnungen nicht unterhalb der Fensterbrüstungsleiste, sondern oberhalb derselben angeordnet. Die wesentlich größer ausgeführten Ziffern sind, besonders bei hohen und stark besetzten Bahnsteigen, vom Reisenden leichter zu erkennen.

Schlußbemerkungen.

Das Gewicht eines Versuchs-Leichtbau C4ü-Wagens beträgt einschließlich Wasservorräten 27,7 t gegenüber 39,5 bis 40 t der bisherigen Bauart oder, bezogen auf die eingebauten 72 Sitzplätze, 385 kg/Sitzplatz. Die erzielte Gewichtsersparnis beträgt daher etwa 30 v. H., wobei zu berücksichtigen ist, daß die bisherigen C4ü-Wagen bereits in geschweißter Bauweise und unter Verwendung von Leichtmetallbeschlägen hergestellt waren. Bei Verwendung von Hohlachsen, 50 mm starken Radreifen und von leichteren Drehgestellen, entsprechend den neuesten mit vierfacher Federung ausgerüsteten Dreh-

gestellen der Einheitssteuerwagen von nur 3,6 t Gewicht, kann das Gewicht der Versuchs-C4ü-Wagen ohne Beeinträchtigung der Sicherheit ohne weiteres auf 25 t abgemindert werden. Es ist bei Würdigung der Wagenausstattung mit neun verschließbaren Einzelabteilen, mit Dampf- und elektrischer Heizanlage, ferner unter Beachtung der Biege- und Drucksteifigkeit des Wagenkastens und seiner Ramm-sicherheit, der für Fahrgeschwindigkeiten von 160 km/h geforderten windschnittigen Formgebung des Wagenkastens und des Einbaues einer Hikss-Bremse, endlich mit Rücksicht darauf, daß die C4ü-Versuchswagen auch für den Fahrbetrieb und für den Übergang auf internationale Strecken geeignet sind, ein so niedriges Wageneigengewicht von keiner ausländischen Eisenbahnverwaltung des europäischen Kontinents oder in Amerika bisher erreicht worden. Die Schweizer Bundesbahnen haben im Jahre 1937 einen für Schnellzüge bestimmten C4ü-Wagen gebaut, der mit 80 Sitzplätzen 27 t wiegt. (Vergl. Leichtstahlwagen der Schweizer Bundesbahnen, Ztg. Ver. mitteleurop. Eisenb.-Verw. 1937, Nr. 48). Neun Sitze befinden sich bei diesen Wagen in den Vorräumen und sind z. T. als Klappsitze gebaut. Die Wagen haben drei Großräume (also keine Einzelabteile), nur elektrische Heizung und keine druckübersetzende Schnellbahnbremse; sie sind auch nicht für den internationalen Verkehr vorgesehen.

Sämtliche fünf Versuchswagen wurden, mit Ausnahme der Federanordnung und Achsbuchsführung eines Drehgestell-satzes, in gleicher Ausführung gebaut. Es wurde also nicht für erforderlich gehalten verschiedene Versuchsbauarten herzustellen, weil über Leichtbaufahrzeuge durch die bereits im Betrieb befindlichen Triebwagenbauarten genügende Erfahrungen zur Verfügung standen und weil sämtliche Konstruktionsglieder genauestens berechnet oder, soweit solche Teile einer einwandfreien Berechnung nicht zugänglich waren, durch von der Waggonfabrik Uerdingen vorgenommene Festigkeitsversuche schon bei der Planung sorgfältig erprobt wurden. Für jedes einzelne, auch das unscheinbarste, Bauteil wurde die für die Kräfteaufnahme oder -Weiterleitung günstigste Bauform und der dem jeweiligen Zweck geeignetste Baustoff ermittelt. Endlich wurden für den Bau des Wagenkastens auch die Erfahrungen der Flugzeugtechnik verwertet.

Die neuen Versuchswagen sind gekennzeichnet durch ihre allseits offene Bauweise (also keine geschlossenen Kastenträger!), durch die grundsätzliche Vermeidung von Überlappungen (die Kräfteumleitungen bedingen und überflüssiges Gewicht darstellen) und durch den grundsätzlichen Ersatz der Nietung durch die Schweißung. Durch zweckmäßige Verwendung von geschweißten Blechträgerkonstruktionen für die Bauteile, die sich bei Zusammenstoßen verformen sollen und die Zulassung von Profilträgern für Konstruktionselemente, die der Gefahr der Verformung nicht oder nur selten ausgesetzt sind, wurde bei geringstem Baustoffaufwand eine außerordentlich hohe Festigkeit, bzw. ein großes Arbeitsvermögen des Wagenkastens erzielt. Wenn aus der Kraft- und Luftfahrzeugtechnik abgerundete Fensterecken und Sicken übernommen wurden, so wurde auch nicht davor Halt gemacht, die bisher gewohnte äußere Ansicht der Fahrzeuge zu verändern. Gerade das schnell-fahrende Personenkraftfahrzeug lehrt, daß mit seiner Entwicklung auch die äußere Formgebung beeinflusst wird. Die Formgebung der Kraftwagen-Karosserie ist keineswegs eine Modeerscheinung, sondern auch hier zeichnen sich neben der windschlüpfigen Formgebung die statischen und dynamischen Forderungen der Dünnblechbauweise deutlich ab.

Die neuen Versuchs-D-Zugwagen erfordern neuzeitliche Fertigungsweisen und dadurch eine gewisse Umstellung gegenüber den bisherigen aus der Nietbauweise entwickelten Herstellungsbauweisen. Der Auftrag zur Planung der C4ü-Leichtbauwagen wurde im Juni 1937 erteilt; mit dem Bau wurde

im Juni 1938 begonnen. Der erste Wagenkasten wurde noch im gleichen Monat hergestellt. Mit dem betriebsfertigen Wagen wurden bereits Ende September 1938 die ersten Versuchsfahrten durchgeführt, die voll befriedigten. Mögen Einzelheiten der Versuchswagen noch weiter verbesserungs- oder entwicklungsfähig sein, eine wesentliche Unterschreitung des

bei den Versuchswagen erreichten und vorher auch von manchen Fachkreisen nicht für möglich gehaltenen niederen Wagen Gewichtes wird aber nicht mehr möglich sein. Mit den Leichtbauwagen ist daher eine neue Epoche in der Entwicklung des Personenwagenbaues eingeleitet worden, die nicht allein auf die Deutsche Reichsbahn beschränkt bleiben wird.

Heizung und Lichtstromversorgung der Reichsbahn-Personenwagen in Leichtbauart.

Von Reichsbahnrat Dipl. Ing. Helmut Baur, WVV.

Wie für die Leichtbauwagen selbst war auch für den Entwurf ihrer Heizung und Lichtstromversorgung neben baulichen Verbesserungen das Streben nach Gewichtsverminderung maßgebend. Für beide Anlagen wurden die bewährten Bauarten der letzten Jahre in ihren wesentlichen Grundzügen übernommen und der Betriebssicherheit wegen auch die Werkstoffe der meisten Bauteile beibehalten. Die Gewichtssenkung konnte

Werk Berlin-Spandau der Maschinenbau und Bahnbedarf AG. vorm. Orenstein & Koppel, mit Dampfheizung und elektrischer Heizung in Leichtmetallbauart ausgerüstet. Die Lichtmaschinen der Versuchswagen sind als Schnellläufer mit so hoher Drehzahl gebaut, wie es der unmittelbare Riemenantrieb noch ermöglichte. Die Anlagen der Versuchsfahrzeuge sollen in längerem Dauerbetrieb ihre Eignung erweisen, bevor

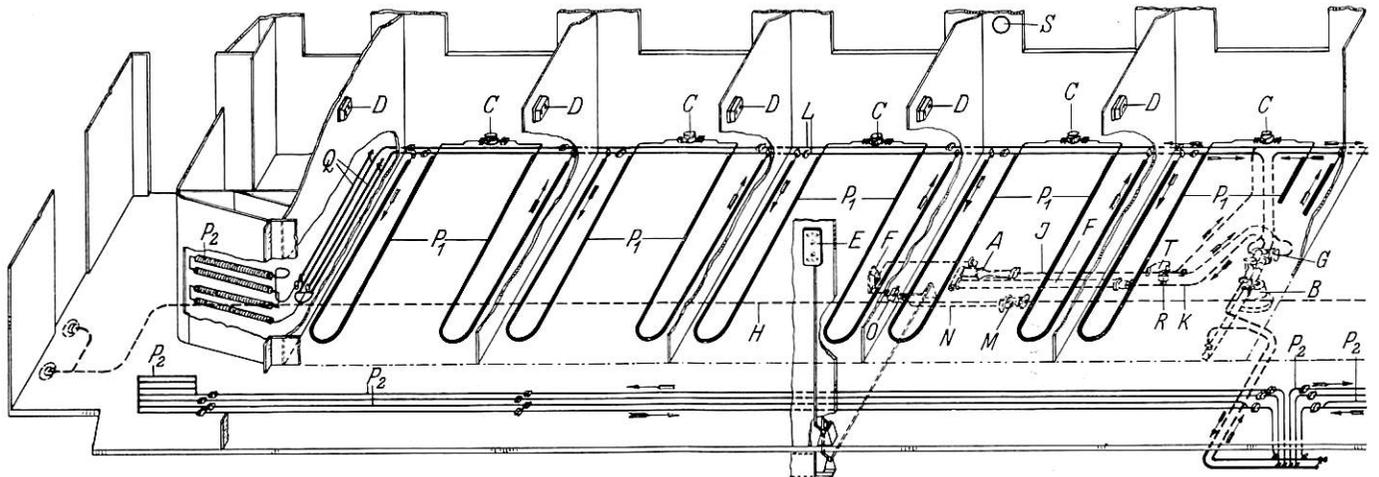


Bild 1. Selbsttätig geregelte Niederdruck-Umlaufdampfheizung in D-Zugwagen (dargestellt auf ungefähr halbe Wagenlänge).

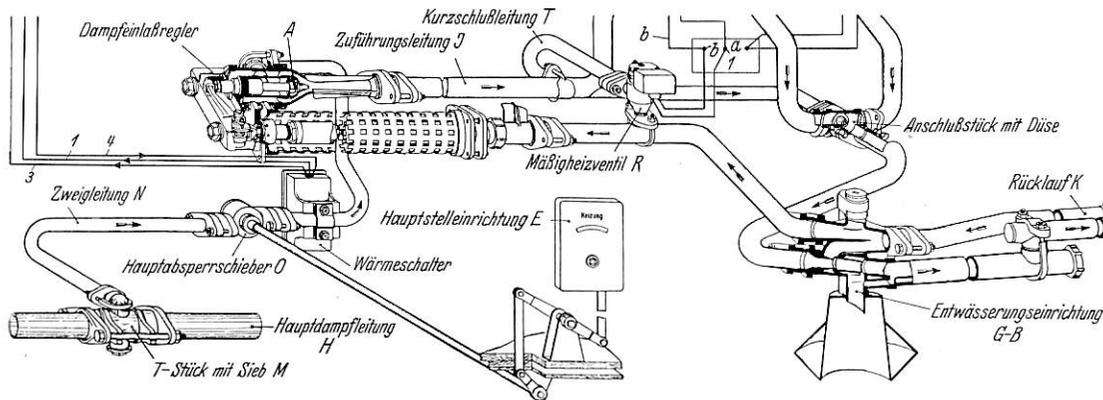


Bild 2. Dampfheizungsrohrnetz unter dem Wagen mit Mäßigheizeinrichtung.

Erklärungen zu Bild 1 und 2.

- | | |
|---|--|
| H Hauptdampfleitung. | R Elektromagnetisches Mäßigheitsventil. |
| M Sieb-T-Stück. | S Wärmeregler in der Abteifensterwand zur Steuerung von R. |
| N Frischdampfzuleitung zur Wagenheizung. | G Entwässerer. |
| O Hauptabsperrschieber. | B Kondensat-Abtropftrichter. |
| E Stelleinrichtung zu O. | P ₁ Heizschlangen in den Abteilen. |
| A Düsenventil des Dampfleinlaßreglers. | P ₂ Heizrohre in Seitengang und Vorräumen. |
| J Heizdampfzuleitungsleitung. | Q Heizrohre in den Aborten. |
| K Rücklaufleitung. | C Elektromagnetische Regelventile in den Abteilen. |
| T Kurzschlußleitung. | D Abteilheizregler zur Steuerung von C. |
| F Rückdampf-Aluminiumführohr des Dampfleinlaßreglers. | |

daher überwiegend allein durch konstruktive Maßnahmen erreicht werden. Um jedoch alle Möglichkeiten der Leichtmetallverwendung einmal auszuschöpfen und nachzuweisen, welche Gewichtsersparnisse sich hierdurch erreichen lassen, wurden fünf Leichtbau-D-Zug-Versuchswagen*), gebaut im

die Entwicklung in dieser Richtung auf breiterer Grundlage weitergeführt wird.

In den folgenden Abschnitten sind den Maßnahmen zur Gewichtssenkung die technischen Wesenszüge der Anlagen vorangestellt; insbesondere werden die Verbesserungen der bisherigen Bauarten ausführlicher behandelt und ihre Notwendigkeit begründet.

*) Wiens, G.: Personenwagen in Leichtbauart, Fachheft, Teil I.

1. Dampfheizung.

Die Merkmale der Dampfheizung in den D-Zugwagen der Lieferungen 1938 und 1939, die sich auch im Entwurf für die Leichtwagen künftiger Bauart (Bild 1) wiederfinden, sind: Niederdruckumlaufheizung*), selbsttätige elektrische Heizreglung und Ausnutzung der Verteilungs-Ringleitung an der Abteifensterwand zur Beheizung des Fensterbereichs der Abteile. Die Niederdruckumlaufheizung ist bekanntlich dadurch gekennzeichnet, daß der zugeführte Dampf im Heizrohrnetz so lange kreist, bis er sich völlig zu Wasser niedergeschlagen und seine Verdampfungswärme nutzbar abgegeben hat. Diese Heizungsbauart erwies sich in über 20jährigem Betrieb als betriebssicher und wirtschaftlich. Sie wurde durch die selbsttätige Heizreglung verfeinert, die drei wahlweise einstellbare Temperaturstufen im Abteil selbsttätig einzuhalten ermöglicht. Die selbsttätige Heizreglung dient damit einerseits dem Wohlbefinden und der Bequemlichkeit der Fahrgäste, andererseits der Wirtschaftlichkeit, weil Überheizen durch nachlässige Bedienung der Heizung vermieden wird.

Der dritte der genannten Wesenszüge muß eingehender erläutert werden. Die Verteilungsringleitung der Wagen mit selbsttätiger Heizreglung wurde zunächst völlig in Wärmedämmung eingehüllt. Der Verteilungsleitung kommt die Aufgabe zu, die über elektromagnetische Regelventile angeschlossenen Heizschlangen der Abteile mit Heizdampf zu speisen. Deshalb muß sie ständig Heizdampf enthalten und darf durch die Abteil-Regleinrichtung nicht abstellbar sein. Dieser nicht abstellbare Heizflächenteil eines Abteils heizt also weiter, nachdem der Abteilheizregler (Thermostat) bereits das Magnetventil der Heizschlangen unter den Sitzbänken auf Abschluß gesteuert hat. Überschreitung der am Abteilheizregler eingestellten gewünschten Temperatur wäre ohne den Wärmeschutz der Ringleitung die Folge gewesen. Mit der Vergrößerung der Breite und Höhe der Fenster in den neueren D-Zugwagen machte sich aber der Kälteeinfall durch die Fensterflächen so unangenehm bemerkbar, daß auf Heizfläche an der Abteifensterwand nicht mehr verzichtet werden konnte; die Verteilungsringleitung wurde deshalb ohne Wärmeschutz verlegt. Dies war bei den Wagen mit Handreglung der Heizung stets der Fall, weil die Heizdampflieferung des Dampfeinlaßreglers entsprechend der Außentemperatur vom Zugbegleitpersonal eingestellt und aus diesem Grunde der Wagen nicht überheizt wurde. Bei den Wagen mit selbsttätiger Heizreglung mußte an die Stelle einer Beeinflussung der Heizleistung für das ganze Fahrzeug von Hand eine vollselbsttätige Steuerung treten. Um ein Überheizen der selbsttätig geregelten Abteile durch die nicht abstellbare Ringleitung zu vermeiden — eine Gefahr, die insbesondere im Frühjahr und Herbst gegeben ist —, griff man zu folgender Maßnahme (Bild 1 und 2): Zwischen der Heizdampfzuführungsleitung J hinter dem Düsenventil A des Dampfeinlaßreglers und der Rücklaufleitung K wurde eine Kurzschlußverbindung T mit einem elektromagnetischen Ventil R, dem „Mäßigheizventil“, vorgesehen. Das Magnetventil wird gesteuert von einem Kontaktthermometerregler S in der Abteifensterwand mit einer Regeltemperatur von + 12°. Sobald am Regler, der als „Wärmeregler“ bezeichnet wird, diese Temperatur erreicht ist, sei es

durch Anstieg der Außenlufttemperatur auf diesen Wert oder durch Sonnenbestrahlung der Abteifensterwand, läßt der Regler das Magnetventil sich öffnen. Durch die Kurzschluß-

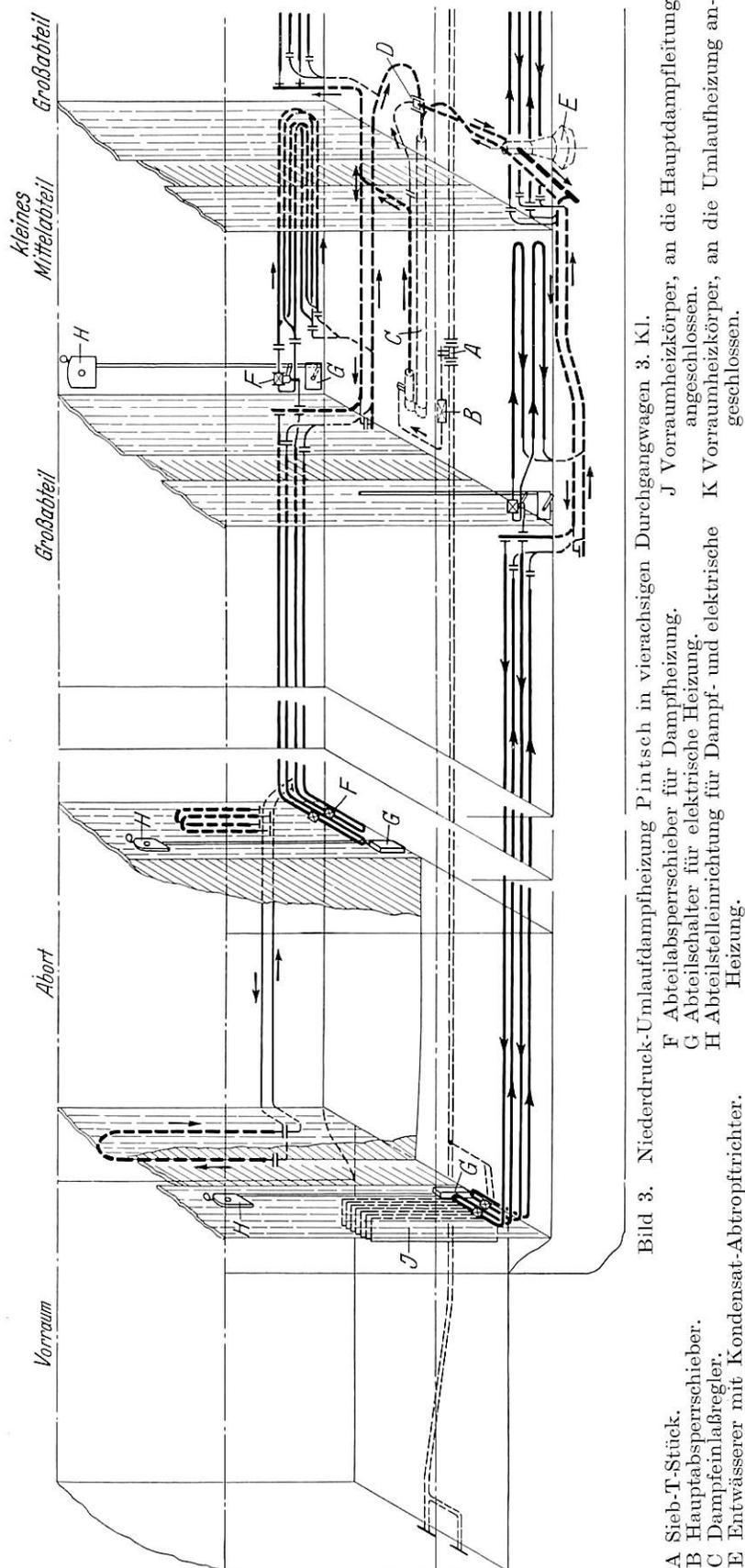


Bild 3. Niederdruck-Umlaufdampfheizung Pintsch in vierachsigen Durchgangswagen 3. Kl.

- A Sieb-T-Stück.
- B Hauptabsperrschieber.
- C Dampfeinlaßregler.
- E Entwässerer mit Kondensat-Abtropfrichter.
- F Abteilabsperrschieber für Dampfheizung.
- G Abteilschalter für elektrische Heizung.
- H Abteilstelleinrichtung für Dampf- und elektrische Heizung.
- J Vorräumeheizkörper, an die Hauptdampfleitung angeschlossen.
- K Vorräumeheizkörper, an die Umlaufheizung angeschlossen.

leitung tritt Dampf aus der Zuführungsleitung J in die Rücklaufleitung K und bringt das Aluminiumführlrohr F des Dampfeinlaßreglers auf höhere Temperatur. Das Düsenventil A des

*) Baur, H.: Heizung und Lüftung neuer D-Zug- und Personenzugwagen der Deutschen Reichsbahn. Zeitschrift „Heizung und Lüftung“, Band 12 (1938), Heft 9, S. 137/45.

erproben zu können, ist sie für den Einbau in die 3. Kl.-Durchgangswagen der künftigen Leichtbauart durchgebildet worden.

Der Heizdampf strömt aus der Hauptdampfleitung 11 über Zweigleitungen 12 unter dem Wagen (Bild 5) den Rippen-

Heizdampf von seinem Höchstdruck auf angenähert atmosphärischen Druck herunter. Es wird durch das Aluminiumrohr 2 gesteuert. Das Rohr ist so eingestellt, daß seine Ausdehnung bei einer Temperatur von 100° gerade genügt, um das

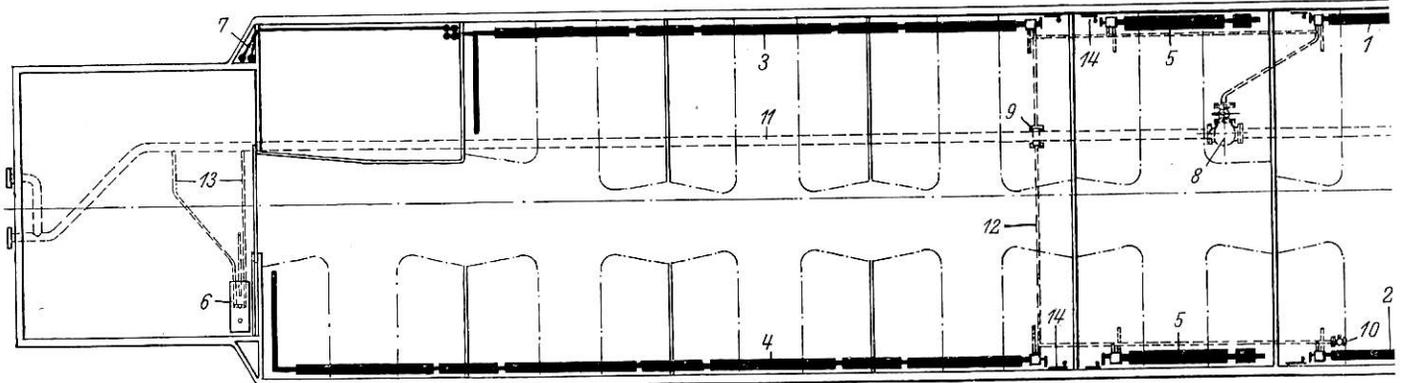


Bild 5. Niederdruckdampfheizung Friedmann in vierachsigen Durchgangswagen 3. Kl. (dargestellt auf ungefähr halbe Wagenlänge).

- 1 bis 5 Abteilheizkörper.
- 6 Vorraumheizkörper, an die Hauptdampfleitung angeschlossen.
- 7 Vorraumheizkörper, an die Niederdruckheizung angeschlossen.
- 8 saugender Wasserabscheider mit Hauptabsperrenteil.

- 9 Entwässerungsstück an der Hauptleitung.
- 10 wärme gesteuertes Entwässerungsventil.
- 11 Hauptdampfleitung.
- 12 Zweigleitung.
- 13 Zuleitung.
- 14 Abteilstelleinrichtung.

rohrheizkörpern 1 bis 5 an den Seitenwänden im Wageninnern zu. Er tritt zunächst durch einen Absperrschieber 6 (Bild 6), der von den Reisenden über Gestänge und Wandstellhebel betätigt werden kann, dann durch den Spalt zwischen Reglerventil 1 und dessen Sitz in ein Rippenrohr, das an den Flansch 3

Reglerventil zu schließen. Das Stopfbuchsstück 5 gibt die Möglichkeit, das Ausdehnungsrohr 2 von außen richtig einzustellen, ohne den Heizkörper auseinandernehmen zu müssen.

Als weiteres Kennzeichen der Friedmann-Heizung ist zu erwähnen, daß die Hauptdampfleitung nicht nach den Wagen-

enden hin in die Heizkupplungen entwässert, sondern nach Wagenmitte zu. Dort ist am tiefsten Punkt der Hauptdampfleitung ein Wasserabscheider nach Bild 7 eingeschaltet. Sein Gußgehäuse 1 enthält im oberen Teil das Siebrohr 2 für die Dampfentnahme zur Wagenheizung. Der Dampf setzt seine Druckenergie beim Durchströmen der engen Siebführung 3 in Geschwindigkeitsenergie um, der Druck sinkt also an dieser Stelle. Der Druckunterschied zwischen dem Siebzylinder 4, in dem sich das Niederschlagwasser der Hauptdampfleitung sammelt, und der Drucksenkungszone bei 3 fördert das Wasser in die Zuleitung zum Heiznetz. Tritt nun das mit dem Heizdampf fortgerissene Wasser durch die Ventile der Heizkörpereinlaßregler, so verdampft es infolge der Drosselung auf atmosphärischen Druck. Mit diesem „saugenden Wasserabscheider“ soll also erreicht werden, die Heizkupplungen zwischen den Wagen vom Hauptleitungskondensat zu entlasten und ferner das Kondensat durch Nachverdampfen infolge Drosselung in den Heizkörperreglern zur Heizung nutzbar zu machen. Wird nicht mehr geheizt,

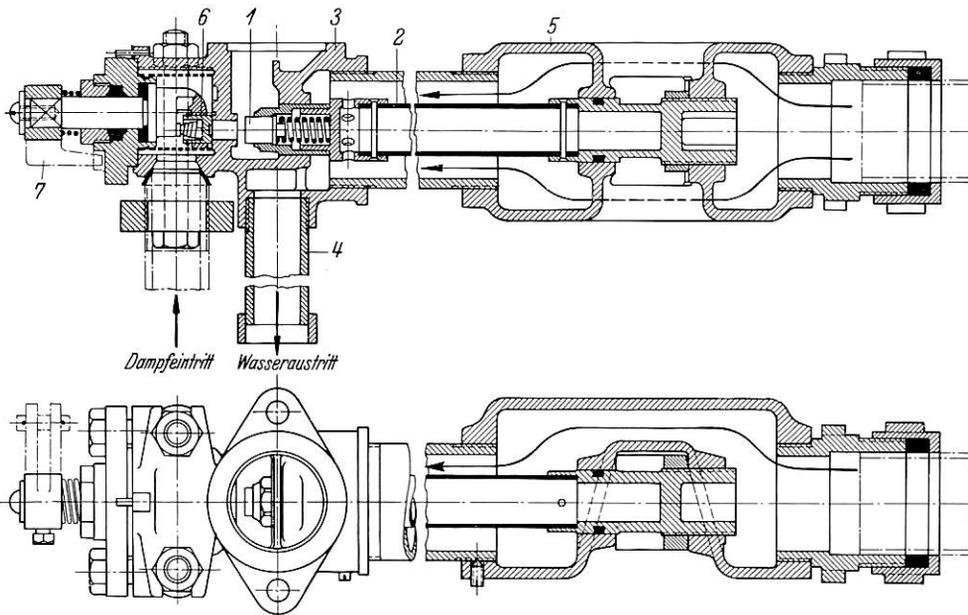


Bild 6. Niederdruckheizung Friedmann, Dampfeinlaßregler und Absperrschieber für Abstellheizkörper.

- 1 Regelventil.
- 2 Aluminium-Ausdehnungsrohr.
- 3 Reglergehäuse.
- 4 Kondensatabflußrohr.
- 5 Stopfbuchsstück für Einstellvorrichtung.
- 6 Absperrschieber.
- 7 Stellhebel zu 6.

angeschlossen ist. Es liegt parallel zum Aluminiumausdehnungsrohr 2, durch dessen Mantelrohr der Dampf zum Reglerende des Heizkörpers zurückkehrt. Das Niederschlagwasser fließt aus dem Entwässerungsrohr 4 jedes Heizkörpers ab. Die Einzelentwässerungsrohre können auch zu einer gemeinsamen Entwässerung zusammengefaßt werden.

Das Einlaßreglerventil 1 jedes Heizkörpers drosselt den

die Hauptdampfleitung also drucklos, so sorgt ein Kugelventil 5 für Entwässerung des Wasserabscheiders.

Die Friedmann-Niederdruckheizung unterscheidet sich von der Pintsch-Umlaufheizung demnach in folgenden wesentlichen Punkten:

1. Geheizt wird mit reinem Dampf, während die Umlaufheizung ein Dampf-Luft-Gemisch verarbeitet, dessen Dampf-

zusatz vom Dampfeinlaßregler in Abhängigkeit von Außentemperatur und Heizdampfbedarf des Wagens geändert wird. Die Temperatur der Heizkörperoberfläche bleibt deshalb bei der Friedmann-Heizung mit 100° stets gleich, bei der Umlaufheizung sinkt sie von 95° bei -20° Außentemperatur auf 55°

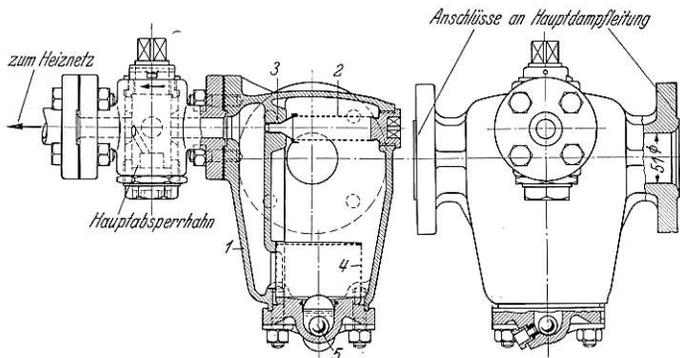


Bild 7. Niederdruckheizung Friedmann. Wasserabscheider.

- 1 Gehäuse. 3 Siebführung. 5 Entwässerungs-
2 Siebrohr. 4 Siebzylinder. Kugelhahn.

oder 70° (je nach der Reglerbauart) bei +15° Außentemperatur, paßt sich also dem Wärmebedarf an.

2. Jeder Heizkörper der Friedmann-Heizung besitzt einen Dampfeinlaßregler, während bei der Umlaufheizung nur ein Regler, gemeinsam für das ganze Heiznetz, vorhanden ist.

3. Die Hauptdampfleitung entwässert bei der Friedmann-Heizung in einen Wasserabscheider in Wagenmitte; das Niederschlagwasser der Hauptleitung wird durch Nachverdampfen zur Heizung ausgenützt. Bei der Umlaufheizung entwässert die Hauptleitung in die Heizkupplungen.

Zur Gewichtssenkung wurden bereits vor einigen Jahren für alle Wagen Rohre mit 1,5 mm Wandstärke und einem

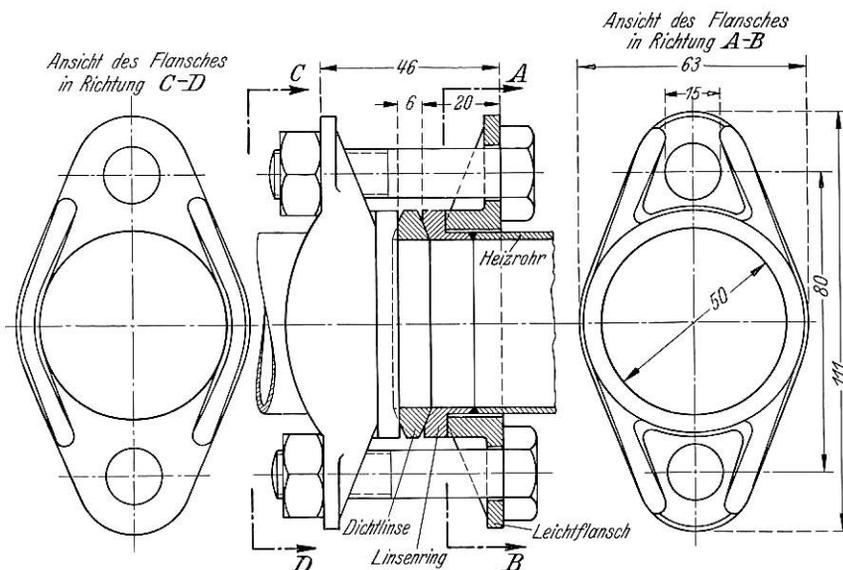


Bild 8. Leichtflanschverbindung für Heizrohre.

Rostschutzkupferzusatz von 0,3% eingeführt; sie ersetzen die bis dahin verwendeten Rohre mit 3 mm Wandstärke. Zur weiteren Gewichtsverminderung ist nunmehr eine neue Form der Rohrverbindungsflansche entworfen worden, die Bild 8 zeigt. Während der alte Flansch gleichbleibende Wandstärke über seine ganze Fläche aufweist, ist die neue Flanschform kleinerer Wandstärke mit Verstärkungsrippen versehen. Die Festigkeit ist nicht geringer, das Gewicht jedoch z. B. für eine

0,866 kg gesenkt. Für die gesamte Heizanlage eines D-Zugwagens beträgt die Gewichtsersparnis durch Leichtflansche 26 kg. Die genormte Dichtlinse wurde beibehalten, um die neuen Einheitsleichtflansche an Stelle der früheren Bauart Flanschverbindung von 48 mm lichter Weite von 1,444 kg auf

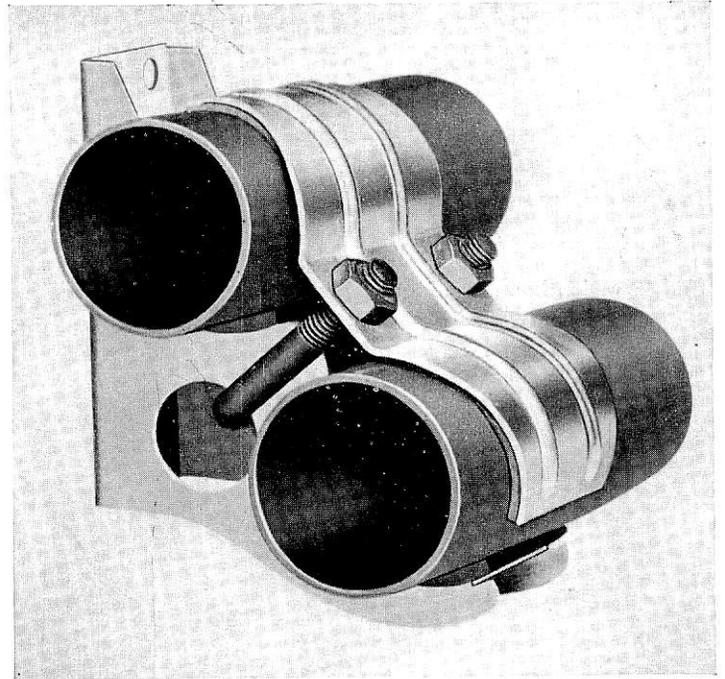


Bild 9. Tragschelle in Leichtbauart für Heizrohre.

auch bei Ausbesserungsarbeiten in ältere Wagen einbauen und mit nur einer Flanschbauart auskommen zu können.

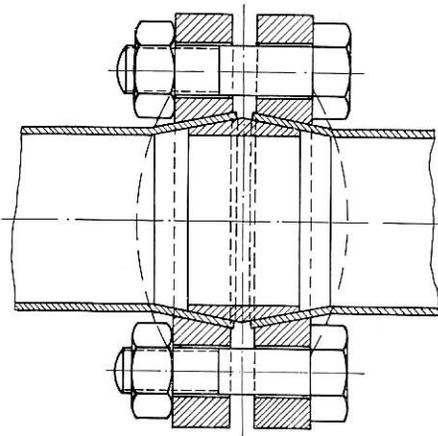
Die Tragschellen der Verteilungsringleitung und der Heizschlangen sind sämtlich in Leichtbauart aus 1 mm-Stahlblech geschweißt und an den Abteiwänden befestigt, so daß der Fußboden zur guten Reinigung vollkommen frei ist. Bild 9 zeigt eine Leichtschelle für vierachsige Durchgangswagen.

Die Führung der Dampfzuleitungsrohre unter dem Wagen und bei den C4üp-Wagen auch im Wageninneren wurde z. T. gegenüber der früheren Verlegung geändert. Damit ließ sich an Rohrlänge sparen.

Eine weitere Gewichtssenkung ergibt sich für Wagen mit selbsttätiger Heizreglung dadurch, daß für die elektrischen Steuerleitungen Panzerrohre aus Leichtmetall und mit kleinerer Lichtweite verlegt werden, als sie die bisherigen Stahlpanzerrohre hatten.

Die Leichtmetall-Sonderausführung der Dampfheizung in den fünf Versuchs-D-Zugwagen stimmt in der grundsätzlichen Bauart völlig mit der Stahlausführung überein. Alle Rohre, Befestigungsschellen und Flansche bestehen aus Aluminium-Mangan-Legierung (Al-Mn), Gußteile aus Silumin (G Al-Si), die freiliegenden Teile des

Dampfeinlaßreglers unter dem Wagen aus Hydronalium (Al-Mg 5 und G Al-Mg 5). Die Rohre sind teils eloxiert, um die Notwendigkeit der Eloxierung für den vorliegenden Verwendungszweck der Leichtmetallrohre zu klären. Die Rohrwandstärke beträgt 2 mm; nur die Hauptdampfleitung ist ihres höheren Druckes wegen mit 2,5 mm Wandstärke ausgeführt. Die Rohre sind nicht, wie bei Stahlausführung üblich, durch lose Flansche mit Linsenringen und Dichtlinse verbunden,



sondern durch lose Flansche mit Dichtkonus, der in die aufgeweiteten Rohrenden eingreift (Bild 10). Jegliche Wärmebehandlung der Rohre an ihren Verbindungsstellen, wie sie das Anschweißen von Linsenringen an die Rohrenden mit sich gebracht hätte, wurde so vermieden. Die Heizschlangen haben ovalen Querschnitt (Bild 11), der zwar teurer, aber für

Bild 10. Dichtkonusverbindung für Heizrohre aus Leichtmetall.

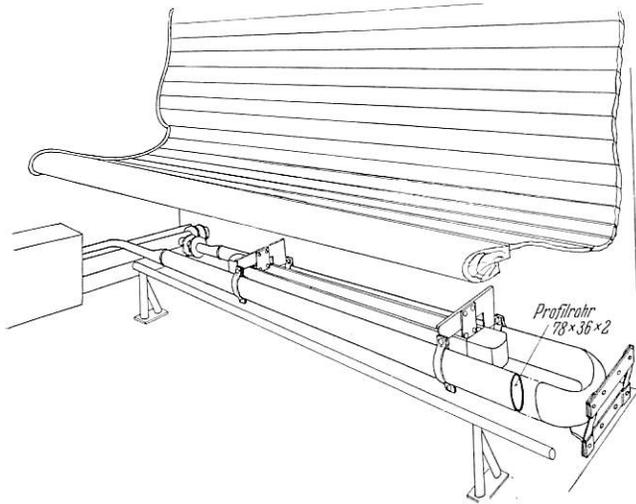


Bild 11. Dampf- und elektrische Heizung in Leichtmetallbauart; Abteilheizschlange und gehäuseloser elektrischer Ofen.

die Wärmeübertragung an die Raumluft günstiger ist, weniger Möglichkeit zur Staubablagerung gibt und die Öfen der elektrischen Heizung, die hier kein Gehäuse haben (s. u.), besser schützt. Da die lineare Wärmeausdehnung von Aluminium und Stahl sich wie 2:1 verhält, wurde das freie Ende der Heizschlange pendelnd aufgehängt (s. Bild 11, Vordergrund). Diese Aufhängung kann sowohl der Wärmeausdehnung der Heizschlange wie der Verteilungs-Ringleitung, an die die Schlange angeschlossen ist, nachgeben. Die Magnetspulen der elektromagnetischen Regelventile sind aus Aluminiumdraht gewickelt. Die Steuerleitungen der selbsttätigen elektrischen Heizreglung bestehen aus Kupfer.

Die folgende Zusammenstellung bietet eine Übersicht des Gesamtgewichts der Dampfheizung bisheriger Bauart, der Stahlleichtbauart und der Leichtmetallbauart.

Zahlentafel 1.
Gesamtgewicht der Dampfheizung.

	D-Zugwagen		Vierachsiger Durchgangswagen 3. Kl.	
	kg	%	kg	%
Lieferung 1937	1080	100	790	100
Stahlleichtbauart für künftige Wagen	920	85	700	89
Leichtmetallbauart	610	57	—	—

Die Angaben für die vierachsigen Durchgangswagen 3. Kl. sind dahin zu ergänzen, daß die Gewichte der Dampfheizungs-ausrüstungen Pintsch und Friedmann in Stahlleichtbauart etwa in derselben Größenordnung liegen.

Trotz der schon früher vorgenommenen Gewichtsverminderung der Dampfheizung ließen sich durch die Stahlleichtausführung für die künftige Wagenlieferung weitere

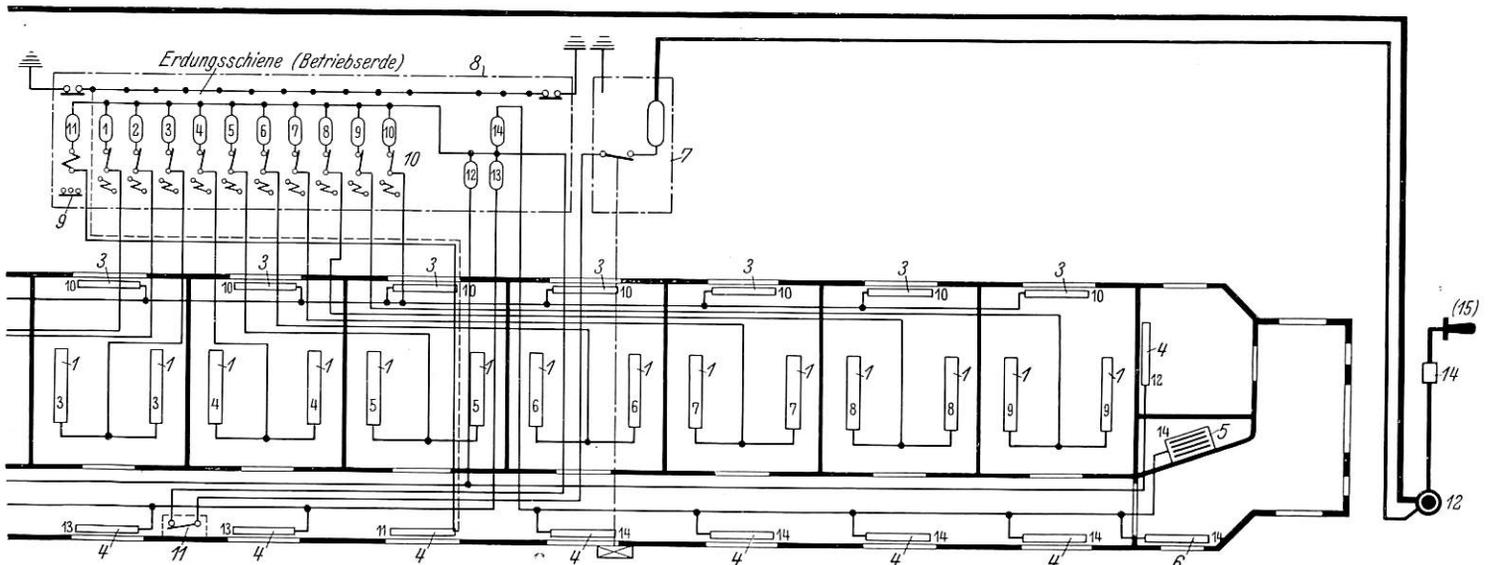


Bild 12. Schaltbild der elektrischen Heizung für D-Zugwagen 3. Kl. (dargestellt auf ungefähr halbe Wagenlänge).

- | | |
|---|--|
| 1 elektrischer Ofen 0,75 kW | 9 Steuerstromschütz. |
| 3 elektrische Heizscheide . . . 0,4 „ | 10 Heizschütz. |
| 4, 6 elektrische Heizscheide . . . 0,5 „ | 11 Nebenschalter |
| 5 elektrischer Ofen 1,5 „ | (vom Wageninneren zu bedienender Sicherheits-Hauptschalter). |
| 7 Hauptschalter und Hauptsicherung | 12 Heizkupplungs-Steckdose. |
| 8 Heizschütze und Verteilungssicherungen } in Gerätekästen. | 14 Halter für Kupplungskabel. |
| | 15 Heizkupplungs-Stecker. |

10 bis 15% an Gewicht einsparen. Die Leichtmetallbauart, die die Firma Pintsch ausgeführt hat, ergab eine Gewichtsersparnis von 43%.

2. Elektrische Heizung.

Das Schaltbild der elektrischen Widerstandsheizung für D-Zugwagen künftiger Bauart (Bild 12) gleicht bis auf

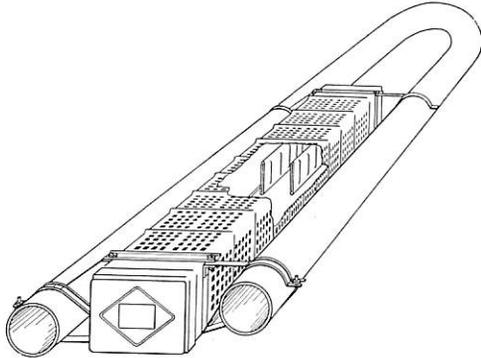


Bild 13. Aufhängung des elektrischen Ofens an der Dampfheizschlange in D-Zugwagen 3. Kl. künftiger Bauart.

unwesentliche Abweichungen dem der Wagenlieferungen 1938 und 1939. Änderungen, die bereits 1938 gegenüber der früheren Bauweise getroffen wurden, werden später unter den Leichtbaumaßnahmen behandelt, weil sie in erster Linie das Gewicht der elektrischen Heizung beeinflussen. Auch die elektrische Heizung der D-Zugwagen wird selbsttätig geregelt, und zwar

Heizung, sobald am Wärmeregler infolge Sonnenstrahlung oder Außentemperaturanstieg 12° überschritten werden.

Die Heizscheiden an der Abteifensterwand werden statt auf Fußbodenstützen auf Bügeln an der Wand befestigt, um den Fußboden einwandfrei reinigen zu können. Aus demselben Grunde stehen die Öfen unter den Sitzbänken nicht mehr zwischen den Schenkeln der Abteilheizschlangen auf dem Fußboden, sondern sind ohne Füße ausgeführt und an den Heizschlangen aufgehängt (Bild 13). Hierzu dienen Schellen, die über die Schlangenrohre greifen und in denen der elektrische Ofen festgespannt wird.

Der Gerätekasten der elektrischen Heizung umfaßt Hauptsicherung, Hauptschalter, Verteilungssicherungen für die verschiedenen Stromkreise, die Heizschütze für die einzelnen Abteile und das Steuerstromschütz. Für die letzten D-Zugwagenlieferungen waren alle diese Geräte in einem einzigen Silumingußkasten vereinigt. Die Seitenwandsäulen der neuen Wagen sind nun aus Festigkeitsgründen vom Obergurt bis zum Saumwinkel der Seitenwandschürze durchgeführt, ihr Abstand ist durch die Fensterbreite gegeben. Da die Baulänge des einteiligen Gerätekastens größer als dieser Abstand ist und sich der Heizschützenmaße wegen nicht noch weiter kürzen läßt, muß der neue Kasten zweiteilig ausgeführt werden; der eine Kastenteil enthält Hauptsicherung und Hauptschalter, der andere die übrigen Geräte. Beide sind so gegeneinander verriegelt, daß der Schütz- und Verteilungssicherungskasten nicht geöffnet werden kann, wenn der Hauptschalter eingeschaltet ist, und der Hauptschalter sich nicht einschalten läßt, wenn der Schütz- und Verteilungssicherungskasten geöffnet ist.

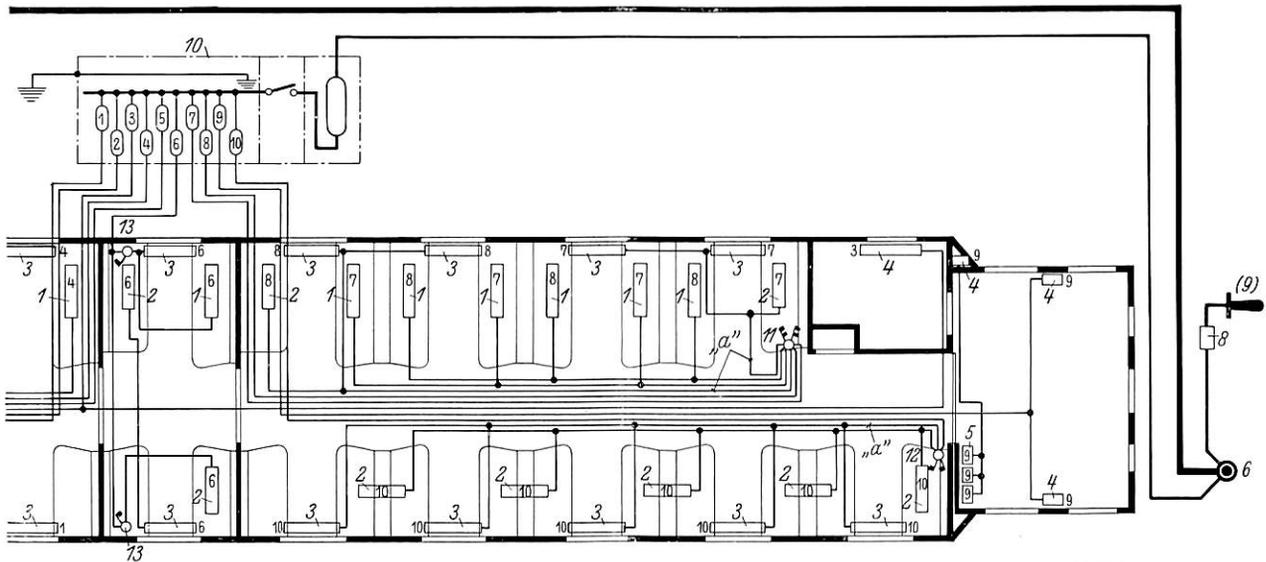


Bild 14. Schaltbild der elektrischen Heizung für vierachsige Durchgangswagen 3. Kl. (dargestellt auf ungefähr halbe Wagenlänge).

1 elektrischer Ofen	0,75 kW	8 Halter für Kupplungskabel.
3 elektrischer Ofen	0,5 „	9 Heizkupplungs-Stecker.
3, 5 elektrische Heizscheide	0,4 „	10 Hauptsicherung, Hauptschalter und Verteilungssicherungen in Gerätekasten.
4 elektrische Heizscheide	0,5 „	11 bis 13 Abteilschalter.
6 Heizkupplungs-Steckdose.		

durch dieselben Abteilheizregler, die der Dampfheizungsreglung dienen. Um den Fensterwandbereich der Abteile zu beheizen, ist ein Teil der Heizleistung in Gestalt von Heizscheiden hier untergebracht, 0,4 kW im 3. Kl.-Abteil, 0,5 kW im 1. und 2. Kl.-Abteil, entsprechend einem Mittelwert von 25% der Gesamtheizleistung eines Abteils. Dieser Heizleistungsanteil wird gemeinsam für alle Abteile von dem Wärmeregler in der Abteifensterwand gesteuert, der das Mäßigheizventil der Dampfheizung beeinflusst. Wie bei der Dampfheizung verringert sich demnach auch die Gesamtleistung der elektrischen

Im Schaltbild der vierachsigen Durchgangswagen (Bild 14) ist insofern eine Änderung eingetreten, als in den 3. Kl.-Räumen nicht nur Öfen unter den Sitzbänken aufgestellt sind, sondern ein Teil der Gesamtheizleistung, etwa 45%, für 0,4 kW-Heizscheiden an den Fensterwänden abgezweigt wurde. Die ganze Heizleistung läßt sich an den Fensterwänden räumlich nicht unterbringen; jedoch sollte an dieser Stelle stärksten Kälteeinflusses nunmehr auch bei der elektrischen Heizung nicht völlig auf Wärmeabgabe verzichtet werden. Die Heizscheiden sind mit Schellen an den Rohren der Dampf-

heizung befestigt, um den Fußboden zur Reinigung freizuhalten (Bild 15). Die Entfernung zwischen Heizscheide und Heizverkleidung bleibt dabei so groß, daß sich die Verkleidung nicht unzulässig stark erwärmt.

Elektrische Vorraumheizkörper werden nicht mehr wie bisher an die Wagenstirnwand angebaut; die Stirnwand bleibt von elektrischen Öfen frei. Außer je einer 0,5 kW-Heizscheide in der Säule zwischen den beiden Einsteigtüren jeder Wagenseite werden weitere Heizscheiden mit einer Leistung von insgesamt 1,0 kW unter den Dampfheizkörper an der Trennwand zwischen Vorraum und Fahrgastraum gesetzt (Abb. 4). In dieser Weise werden die Heizscheiden bereits seit einigen Jahren mit Erfolg in den D-Zugwagen-Vorräumen angeordnet; die Heizkörperverkleidung ist dadurch gegen zu starke Erwärmung gesichert.

Der Regelschieber der Dampfheizung und der elektrische Heizschalter werden durch denselben Stellhebel mit Gestänge betätigt. Ein Übersetzungs-Kettenantrieb berücksichtigt den Schaltweg des Schalters.

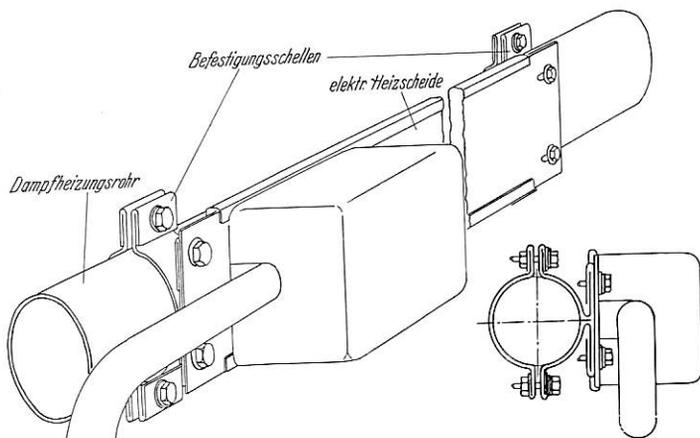


Bild 15. Befestigung der elektrischen Fensterwandheizscheide an den Dampfheizrohren der vierachsigen Durchgangswagen.

Da der Gerätekasten für die Durchgangswagen 3. Kl., deren Heizung ja nicht selbsttätig, sondern von Hand geregelt wird, nur Hauptsicherung, Hauptschalter und Verteilungssicherungen enthält, paßt er zwischen die Fenstersäulen, die auch hier bis zum Saumwinkel der Seitenwandschürze durchgeführt sind, und kann einteilig ausgeführt werden. Die Wagen 2./3. Kl. mit der selbsttätigen Heizreglung erhalten denselben Gerätekasten wie die D-Zugwagen.

Das Bestreben, die elektrische Heizung leichter zu bauen, hat schon bei der D-Zugwagenlieferung 1938 dazu geführt, die Zuleitung zu jedem elektrischen Ofen, die Rückleitung (Betriebserdleitung) und die Schutzerdleitung für die Erdung der Ofengehäuse in einem Stahlpanzerrohr zu verlegen; vorher wurden hierzu zwei Panzerrohre verwendet. Mit dieser Maßnahme war die Unterbringung der Betriebs- und Schutzerdleitungsanschlüsse in den oben genannten Gerätekästen verbunden (s. Bild 12 und 14). Besondere Erdungskästen, wie sie bis dahin verwandt wurden, konnten also entfallen. Diese „Einrohrverlegung“ der elektrischen Heizleitungen verringerte das Heizungsgewicht für D-Zugwagen bereits von 1108 auf 855 kg um 23%. Da sich an diese Maßnahme die Arbeiten, das gesamte Personenwagengewicht zu vermindern, zeitlich unmittelbar anschlossen, sei sie in die vorliegende Betrachtung einbezogen.

Für die weitere Gewichtssenkung der elektrischen Heizung war der Neuentwurf der elektrischen Öfen von großer Bedeutung. Die Blechstärke der Heizscheiden wurde von 1,5 mm auf 0,6 mm (Deckblech) und von 0,63 mm auf 0,4 mm (Mantel-

blech) vermindert, die Gehäuseblechstärke von 1,5 mm auf 0,5 mm. Um die nötige Festigkeit zu erreichen, erhielten sowohl die Heizscheidenbleche als auch die Gehäusewände Quersicken (s. a. Bild 13). Die Ofenfüße wurden früher aus 4 mm-Blech gefertigt, jetzt bestehen sie aus 2 mm-Blech mit Sicken. Ebenso werden die Heizscheidenträger aus 1 und 1,25 mm starkem Blech mit Versteifungseinprägungen hergestellt, statt früher aus 2 mm-Blech. Durch diese Maßnahmen konnte das Gewicht eines Ofens um rund 50% gesenkt werden, für den 1200 W-Ofen z. B. von 12,3 auf 5,9 kg. Der Ofenaufbau und alle Hauptmaße sind nicht geändert worden. Sowohl der Ofen als Ganzes als auch die Heizscheiden sind deshalb gegen die bisherige Bauart austauschbar und können als Ersatz in älteren Wagen verwendet werden. Somit kommt man künftig für Neubau und Unterhaltung mit einer Ofenbauart aus. In den Seitengängen der D-Zugwagen werden Heizscheiden an der Fensterwand befestigt; da sie unter der Heizverkleidung geschützt liegen, ist es nicht notwendig, Öfen mit Gehäuse einzubauen, so daß sich das Gehäusegewicht einsparen ließ. Auch hier ist nunmehr der Fußboden für die Reinigung frei.

Die Blinddosen für die Aufnahme der Heizkupplungsstecker im ungekuppelten Zustand bestanden bisher aus Gußeisen; künftig werden sie aus Preßstoff mit Gewebeschnitzleinlage (Stoffbezeichnung T 2) hergestellt und wiegen je Stück statt 4 kg nur noch 0,945 kg. Für einen Wagen werden also rund 6 kg Gewicht gespart. Aus demselben Werkstoff bestehen die Deckel der Abzweigkästen unter dem Wagen, die Kästen selbst aus Silumin.

Der Leichtbau der Gerätekästen, die ursprünglich aus Gußeisen, während der letzten Jahre aus Siluminguß hergestellt worden sind, wurde in der neuesten Entwicklung noch weitergeführt. Die Gerätekästen werden künftig ebenfalls aus Preßstoff mit Gewebeschnitzleinlage gefertigt, nachdem Festigkeitsversuche und Freilagerungsversuche, bei denen die Probestücke ständig den Witterungseinflüssen ausgesetzt waren, die Eignung dieses Stoffes ergeben haben. Das Gewicht der bisherigen Ausführung in Siluminguß läßt sich dadurch für die Kästen der Wagen mit selbsttätiger Heizreglung von 87 auf 64 kg (AB4ü-Wagen), für die Kästen der Wagen mit Handreglung von 43 auf 28 kg vermindern. Um die Anzahl der kostspieligen Preßgesenke möglichst klein zu halten, wird nur eine Kastenart vorgesehen, deren Lichtmaße sowohl für Hauptsicherung und -schalter als auch für die Verteilungssicherungen der vierachsigen Durchgangswagen mit Handreglung der Heizung ausreichen. Für diese Wagen und ebenso für Gepäckwagen werden zwei solche Kästen zu einer Einheit verschraubt und erhalten einen gemeinsamen Deckel mit dem Radius der Wagenseitenwandschürze. Der Gerätekastenteil für Wagen mit selbsttätiger Heizreglung, der außer den Verteilungssicherungen auch die Heizschütze und das Steuerstromschütz aufzunehmen hat, wird durch Zusammenfügen von drei Kästen gebildet und ebenfalls mit einem gemeinsamen, dem Schürzenradius angepaßten Deckel versehen.

Die Schellen zur Befestigung des Panzerrohres der Hauptheizleitung unter dem Wagen werden aus Stahlblech von 2,5 mm Stärke statt aus 4 mm-Blech gefertigt. Die vom Gerätekasten abgehenden Leitungen hatten bisher einen Querschnitt von 2,5 mm². Eingehende Prüfung ergab, daß mit 1,5 mm² auszukommen sei; in Zukunft werden Leitungen dieses Querschnitts verlegt und damit 9 kg erspart.

Eine weitere Maßnahme, Meidstoffe zu sparen, wenn auch ohne Gewichtsminderung, ist die Umprägung der Heizkupplungskabel mit Perbunan an Stelle der bisherigen Lederumhüllung. Dies bedeutet zugleich einen technischen Fortschritt, weil Perbunan das Kabel völlig wassersicher einfaßt und witterungsbeständig ist, während die Lederumhüllung verwittert und durch die Nahtlöcher Wasser eintreten läßt.

Die Leichtmetall-Sonderausführung der elektrischen Heizung stimmt im Schaltbild mit der oben beschriebenen Bauart für künftige Wagenlieferungen überein. Mit Ausnahme der Kupferleitungen besteht die ganze Anlage aus Leichtmetall, also die Heizscheiden und ihre Befestigungsteile, die Panzerrohre, ihre Verbindungsmuffen und die Schellen zur Rohrbefestigung. Reinaluminium wurde als Werkstoff gewählt, weil es nach den Vorerhebungen sowohl der Temperaturbeanspruchung bei den Heizscheiden als auch den Verarbeitungsanforderungen bei den Panzerrohren und sonstigen Teilen am besten zu genügen schien. Die Öfen unter den Abteilsitzbänken stützen sich auf die Dampfheizungsschlangen und besitzen kein Gehäuse. Bild 11 stellt diese Bauform dar. Der Gerätekasten ließ sich durch die Verwendung einer besonders klein bauenden Sonderschutzart (Birka GmbH., Berlin-Wannsee) so kurz halten, daß er sich in einem Stück zwischen die Fenstersäulen einfügte. Diese Heizungsausrüstung wiegt nur 41% der Lieferung 1937. Jedoch ergaben sich gewisse Schwierigkeiten beim Biegen der Panzerrohre und beim Schneiden der Gewinde auf ihre Enden. Offen ist das Korrosionsverhalten des Leichtmetalls, insbesondere die Bewährung der Leichtmetallheizscheiden mit ihrer verhältnismäßig hohen Temperatur von rund 180° im praktischen Dauerbetrieb. Bevor diese Fragen nicht geklärt sind, erscheint es nicht vertretbar, eine größere Wagenlieferung mit elektrischer Heizung in Leichtmetallbauart auszurüsten.

Die Verringerung des Gesamtgewichtes der elektrischen Heizungsausrüstung, die durch die geschilderten Maßnahmen erreicht werden konnte, ist in der folgenden Zahlentafel 2 wiedergegeben.

Zahlentafel 2.
Gesamtgewicht der elektrischen Heizung.

	D-Zugwagen		Vierachsiger Durchgangswagen 3. Kl.	
	kg	%	kg	%
Lieferung 1937	1108	100	1164	100
Stahlleichtbauart für künftige Wagen	727	66	745	64
Leichtmetallbauart	450	41	—	—

Wie aus der Zahlentafel hervorgeht, beträgt die Gewichts-senkung der elektrischen Heizung durch die Stahlleichtbauart 34 bis 36%. An den Entwurfsarbeiten und Probeausführungen waren die Firmen AEG, Julius Pintsch-KG und Schaltbau-GmbH., München, beteiligt. Um die Leichtmetallbauart bemühte sich die Firma Pintsch; hier wurde eine Gewichtsmin-derung von 59% erreicht.

3. Lichtstromversorgung.

Das seit mehr als einem Jahrzehnt bewährte Einheits-beleuchtungssystem der Deutschen Reichsbahn*) bleibt für die Personenwagen künftiger Bauart in seinen Grundzügen völlig erhalten. Diese Grundzüge sind:

1. Regelung der Lichtmaschinen-spannung auf einen passenden Wert, unabhängig von der Maschinendrehzahl und damit der Fahrgeschwindigkeit; die Maschinenspannung ist dabei den Erfordernissen einer ausreichenden, die Lebensdauer und Erhaltung des Speichervermögens der Sammler berücksichtigenden Sammleraufladung angepaßt,

*) Büttner, Max: Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personen-wagen, 4. Auflage, Berlin 1930.

Wölke, Herrmann: Die elektrische Beleuchtung von Eisen-bahnfahrzeugen bei der Deutschen Reichsbahn, 2. Aufl., Berlin 1935.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXXVII. Band.

2. Verwendung eines besonderen Lichtnetzreglers, der die von den Lichtmaschinen gelieferte Sammlerladespannung auf die Glühlampenspannung mit einem Zuschlag für Spannungs-verluste im Lichtnetz herabsetzt,

3. Verwendung von stufenlos mit ihrer Zusammendrückung veränderlichen Säulenwiderständen aus Kohleplättchen für den Spannungsregler der Lichtmaschine in deren Feldkreis und für den Lichtnetzregler,

4. Verwendung eines Maschinenselbstschalters, der die Lichtmaschine auf Sammler und Lichtnetz schaltet, sobald mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit und Maschinendrehzahl die Spannung der Lichtmaschine genügend hoch angestiegen ist.

Unbefriedigend war bisher der Gleichmäßigkeitsgrad der Lichtspannung, die zwischen Fahrt und Stand des Wagens oft erhebliche Unterschiede zeigte. Die Gründe dieses Zustandes und seine Verbesserung sind im folgenden dargelegt.

Seit 1934 verwendet die Reichsbahn für die Lichtstrom-versorgung ihrer Neubaupersonenwagen im Stillstand Nickel-Kadmium-Sammler. Zwar sind sie in der Beschaffung um etwa 30% teurer als Bleisammler, bedürfen jedoch im Betrieb weit geringerer Pflege, sind unempfindlich gegen Stöße und Kurzschlüsse,

können ohne Schaden beliebig lange unbenutzt bleiben, sind leichter und haben eine längere Lebens-dauer. Sie sind deshalb wirtschaftlicher als Blei-sammler. Wie aus Bild 16 hervorgeht, fällt nun die

Entladekennlinie der Nickel-Kadmium-Sammler steiler ab als die der Blei-sammler, so daß bei 5stündiger Entladung die Spannung eines zunächst voll geladenen Nickel-

Kadmium-Sammlers mit 18 Zellen, der bislang üblichen Zellenzahl, nach z. B.

3 Stunden auf 21,4 V, die Spannung eines Bleisammlers mit zwölf Zellen auf 23,3 V gesunken ist. Die Nickel-Kadmium-Sammler wurden deshalb aus 18 Zellen zusammengesetzt, weil sie mit dieser Zellenzahl in die genormten Kästen für Bleisammler von demselben Speichervermögen hineinpaßten und man sich die gegenseitige Austauschmöglichkeit beider Sammlerarten noch offenhalten wollte. Aus vorstehender Betrachtung geht hervor, daß bei nicht voll geladenem Sammler, einem häufig vorkommenden Betriebszustand, die Lampen eines Wagens mit Nickel-Kad-mium-Sammlern im Stand oder bei langsamer Fahrt wesentlich dunkler brennen als in Wagen mit Bleisammlern vergleichbaren Ladezustandes, zumal die Lichtstärke sich mit der dritten bis vierten Potenz der Spannung ändert.

Um diesen Mangel zu beseitigen, ist die Zellenzahl der Nickel-Kadmium-Sammler für die künftige Wagenbauart von 18 auf 21 erhöht worden. Auf die Austauschmöglichkeit gegen Bleisammler wurde dabei zugunsten des technischen Fortschrittes bewußt verzichtet. Der belastete 21-Zellen-Sammler hat — nach dem starken Spannungsabfall während der ersten Viertelstunde der Entladung — eine Anfangsspannung von etwa 27 V, die bei 5stündiger Entladung nach 3 Stdn. auf 25 V sinkt. Die Glühlampenlichtstärke wird nunmehr auch bei längeren Zugaufenthalten nicht mehr die Lichtstärke bei Fahrt unterschreiten.

Die größere Sammlerspannung erfordert eine größere Ladespannung der Lichtmaschine; dazu mußte die Wicklung

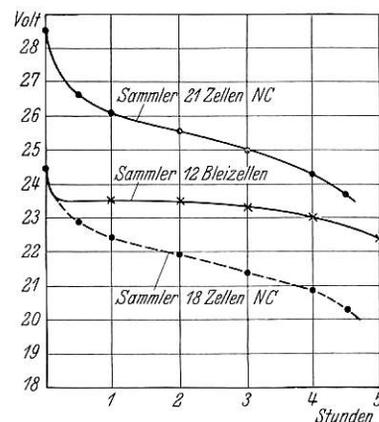


Bild 16. Entladekennlinien mit Nickel-Kadmium-Sammlern (NC) und Bleisammlern.

des Spannungsreglers der Maschine geändert werden. Diese Änderung hatte auch die Wirkung des Lichtstroms, der einen Teil der Spannungsreglerwicklung (Bild 17, Lichtwindungen F des Lichtmaschinenspannungsreglers) durchfließt, auf die Spannungslage der Maschine zu umfassen. Der bisherige Regler nahm auf den empfindlicheren Bleisammler Rücksicht und regelte bei Tagfahrt, also abgeschaltetem Lichtnetz, auf kleinere Ladespannung von 28 V max, als bei Nachtfahrt, um einem Verschlammen der Bleisammler vorzubeugen. Bei Nachtfahrt dagegen, wenn im Stand des Wagens Lichtstrom vom Sammler abgegeben werden mußte, wurde mit höherer Spannung von 30,5 V max geladen. Um das Speichervermögen

Zukunft sehr wertvolle Maßnahmen lassen sich mit einem ganz unwesentlichen Gewichts- und Kostenaufwand erreichen.

Die Spannung des Lichtnetzes, die der Lichtnetzregler einzuhalten hat, behält den bisherigen Wert von 25,7 V. Da aber die Anfangsspannung des geladenen Nickel-Kadmium-Sammlers mit 21 Zellen etwa 27 V, unmittelbar nach der Aufladung sogar 28,5 V beträgt, war es notwendig, auch diesen Regler zu ändern. Während nämlich bisher die Kohlesäule des Lichtnetzreglers nur bei Speisung des Lichtnetzes durch die Lichtmaschine den Lichtstromkreisen vorgeschaltet war, im Stand oder bei langsamer Fahrt des Wagens der Sammler aber unmittelbar mit dem Lichtnetz verbunden wurde, muß nunmehr auch bei Lichtstromlieferung aus dem Sammler der Regler dem Lichtnetz vorgeschaltet sein. Denn es ist nicht nur der Unterschied zwischen der Ladespannung der Lichtmaschine und der Lichtnetzspannung, sondern auch zwischen der erhöhten Sammlerspannung und der Lichtnetzspannung zu vernichten.

Das Schaltbild (Bild 17) gibt rechts oben den grundsätzlichen Aufbau des Lichtnetzreglers wieder. Bei der bisherigen Höchstladespannung von 30,5 V im Lichtbetrieb hatte die Kohlesäule des Reglers einen Spannungsabfall von $30,5 - 25,7 = 4,8$ V zu erzeugen, also bei einem Höchstlichtstrom von 45 A eine Leistung von $4,8 \cdot 45 = \sim 200$ W in Wärme umzusetzen. Die entsprechende Ladespannung beträgt nunmehr 32 V, der notwendige Spannungsabfall zwischen Lade- und Lichtnetzspannung demnach $32 - 25,7 = 6,3$ V. Da der Höchstlichtstrom auf 80 A vergrößert wurde, um einen Spielraum für die weitere Entwicklung zu haben, muß der Regler einer Leistung von $6,3 \cdot 80 = 500$ W genügen. Der Umsatz dieser Leistung in Wärme läßt sich mit einer Kohlesäule nicht mehr beherrschen, so daß deren drei vorgesehen werden mußten (X, Y, Z in Bild 17). Diese Säulenzahl ergab zugleich die beste Ausnutzung des verfügbaren Raumes für die verlangte Leistung und eine günstige Unterteilung des gesamten Säulenwiderstandes für die nachstehend beschriebene Reihen-Parallelschaltung der Kohlesäulen. Ist der Lichtstrom klein, brennen beispielsweise nur die Zugschlußsignallaternen mit einem Stromverbrauch von 2 A, so wird durch die drei Kohlesäulen in Parallelschaltung kein genügender

Spannungsabfall mehr erzeugt. Deshalb schalten die Kontakte Q, R eines Umschaltrelais die drei Kohlesäulen in Reihe, sobald der Lichtstrom auf ein bestimmtes Maß gesunken ist. Die Umschaltung leiten die Kontakte O und P über die Relaispulen T und S ein. Steigt z. B. mit sinkendem Lichtstrom die Maschinenspannung an, so dreht sich der Anker des Lichtnetzreglers entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn, um die Kohlesäulen zu entlasten und ihren Widerstand zu vergrößern. Der Kontaktarm am Regleranker überbrückt schließlich die Kontakte P, wenn die Regelfähigkeit des Geräts in Parallelschaltung der Kohlesäulen erschöpft ist. Dann wird die Spule S vom Strom durchflossen, und das Relais steuert die Kohlesäulen durch Öffnen der Kontakte Q und R auf Reihenschaltung um. Bei steigendem Lichtstrom und sinkender Maschinenspannung läuft der umgekehrte Vorgang ab. Die Kontakte V und U

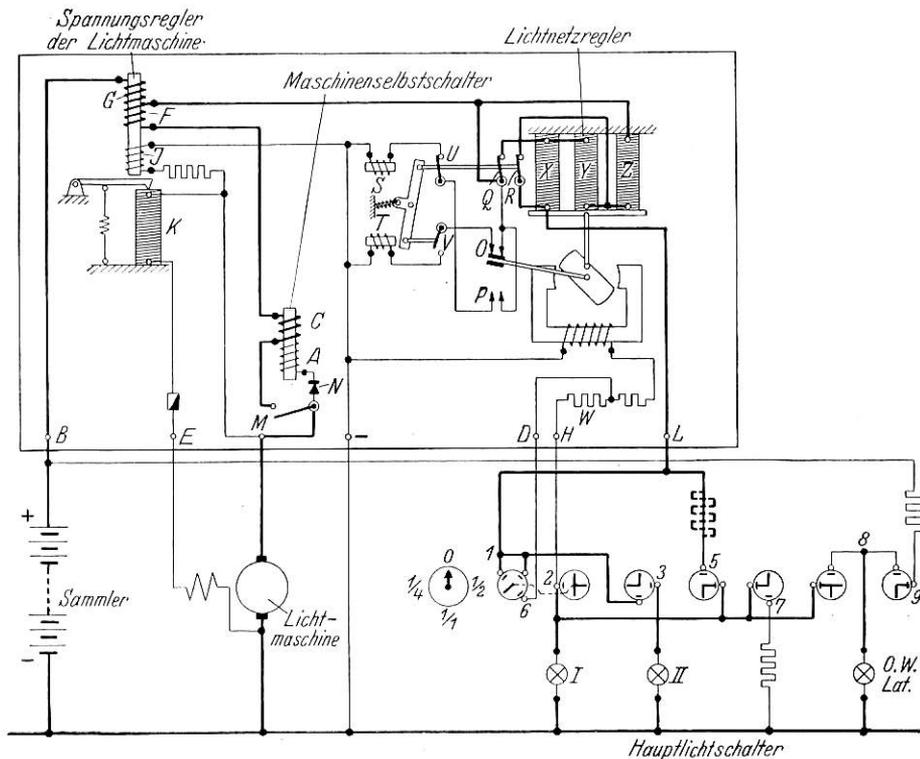


Bild 17. Schaltbild der Beleuchtungsanlage für Personenwagen künftiger Bauart.

- A Spannungswicklung des Maschinenselbstschalters.
- C Haltewicklung des Maschinenselbstschalters.
- F Lichtstromwindungen des Spannungsreglers der Lichtmaschine.
- G Ladestromwindungen des Spannungsreglers der Lichtmaschine.
- J Spannungswicklung des Spannungsreglers der Lichtmaschine.
- K Kohleplättchen-Säule des Spannungsreglers der Lichtmaschine.
- M Schaltfeder des Maschinenselbstschalters.
- N Sperrzelle des Maschinenselbstschalters.
- O, P Einschaltkontakte für S, T.
- Q, R Umschaltkontakte für X, Y, Z.
- S, T Spulen des Umschaltrelais.
- U, V Schaltfedern des Umschaltrelais.
- X, Y, Z Kohleplättchen-Säulen des Lichtnetzreglers.

der Nickel-Kadmium-Sammler zu erhalten, ist es wichtig, sie genügend lange mit genügend hoher Spannung zu laden. Deshalb regelt der neue Regler, der ja nur auf Nickel-Kadmium-Sammler zugeschnitten zu sein braucht, bei Tagfahrt und abgeschaltetem Licht auf eine höhere Spannung von 35 V max als bei Nachtfahrt, wenn der Lichtstrom durch die Lichtwindungen der Reglerwicklung fließt. Die Spannung beträgt dann 32 V max. Die Wirkung des Lichtstroms auf die Lichtmaschinenspannung ist demnach bei dem neuen, ausschließlich für Nickel-Kadmium-Sammler bestimmten Regler gerade umgekehrt wie bei dem bisherigen Regler, der für die Eigenart der Bleisammler entwickelt war. Der Feldregler ist ferner so ausgelegt, daß er mit Rücksicht auf eine später etwa gewünschte Vergrößerung der Stromversorgungsanlage Lichtmaschinen bis zu 140 A Dauerstromabgabe genügt. Derartige, für die

Spannungsabfall mehr erzeugt. Deshalb schalten die Kontakte Q, R eines Umschaltrelais die drei Kohlesäulen in Reihe, sobald der Lichtstrom auf ein bestimmtes Maß gesunken ist. Die Umschaltung leiten die Kontakte O und P über die Relaispulen T und S ein. Steigt z. B. mit sinkendem Lichtstrom die Maschinenspannung an, so dreht sich der Anker des Lichtnetzreglers entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn, um die Kohlesäulen zu entlasten und ihren Widerstand zu vergrößern. Der Kontaktarm am Regleranker überbrückt schließlich die Kontakte P, wenn die Regelfähigkeit des Geräts in Parallelschaltung der Kohlesäulen erschöpft ist. Dann wird die Spule S vom Strom durchflossen, und das Relais steuert die Kohlesäulen durch Öffnen der Kontakte Q und R auf Reihenschaltung um. Bei steigendem Lichtstrom und sinkender Maschinenspannung läuft der umgekehrte Vorgang ab. Die Kontakte V und U

unterbrechen die Stromkreise der Umschaltspulen T und S jeweils, nachdem die Umschaltung eingeleitet ist.

Auch der Maschinenselbstschalter MAC (Bild 17, Mitte) wurde verbessert. Die Spannungswicklung A des Selbstschalters, der die Aufgabe hat, die Lichtmaschine auf Sammler und Netz zu schalten, sobald ihre Spannung hoch genug liegt, ist über eine Eisen-Selen-Sperrzelle N an die eine Maschinenklemme gelegt. Erst wenn die Maschinenspannung die Sammlerspannung um 4 V übersteigt, schaltet der Selbstschalter die Maschine ein; er fällt wieder ab, wenn der die Haltewicklung C der Selbstschalterspule durchfließende Maschinenstrom nahezu auf den Wert Null zurückgegangen ist. Durch diese Abhängigkeit des Einschaltens der Lichtmaschine von der Sammlerspannung wird vermieden, daß beim Anfahren des Wagens und bei voll geladenem Sammler der Selbstschalter mehrfach hintereinander anzieht und sogleich wieder abfällt, weil der Stromfluß durch die Wicklung C zu gering ist; ihre Amperewindungen reichen dann nicht aus, um den Schalter im Einschaltzustand zu halten. Die Sperrzelle sorgt also dafür, daß die Maschinenspannung erst genügend hoch ansteigt, um mit Sicherheit den erforderlichen Haltestrom durch die Haltewicklung C fließen zu lassen.

Bild 18 zeigt die Ansicht des neuen Zugbeleuchtungsreglers, der die beschriebenen Teile — Lichtmaschinen-Spannungsregler, Lichtnetzregler mit Umschaltrelais, Maschinenselbstschalter — in sich vereinigt. Rechts ist der Lichtnetzregler angeordnet; die dritte Kohlesäule liegt hinter den beiden sichtbaren Säulen. Links erkennt man den Feldregler der Lichtmaschine, in der Mitte über der Erregerstromkreissicherung sitzt das Umschaltrelais des Lichtnetzreglers. Unter dem Lichtnetzregler befindet sich der Maschinenselbstschalter, unter dem Feldregler sind dessen Windungsklemmleisten untergebracht; sie dienen zur Einstellung der Wicklungswindungen des Reglers entsprechend der Wagenbeleuchtungsanlage, für die er verwendet wird. Die Umgestaltung des Zugbeleuchtungsreglers für seine neuen Aufgaben hat die Julius Pintsch K. G. durchgeführt.

Die Lichtschalttafel (Bild 19), wie bisher in einem besonderen Schrank an einem Wageneinde eingebaut, ist nach dem Entwurf der Firma Fahrzeugbeleuchtung G. m. b. H., Berlin, gänzlich geändert worden. Statt der bisherigen Stromkreissicherungen werden künftig Kleinselbstschalter verwendet; Ersatzsicherungen brauchen also außer für die selten schadhafte Maschinen- und Sammlerhauptsicherungen nicht mehr im Wagen mitgeführt zu werden. Klemmleisten sorgen für einen übersichtlichen, Irrtümer vermeidenden Anschluß der Stromkreise. Die Merklampen für die Lichtmaschine und die selbsttätige Regelung der Dampf- und elektrischen Heizung sind auf die Schalttafel gesetzt worden; ebenso wurden die Prüfklemmen der selbsttätigen Heizreglung auf der Tafel untergebracht. Damit sind diese Teile, die bisher verstreut angeordnet waren, organisch zusammengefaßt. Die Preßstoffabdeckkappe der Merklampen besitzt durchleuchtende Felder mit der üblichen dreisprachigen Beschriftung (deutsch, französisch, italienisch): Lichtmaschine, Dampfheizung, Elektrische Heizung; sie ist durch ein Sicherheitsglasfenster der Schaltschranktür zu beobachten. Die ganze Tafel läßt sich nach unten klappen, so daß in Störungsfällen die gesamte Anlage schnell, einfach und genau durchgeprüft werden kann. Die Schalttafel besteht aus schwarzem Kunstharzpreßstoff.

Wie oben gesagt, werden die Zugschlußsignallaternen der künftigen Personenwagen elektrisch beleuchtet. Die elektrische Beleuchtung ersetzt das bisherige Petroleumlicht. Seit einigen Jahren laufen bereits Versuche mit elektrisch be-

leuchteten Schlußsignalen. Nachdem ausreichende Erfahrungen mit diesen Laternen vorliegen, steht nichts mehr im Wege, ihre Vorteile auszunutzen. Vorteilhaft ist insbesondere die größere Sicherheit gegen Verlöschen und die Ersparnis an

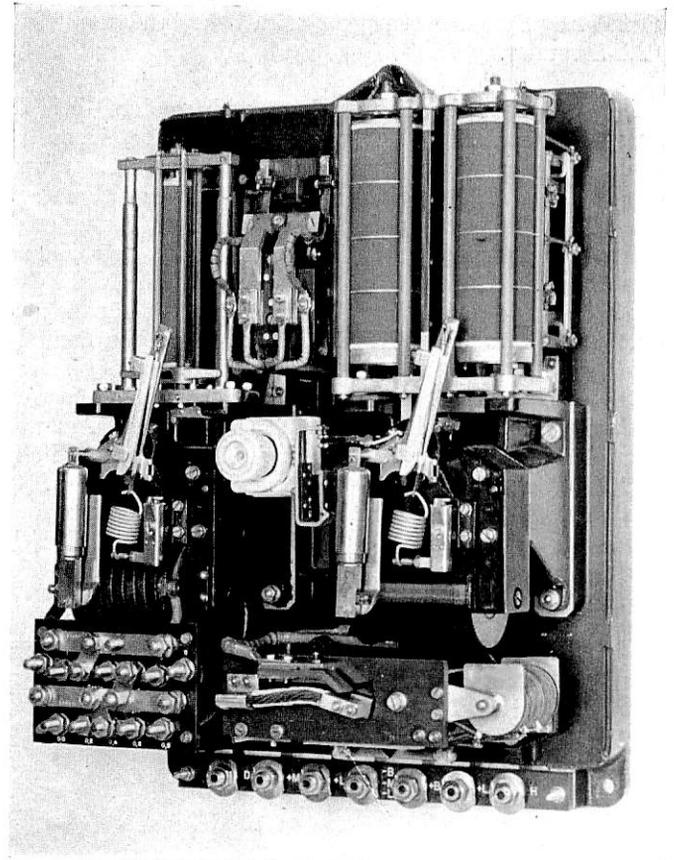


Bild 18. Zugbeleuchtungsregler neuer Bauart.

Bahnarbeitern für Aufstecken, Abnehmen und Pflegen der Petroleumschlußlaternen.

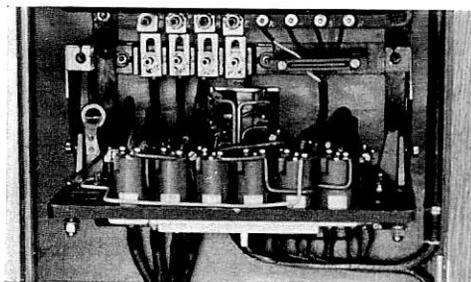
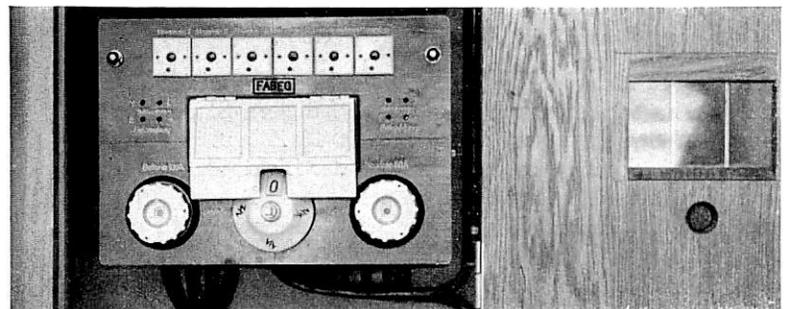


Bild 19. Lichtschalttafel.
oben: Ansicht, rechts Schaltschranktür mit Ausschnitt für Merklampen und Lichthauptschalter.

unten: Schalttafel zur Prüfung herabgeklappt.

Als Lichtmaschine wurde die bisherige bewährte Bauart mit 70 A Dauerstrom und einer Dauerleistung von 2,1 kW bei 30 V Klemmenspannung gewählt. Eine neu entwickelte leichte Schnellläuferlichtmaschine in großer Stückzahl einzu-

setzen, erschien mangels einer genügend langen Betriebs-erprobung zu gewagt.

Die Beleuchtungsanlage ist für alle D-Zug- und vier-achsigen Durchgangswagen gleich mit Ausnahme des Sammlers: die vierachsigen Durchgangswagen 3. Kl. besitzen Sammler von 180 Ah Speichervermögen, sämtliche anderen Wagen 240 Ah-Sammler.

Leichtbaumaßnahmen hatten besonders bei dem schwersten Teil der Zugbeleuchtung, dem Sammler, einzusetzen; dies um so mehr, als die Sammlerzellenzahl vergrößert wurde und wesentliches Mehrgewicht auf alle Fälle vermieden werden mußte. Die Abmessungen der Nickel-Kadmium-Sammler entsprachen bisher denen der Bleisammler, um sie gegeneinander austauschen zu können. Der Rauminhalt einer Nickel-Kadmium-Zelle war dabei nicht voll ausgenutzt. Da für die neuen Wagen jedoch ausschließlich mit Nickel-Kadmium-Sammlern zu rechnen ist, konnte diese Maßbeschränkung aufgegeben und der Nickel-Kadmium-Sammler mit Abmessungen entworfen werden, die dem wirklichen Bedürfnis entsprechen. Außerdem wurden die Sammlerkästen, in denen je drei Zellen zusammengefaßt sind, zur weiteren Gewichtsersparnis nur mit Stützleisten statt eines Bodens und mit geringerer Wandstärke ausgeführt. Im grundsätzlichen Aufbau und den elektrischen Eigenschaften gleichen die Leichtsammler völlig der bisherigen bewährten Bauart. Es gelang, den 180 Ah-Leichtsammler mit

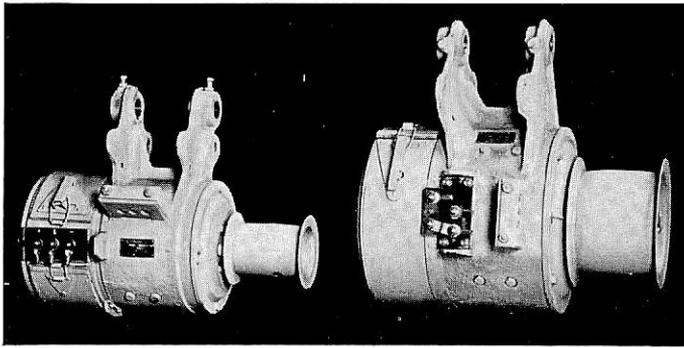


Bild 20. Lichtmaschine in Leichtbauart (links) und bisherige Bauart (rechts).

21 Zellen um 13 kg leichter, den 240 Ah-Sammler mit 21 Zellen um nur 8 kg schwerer zu bauen als die früheren Sammler von demselben Speichervermögen, aber mit 18 Zellen.

Abzweigklemmen im Leitungsnetz der Lichtanlage werden durch Verlöten der Zweigleitungen mit den Hauptleitungen vermieden, die Hauptleitungen werden ohne Schutzrohr in die Hohlprofile von Deckenverstrebrungen oder in Auskehlungen von Deckenleisten verlegt. Etwa 20 kg konnten durch diese Maßnahmen eingespart werden.

An Gewicht wurde ferner bei den Hilfsbauteilen für die Beleuchtungsanlage gespart. So besitzen die Wagen künftiger Bauart keine besonderen, am Wagenuntergestell aufgehängten Sammlerbehälter mehr. Vielmehr sind die Behälter in die Unterstellkonstruktion so einbezogen, daß Unterstellquerträger die Behälterseitenwände und Teile der Wagenseitenwandschürze die Behälterklappdeckel bilden. Die Lichtmaschinen hingen bisher an U-Eisenkragträgern, die mit dem Obergurt des Drehgestellrahmens vernietet waren. Nunmehr ist der Rahmen selbst an der Drehgestellstirnseite kragträgerartig ausgebildet und versteift, um die Aufhängelager der Lichtmaschine aufzunehmen.

Die fünf Leichtbau-D-Zug-Versuchswagen haben Lichtmaschinen in Leichtbauart erhalten. Bild 20 stellt eine Leichtbaumaschine (Bauart Pintsch) im Vergleich zu einer Maschine bisheriger Bauart dar und läßt das Größenverhältnis

gut hervortreten. Die Kennzahlen der Leichtbaumaschine im Vergleich zur bisherigen Bauart sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 3.

Lichtmaschinen-Kennzahlen.

	Lichtmaschine bisheriger Bauart (Dp 1)	Lichtmaschine in Leichtbauart (Dp L)
Gewicht kg	145	90
Dauerstrom A	70	70
Durchmesser Maschinenscheibe/Achs- riemenscheibe mm	200/400 = 1:2	110/500 = 1:4,55
Drehzahlgrenzen für die Dauerleistung U/min .	440/2200	1170/3500
Einschalt-drehzahl U/min	335	1040
Einschalt-Fahr- geschwindigkeit km/h	31	43

Das Maschinengewicht wurde, wie aus der Zahlentafel ersichtlich, vermindert durch Steigerung der Drehzahl auf das Zwei- bis Dreifache des bisherigen Wertes. Damit ist die obere Drehzahlgrenze für Riemenantrieb erreicht, gegeben durch den baulich möglichen größten Durchmesser der Achsriemenscheibe einerseits und den für eine sichere Kraftübertragung kleinstmöglichen Durchmesser der Maschinenscheibe andererseits. Wegen der hohen Betriebsbeanspruchung des Maschinengehäuses, z. B. durch Steinschlag, ist es in Stahlguß, nicht in Leichtmetall ausgeführt worden. Der Einsatz der Versuchswagen im Betrieb wird die Bewährung der Leichtbaumaschine zu erweisen haben, insbesondere was die Lager bei der höheren Dauerlastdrehzahl und die ausreichende Ladung der Sammler bei der höheren Einschalt-drehzahl betrifft.

Zahlentafel 4.

Gesamtgewicht der Lichtstromversorgungs-
anlage.

		D-Zugwagen		Vierachsiger Durchgangswagen 3. Kl.	
		kg	%	kg	%
Lieferung 1937	Anlage außer Sammler	337	—	329	—
	Sammler	300	—	258	—
	Summe	637	100	587	100
Bauart für künftige Wagen	Anlage außer Sammler	328	—	320	—
	Sammler	308	—	245	—
	Summe	636	~ 100	565	96
Leichtausrüstung der Versuchs- D-Zugwagen	Anlage außer Sammler	273	—	265	—
	Sammler	308	—	245	—
	Summe	581	91	510	87

Die Zahlentafel 4 enthält eine Übersicht der Gesamtgewichte der besprochenen Lichtstromversorgungsanlagen und ihrer Verhältniszahlen.

Die Zusammenstellung zeigt, daß trotz der bedeutenden technischen Verbesserungen die Lichtstromversorgungsanlage für die künftigen D-Zugwagen nicht schwerer ist als die bisherige Ausrüstung und daß sie für die künftigen Durchgangswagen sogar noch 4% weniger wiegt.

Rundschau.

Neue Gesichtspunkte für die Konstruktion von Personenwagen in Amerika*).

Drehstellprüfungen.

Seit fünf Jahren hat die Milwaukee-Bahn eine Reihe von Versuchen mit Personenwagendrehgestellen verschiedener Bauart durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurden die Einsteigefußtritte an den Wagen abgenommen und an deren Stelle bis auf 35 cm über SO herabgezogene Beobachtungsstände mit Fenstern aus splittersicherem Glas in der senkrechten Kastenwand dicht gegenüber den Rädern angebaut, so daß der Beobachter die Bewegungen und das Verhalten der Drehgestelle während der Fahrt genau verfolgen konnte. Bei einigen Versuchen wurden auch Filmaufnahmen gemacht.

Untersucht wurden neun verschiedene Bauarten von Drehgestellen und diese mit mehr als 50 verschiedenen Abarten und Federanordnungen geprüft. Alle diese Drehgestelle waren zweiachsig und entsprachen mehr oder minder der herkömmlichen Bauart. Sie hatten mit Ausnahme von dreien, die später beschrieben sind, Schwanenhalsträger und Wiegenfedern. Die Versuchs-drehgestelle wurden unter Wagen gesetzt, die in schnellfahrende Reisezüge eingestellt wurden. Mittels besonderer Meßapparate wurden bei jeder Versuchsfahrt die Schwingungen der Wagen in senkrechter und waagerechter Richtung und in der Längsachse gemessen und gleichzeitig aufgezeichnet.

Vor etwa zehn Jahren wurde als Regelbauart das dreiachsige Drehgestell eingeführt, dessen Laufeigenschaften befriedigten. Wegen seines hohen Gewichtes ging man jedoch später allgemein wieder zu dem zweiachsigen Drehgestell über. Man glaubte, daß die guten Laufeigenschaften des dreiachsigen Drehgestells auf seinen großen Achsstand zurückzuführen seien. Zur Prüfung, welchen Einfluß ein großer Achsstand auf die Laufeigenschaften hat, wurde eine Reihe von Versuchen mit einem der üblichen dreiachsigen Drehgestelle durchgeführt. Sodann wurde die Mittelachse des Drehgestelles entfernt und die Achslagergehäuse der Endachsen durch Schwanenhalsträger verbunden, so daß man ein zweiachsiges Drehgestell von 3,35 m Achsstand hatte. Die damit erzielten Ergebnisse waren jedoch nicht annähernd so gut, als mit dem gleichen Drehgestell mit drei Achsen. Man baute nun die gleiche Federanordnung der dreiachsigen Drehgestelle in ein zweiachsiges Drehgestell üblicher Bauart und erzielte damit die gleichen Laufeigenschaften wie beim dreiachsigen Drehgestell. Die Versuche beweisen, daß die Größe des Achsstandes allein nicht maßgebend für einen guten Wagenlauf ist. Ferner wurde ein neu entwickeltes Drehgestell („Knee-action“ genannt) untersucht, bei dem die Wiege auf Schraubenfedern und der Drehgestellrahmen auf die Achslagergehäuse mittels Blatt- und Schraubenfedern gelagert ist (Bild 1). Es wurde mit verschiedenen Federanordnungen und auch mit Gummifederung und Federn mit Holzfüllung geprüft. Mit keiner Federkombination war jedoch der Lauf dieser Drehgestellbauart zufriedenstellend. Es war zu empfindlich und ungleichmäßig im Lauf, hatte die Neigung zu galoppieren und legte sich zu stark in die Kurven. Der Haupteinwand gegen dieses Drehgestell vom Standpunkt des Wagenbaues war, daß es nicht gelang, ein ziemlich starkes Schwingen in senkrechter Richtung bei einer Geschwindigkeit von 88 bis 105 km/h auszuschalten. Unter und über dieser Geschwindigkeit lief der Wagen bemerkenswert ruhig.

*) Auszug aus einer Denkschrift, die bei der Tagung der amerikanischen „Wagenbau-Vereinigung Nordwest“ am 1. Mai 1939 in St. Paul überreicht wurde.

Zusammenfassung.

Für die künftigen Personenwagen der Deutschen Reichsbahn sind Dampfheizung, elektrische Heizung und Lichtstromversorgung technisch verbessert worden. Außerdem gelang es, die Gewichte, z. T. um erhebliche Beträge, zu senken. Dies wurde weniger durch vorerst noch ungenügend erprobte Werkstoffe als durch Stahlleichtbau, Fortlassen entbehrllicher Bauteile und gewichtsparende neue Anordnung und Gestaltung der Anlagen erreicht.

Auch das in Europa weitgehend verwendete sogenannte „Görlitzer Drehgestell“ lief mit einer Reihe von Federanordnungen einschließlich Gummifederung nicht wesentlich besser als das „Knee-action“-Drehgestell. Auch hier waren die senkrechten Schwingungen festzustellen. Aus der Denkschrift ist nicht zu ent-

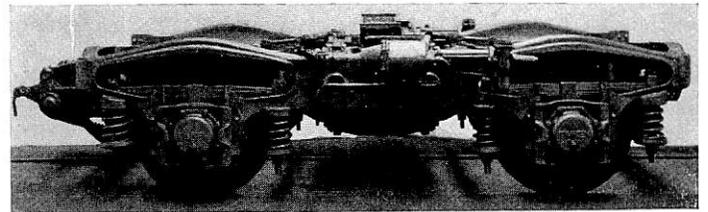


Bild 1.

nehmen, ob diese Schwingungen etwa auf eine mangelhafte Steifigkeit des Wagenkastens zurückgeführt werden können. Ein wirtschaftlicher Nachteil beider Drehgestelle waren die hohen Preise für die Blattfedern. Es wurden daraufhin eine Reihe von Versuchen durchgeführt, bei denen die bisherigen Wiegenelliptikfedern durch Schraubenfedern ersetzt wurden. Man fand, daß bei gleicher Belastung und gleicher Durchfederung eine einwandfreie und gut geschmierte Blattfeder und eine Schraubenfeder, soweit die Laufeigenschaften in Frage kamen, gleiche Ergebnisse lieferten, mit der Einschränkung, daß die senkrechten Schwingungen der Schraubenfedern wegen der fehlenden Reibung nur unter Einschaltung von hydraulischen Stoßdämpfern zu beherrschen waren.

Bild 2 zeigt ein Drehgestell, das eine dreifache Wiegen-schraubenfeder mit 33,2 cm Durchmesser und 58,7 cm Höhe be-

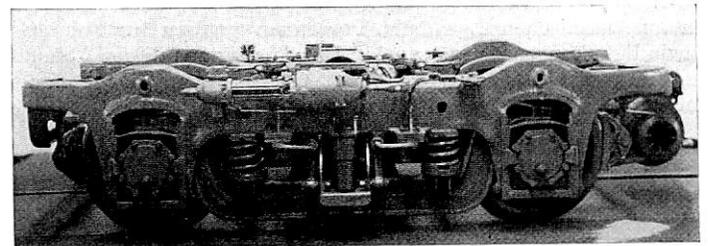


Bild 2.

sitzt. Die Zusammendrückung beträgt unter Last 25,6 cm, gegenüber 19 cm bei den üblichen Elliptikfedern. Die senkrechten Schwingungen werden von Stoßdämpfern und Begrenzungszugstangen in bestimmten Grenzen gehalten. Die Wiege ist durch Wiegenzugstangen geführt. Bei den Versuchsfahrten zeigte sich jedoch, daß auch mit dieser Federanordnung die unerwünschten senkrechten Schwingungen nicht zu beseitigen waren. Außerdem neigte der Drehgestellrahmen beträchtlich zum Springen. Diese Nachteile konnten trotz vieler Versuche mit verschiedenen Feder-typen und auch mit Gummikissen nicht beseitigt werden. Man ordnete daher Schwanenhalsträger an und glaubt, daß mit einem Drehgestell befriedigende Laufeigenschaften zu erzielen sind, dessen Rahmen, beträchtlich leichter als bisher, für Innenlager gebaut ist und hydraulisch gedämpfte Anschläge besitzt.

Durch Versuche hat man festgestellt, daß zu großes Längs-spiel zwischen Achslager und Achslagerführung das Drehgestell in

seitliches Schwingen versetzt. Ein weiterer Schritt auf dem Wege zu einem guten Wagenlauf ist das Schleifen der Radreifenlauf-
flächen und das genaue Abdrehen, so daß die Räder der gleichen Achse auch völlig gleichen Umfang haben. Die Versuche haben ferner gezeigt, daß auch das Radreifenprofil und seine Erhaltung einen Einfluß auf den Wagenlauf haben, eine durch die Erfahrungen mit dem „Fliegenden Hamburger“ bei der Deutschen Reichsbahn schon lange bekannte Tatsache. Um den Einfluß des Radreifenumrisses zu klären, untersuchte man vollständig zylindrische Lauf-
flächen und eingeschränkte zylindrische Laufflächen, bei denen dieser Teil 2" beträgt und der Anschluß kegelförmig ist. Der Übergang zum Spurkranz erfolgt mit einer $\frac{3}{8}$ " Hohlkehle. Keiner dieser Versuche ergab jedoch eine befriedigende Lösung. Bei weiteren Versuchen ist man bestrebt, die Bildung einer Kegel-
form am Fuß des Spurkranzes zu verhindern. Man hat aus diesem Grunde in die Radreifen an der Spurkranzbasis eine Hohlkehle gedreht. Diese Radsätze stehen jedoch noch nicht lange genug im Dienst, um schon ein endgültiges Urteil darüber abgeben zu können. Um befriedigende Laufeigenschaften zu erhalten, müssen aber nicht nur die Drehgestelle, sondern auch die Wagenkästen bei gleicher Festigkeit möglichst leicht gebaut werden.

Bei den Entwürfen für Personenwagen ist es ferner wichtig, die Lage des Schwerpunktes zu beachten. Eine ungleichmäßige Ge-
wichtsverteilung zwischen den Drehgestellen und auch in der Wagenquerachse beeinflusst ebenfalls den Wagenlauf.

Ein weiteres Gebiet, nämlich das der Sicherheit der Wagen, wurde ebenfalls untersucht. Nach den Konstruktionsbedingungen des Post Office Departement muß der Berechnung der Postwagen eine auf Puffer und Zugvorrichtungen wirkende Kraft von 180 t zugrunde gelegt werden. Die Kupplungen der ersten Stahlwagen waren nicht sehr stark. Sie brachen bei Unfällen und waren deshalb gewissermaßen mit Sicherungen in einem Stromkreis zu vergleichen. Die Vorräume der Stahlwagen wurden so stark ausgebildet, daß sie bei Unfällen nicht eingedrückt werden konnten.

Neuerdings wird gefordert, daß der Mittellangträger in der Lage ist, 360 t Stoßkraft aufzunehmen. Diese neuen Bedingungen, die auch noch einige zusätzliche Forderungen gegen das Aufklettern der Wagen enthalten, setzen weit stärkere und schwerere Kupplungen voraus als je.

Zur Frage des Leichtbaues wird dahingehend Stellung genommen, daß die gegenwärtigen Mehrkosten der Leichtbau-
fahrzeuge höher sind, als die durch sie erzielten Betriebsersparnisse.

Aus Railway Age Nr. 20 vom 20. 5. 39. Kreis.

Amerikanische Personenwagen für hohe Geschwindigkeiten.

Die Vereinigung der Verkehrsmaschineningenieure hielt am 6. Oktober 1939 in Chicago eine Tagung ab, zu der eine Schrift über den amerikanischen Eisenbahn-Personenwagenbau für hohe Geschwindigkeiten vorgelegt wurde. Ein Auszug aus dieser Abhandlung ist von Peter Parke, dem Chefingenieur der Pullman Company, in der Zeitschrift Railway Age veröffentlicht worden.

Seit 1933 ist die Entwicklung des Personenwagenbaues in Amerika in einen neuen Abschnitt eingetreten, der gekennzeichnet ist durch die Stromlinienform und den Leichtbau. Hervorgerufen wurde diese Entwicklung durch den Wettbewerb des Autos. Der wirtschaftliche Vorteil in der Zugförderung liegt auf der Hand. Während z. B. ein Dieseltreibfahrzeug einer großen amerikanischen Bahn mit sieben schweren Wagen den Fahrplan für hohe Geschwindigkeiten mit langen durchfahrenen Strecken nur unter Schwierigkeiten einhalten konnte, befördert das gleiche Motorfahrzeug zehn Leichtbauwagen im selben Plane mühelos.

Man fragt sich heute, so heißt es in der amerikanischen Mitteilung, warum sind eigentlich die Eisenbahnwagen früher so schwer gebaut worden? Die Antwort liegt in den immer weiter gehenden Forderungen nach Sicherheit und Bequemlichkeit. Die Holzbauweise wurde aus Gründen der Brandgefahr (und wohl auch der Splittergefahr!) aufgegeben. Als man zur Ganzstahlbauweise überging, waren Baustoffe mit hoher Festigkeit noch nicht handelsüblich. Man nahm steigende Gewichte gern in Kauf, wenn nur die Sicherheit erhöht wurde. Mit Recht wird die Frage aufgeworfen, wozu wohl die Forderung nach gleicher Widerstandsfähigkeit bei Zusammenstößen im Auto-, Omnibus- und Flugzeugbau geführt hätte. Heute ist man auf Grund neuer Baustoffe, neuer Konstruktionsgrundsätze und neuer Fertigungsweisen in der Lage, die

Personenwagen mehr als 30% leichter zu bauen, ohne ihre Widerstandsfähigkeit zu verringern.

Als Vorläufer der Stromlinienzüge wird auch in Amerika der von der Deutschen Reichsbahn im März 1933 in Dienst gestellte „Fliegende Hamburger“ angesehen. Der erste amerikanische Stromlinienzug der Pullman Company wurde 1934 auf der Ausstellung „Jahrhundert des Fortschritts“ in Chicago gezeigt. Damals standen für den Leichtbau zwei Baustoffe zur Verfügung: legiertes Aluminium und rostfreier Stahl. Die Pullman Company verwandte Aluminium für ihre Leichtwagen, der rostfreie Stahl wurde von der Budd Manufacturing Company eingeführt, die ebenfalls noch im Jahre 1934 einen Leichtbauzug fertigstellte. Beide Baustoffe besitzen hohe Festigkeit, sind aber sehr teuer. Deshalb ging man später zu einem niedriglegierten, rostbeständigen Chromstahl von hoher Festigkeit über, der wesentlich billiger ist.

Heute sind bei den leichten Personenwagen in Amerika hauptsächlich vier Bauarten zu unterscheiden:

1. Wagen aus Aluminiumlegierung in genieteter Ausführung mit tragenden Seitenwänden. Diese Bauart ist die leichteste, aber auch die teuerste. Bis zu einem Durchmesser von $\frac{5}{16}$ " werden kaltgeschlagene Aluminiumnieten verwandt, darüber heiß eingezogene Stahlnieten.

2. Wagen aus rostfreiem Stahl in verspannter Rahmenbauweise mit Außenwänden, die keine tragenden Glieder, sondern nur Bekleidungsbleche sind und durch Punktschweißung mit dem Wagengerippe verbunden werden. Zur Erhöhung der Steifigkeit sind die Bleche geriffelt.

3. Wagen aus niedriglegiertem, rostbeständigem Stahl hoher Festigkeit in ganzgeschweißter Ausführung mit verspanntem Rahmengerippe. Die Seitenwände sind aus rostfreiem, geriffeltem Stahlblech. Diese Wagen haben ungefähr das gleiche Gewicht wie die ganz aus rostfreiem Stahl hergestellten.

4. Wagen in geschweißter Trägerbauweise aus rostbeständigem Stahl hoher Festigkeit. Sie wiegen etwas mehr als die mit verspannten Gitterträgern, sind aber billiger in der Herstellung.

Die Festigkeitseigenschaften der verwandten Baustoffe zeigt folgende Tabelle:

Baustoff	Festigkeit kg/mm ²	Streckgrenze kg/mm ²	Dehnung %
Aluminiumlegierung	43—49	23—31	18—25
Niedriglegierter Chromstahl	50—58	39—46	22—27
Hochlegierter, rostfreier Stahl			
geglüht	62—74	27—35	—
kalt gewalzt	97	85	25

Die ersten kurzen Stromlinienzüge besaßen ausschließlich Jacobs-Drehgestelle, die nicht nur den Vorteil geringeren Gewichtes — nur ein Drehgestell je Wagen, keine federnde Zug- und Stoßvorrichtung zwischen den Wagen — sondern auch einen guten Kurvenlauf bei hohen Geschwindigkeiten ergeben. Nachteilig ist aber, daß keine Wagen im Zuge aus- und eingesetzt werden können. Bei den nächsten, längeren Zügen wurden die Wagen paarweise auf ein Jacobsgestell gesetzt. Heute hat sich allgemein der Wagen mit zwei Drehgestellen durchgesetzt. Diese Bauart gibt volle Freizügigkeit beim Aussetzen und Beistellen von Wagen.

Die Stromlinienform der Wagen hat bei langen Strecken, die mit hoher Geschwindigkeit durchfahren werden, praktischen Wert, da sie die Zugkraft verringert. Noch wichtiger aber ist nach amerikanischer Ansicht ihre werbende Kraft auf die Reisenden. Bei den ersten Zügen wurde die Stromlinienform möglichst weitgehend verwirklicht, wobei die Wagen abgeschrägte Wände hatten, glatte Übergänge untereinander besaßen und auch von unten verkleidet waren. Das letztere war natürlich nur auf Kosten der Zugänglichkeit wichtiger Teile möglich. Heute verzichtet man im Interesse einer guten Unterhaltungsmöglichkeit und geringer Unterhaltungskosten darauf. Auch bei der Faltenbalg-Verbindung zweier Wagen nimmt man jetzt lieber einen Zwischenraum in Kauf, um die übliche Ausführung kuppeln zu können. Die Wände werden wieder gerade ausgeführt, um den Innenraum zu vergrößern. Der

letzte Wagen eines Zuges wird mit stromlinienförmigem Aussichts-ende gebaut.

Die Mittelpufferkupplungen schließen sich ohne Spiel zusammen (tight-lock type). Dadurch wird ein ruhigeres Anfahren ermöglicht. Sie sind noch schwerer als die üblichen ausgeführt, um ein Ineinanderschieben der Wagen bei Unfällen zu vermeiden. Aus diesem Grunde sind auch die Federelemente zur Aufnahme der Zug- und Druckkräfte (draft gears) noch verbessert worden.

Auch die Inneneinrichtung weicht von der üblichen Ausführung ab. Der Fußboden besteht aus Kork, Decke und Wände sind mit einem besonderen Holz bekleidet. Die Fenster bestehen aus Doppelglas, die innere Scheibe ist Sicherheitsglas. Die Beleuchtung ist blendungsfrei und gut verteilt. Es gibt keine mit vielen Verzierungen geschmückten Tragarme für die Lampen mehr, sondern mit Milchglas verkleidete Deckenleuchten. Auch fluoreszierendes Licht (Leuchtröhren) ist mit vielversprechendem Erfolg angewandt worden. Sein Vorteil liegt in dem geringen Stromverbrauch. Zur Stromerzeugung werden außer Achsgeneratoren auch Generatoren, die gesondert durch Dieselmotoren oder Propangasmaschinen angetrieben werden, im Wagenuntergestell eingebaut.

Die Drehgestelle der neuen Leichtwagen sind, abgesehen von den Jacobsgestellen, alle zweiachsig. Ursprünglich verwandte Innenlager sind wegen ihrer schlechten Zugänglichkeit wieder aufgegeben worden, was im Hinblick auf die auch in Deutschland aufgetauchten Bestrebungen, Innenlager zu verwenden, bemerkenswert ist. Alle Wagen für hohe Geschwindigkeiten haben Rollenlager. Räder und Achswellen sind besonders legiert und behandelt. Zur Federung dienen Schraubenfedern, deren Schwingungen durch Stoßdämpfer vernichtet werden. Der Schwänenhalsträger ist zur Verringerung des unabgefederten Gewichtes verlassen worden.

Die Bremsfrage spielt bei Fahrzeugen für hohe Geschwindigkeit eine besondere Rolle. Die Schwierigkeiten beginnen, wenn Wagen mit mehr als 120 km/Std. laufen sollen. Infolge der mit der Geschwindigkeit quadratisch ansteigenden lebendigen Kraft ist die Bremsarbeit eines Zuges aus 160 km/Std. doppelt so groß, wie die aus 120 km/Std. Der Leichtwagen hat allerdings den Vorteil, daß die abzubremende Masse kleiner ist.

Die Verzögerungskraft ist begrenzt durch den Haftwert zwischen Rad und Schiene. Dieser Haftwert ist unabhängig von der Geschwindigkeit, aber stark abhängig vom Schienenzustand. Der Reibwert zwischen Klotz und Rad dagegen ändert sich mit der Geschwindigkeit, dem spezifischen Klotzdruck und dem Baustoff der Klötze. Grundlegende Versuche über den Reibwert zwischen Klotz und Rad sind in Amerika schon im Jahre 1913 von der Pennsylvania-Bahn durchgeführt worden. Um den Einfluß des spezifischen Klotzdruckes zu zeigen, ist neuerdings versuchsmäßig nachgewiesen worden, daß ein Wagen, dessen Abbremsung 127% bei einem Klotzdruck von 2375 kg beträgt, die gleiche Bremswirkung hat wie ein Wagen mit 152% Abbremsung aber einem Klotzdruck von 9425 kg (nur acht Bremsklötze statt 16). Normalerweise haben die Schnellzugwagen in Amerika eine rechnerische Abbremsung von 150%. Diese an sich schon hohe Abbremsung tritt aber nur bei einer Schnellbremsung ein. Die neuesten Leichtbauwagen haben eine Abbremsung von 250%. Steigt die Verzögerung bei sinkender Geschwindigkeit durch den zunehmenden Reibwert an, so wird der Bremszylinderdruck durch einen Verzögerungsregler ermäßigt. Zur Verringerung des spezifischen Klotzdruckes werden längere Klötze als gewöhnlich verwandt. Mit einer solchen Bremsausrüstung wird aus einer Geschwindigkeit von 160 km/Std. ein Bremsweg von 1100 m erreicht. Einige Bahnen begnügen sich aber auch bei den Wagen für hohe Geschwindigkeit mit der normalen Bremsausrüstung und nehmen dabei Bremswege von 1800 bis 2100 m aus 160 km/Std. in Kauf.

Es sind auch Versuche gemacht worden mit Bremsen, bei denen die Bremskraft nicht mehr durch Anpressen von Klötzen an die Lauffläche der Räder erzeugt wird. Es handelt sich hier wohl um Trommel- oder Scheibenbremsen, deren Bewährung aber nach der amerikanischen Mitteilung noch nicht erwiesen ist. Das größte Problem bei diesen Bremsbauarten ist die Abführung der beim Bremsen auf langen und steilen Gefällestrrecken entstehenden Wärme. Zur Aufnahme der großen Wärmemenge scheinen Rad-scheibe und Achswelle immer noch das geeignetste Mittel zu sein.

Stellt man dieser amerikanischen Veröffentlichung die Bremswege der in Deutschland in den letzten Jahren entwickelten Hilde-

brand-Knorr-Schnellzugbremse entgegen, so fällt der Vergleich zugunsten der letzteren aus. Mit der Hikss-Bremse kann ein gleicher Zug bei 220% Abbremsung aus 160 km/Std. auf 1000 m zum Halten gebracht werden. Der trotz geringerer Abbremsung mit der Hikss-Bremse erzielte kürzere Bremsweg ist einmal bedingt durch die bessere Ausbildung der Bremsklötze (Doppelklötze, die stets gut anliegen und sich nicht unter dem Einfluß der Wärme aufbiegen, wie die längeren amerikanischen). Zum anderen ist die Regelung des Bremsdruckes mit einem von der Achse angetriebenen Geschwindigkeitsregler günstiger als mit einem Verzögerungsregler. Außerdem ist die Durchschlagsgeschwindigkeit der Bremse infolge der gekoppelten Beschleuniger höher, wenn nicht, wie vielfach in Amerika, eine elektrische Steuerung der Bremse verwandt wird.

Railway Age vom 4. November 1939.

Pfennings.

Untersuchungen über die Geräusentstörung der Fahrzeuge.

Da der Lauf der Eisenbahnfahrzeuge und besonders der Personenwagen in Ganzstahlausführung bei hohen Fahrgeschwindigkeiten mit starken Geräuschen verbunden ist, ist die Untersuchung der Möglichkeit einer Geräusentstörung der Eisenbahnfahrzeuge notwendig geworden. Eine in der *Révue générale* erschienene Arbeit berichtet über Versuche, die in dieser Richtung in Frankreich unternommen worden sind und die sich an ähnliche Untersuchungen über die Geräusentstörung an Flugzeugkabinen anlehnen.

Wichtig für die Frage der Geräusentstörung ist die Frage ihrer Messung. Bei Geräuschen, die sehr verwickelten Schwingungsbewegungen entsprechen, ist es aber unmöglich, einfache Begriffsbestimmungen zu geben, denn bei Geräuschen spielen auch die physiologischen Wirkungen eine große Rolle. Es sind daher zwei Arten von Geräuschuntersuchungen und Geräuschmessungen vorzunehmen: Objektive Messungen, die mit Hilfe von Meßapparaten für die physikalischen Merkmale gemacht werden und subjektive Untersuchungen, die mit Hilfe von Apparaten gemacht werden, bei denen das Ohr zum Vergleich benutzt wird.

Nach einigen Hinweisen auf grundsätzliche Beziehungen der Schalltechnik, auf Grund deren die Schallstärke und der Höhenunterschied eines Tones von bestimmter Frequenz objektiv gemessen werden können, werden die Apparate für eine subjektive Messung beschrieben. Sie arbeiten entweder nach dem Verfahren der Übereinstimmung oder nach dem Verfahren der Überdeckung. Bei dem ersteren bedient man sich eines Hörers, der an einem Ohr des Beobachters einen Ton erzeugt; mit dem anderen Ohr nimmt er das zu prüfende Geräusch auf. Dabei regelt man die Intensität des abgegebenen Tones, bis sie derjenigen des Geräusches gleich zu sein scheint. Die Genauigkeit dieses Verfahrens ist nicht sehr groß. Beim zweiten Verfahren der Überdeckung wird die Tatsache verwandt, daß ein schwacher Ton bei einem starken Ton unhörbar (überdeckt) wird. Man bedient sich hierfür eines Empfängers, in welchem der Beobachter mit demselben Ohr gleichzeitig das zu messende Geräusch und einen Bezugston hört, dessen Intensität regelbar ist.

Die bei Eisenbahnwagen noch für zulässig anzusehende Geräuschhöhe wird rein gefühlsmäßig nach der Leichtigkeit festgelegt, mit welcher sich zwei Personen ohne erhobene Stimme unterhalten und ohne dauernde Anstrengung verstehen können. Man hat dabei gefunden, daß man die Geräuschverminderung auf eine Tonintensität von weniger als 65 Phon bringen muß.

Die in einem Abteil eines Personenwagens herrschenden Geräusche rühren von inneren Störquellen oder von äußeren Störquellen her. Sie werden durch die Luft oder durch feste Teile wie z. B. durch das Gerippe des Wagenkastens oder das Verkleidungsblech übertragen. Die inneren Störquellen, wie z. B. geräuschvolle mechanische Einrichtungen (Schiebetüren u. dergl.) können nur durch Versuche an den Fahrzeugen selbst behoben oder vermindert werden. Die äußeren Störquellen indessen werden leichter in einem geeigneten Laboratorium untersucht, weil die Übertragung der Geräusche durch Luft oder durch feste Körper allgemeiner Art ist und die Anzahl der vorzunehmenden Versuche groß ist. Daher wurden von der Nationalen Eisenbahngesellschaft von Frankreich gleichlaufend zu den Geräusentstörungsversuchen an Fahrzeugen auch Laboratoriumsversuche angestellt, durch die die Fortpflanzung der von außen kommenden Geräusche in den verschiedenen Baustoffen festgestellt wurde. Die Geräusche

werden durch die Wände oder Zwischenwände, durch die Glasscheiben oder endlich durch Öffnungen übertragen. Wenn beim Einbau unterlassen wurde, jede Öffnung oder jeden Spalt sorgsam zu verschließen, ist eine Verminderung der Geräuschfortpflanzung z. B. in den Wänden fast zwecklos.

Zur einwandfreien Untersuchung müssen alle fremden Geräusche ferngehalten werden. Ein gewöhnlicher Raum eignet sich auch wegen seiner mehr oder weniger starken Rückstrahlung oder wegen seiner zahlreichen Resonanzfrequenzen schlecht für die Versuche. Daher wurde ein eigener, gegen Außengeräusche gut isolierter Raum verwendet. Er besteht aus zwei ineinander gestellten Betonkästen, die keine anderen gemeinsamen Punkte haben als vier zwischen die Fußböden gelegte Federn. Die Eigenschwingungsdauer des inneren, auf den Federn aufliegenden Kastens beträgt 2 Sek. Die Wände haben eine Stärke von 15 bis 22 mm und sind durch einen Luftzwischenraum getrennt. Die Verminderung der stationären Schallwellen wurde dadurch erreicht, daß die Wände mit Ausnahme des Bodens sägeförmigen Querschnitt erhielten. Sie sind außerdem mit schalldämpfenden Stoffen bedeckt; der Fußboden ist mit einem dicken Teppich bedeckt.

In diesem Versuchsraum wurde nun die Übertragung durch Metallwände und durch Glasscheiben untersucht. Dabei wurde untersucht: Übertragung durch eine einfache Trennwand, durch eine Doppelwand aus zwei einfachen Wänden mit Luftzwischenraum, durch eine einfache auf einer Seite mit einem leichten Baustoff bedeckte Trennwand, durch eine Doppelwand aus zwei einfachen Wänden, deren Innenflächen mit einem dünnen, leichten Baustoff bedeckt waren, und schließlich durch eine Doppelwand, deren Zwischenraum mit Isolierstoff ausgefüllt war. Bei Glasscheiben wurde die Übertragung durch einfache und durch Doppelglasscheiben derselben Art und des gleichen Gewichtes sowie durch Doppelglasscheiben von verschiedenem Gewicht untersucht.

Die Versuche haben ergeben, daß die Tonabschwächung für eine dünne, gleichartige Trennwand besonders durch ihre Masse bestimmt ist. Bei Doppelwandwänden oder Doppelglasscheiben lassen sich voneinander 5 bis 6 cm abstehende Elemente verwenden. Die Abschwächung wird wesentlich verbessert, wenn man einen leichten Stoff auf eine dünne Trennwand klebt. Die Ausfüllung von Doppelwänden mit Isolierstoff ist nicht sehr wirksam. Bei Glasscheiben hat es keinen Zweck, sehr dicke Glasscheiben einzubauen. Leichte, 5 bis 6 cm entfernte Doppelglasscheiben besitzen eine bessere Schallisolation als eine einfache Glasscheibe von gleichem Gewicht. Endlich wurde noch die Schallübertragung durch die festen Bauteile untersucht, z. B. vom der Schlag der Radreifen auf den Schienenstößen oder vom Rollen Fahrzeuge. Diese Erschütterungen können dadurch vermindert werden, daß man möglichst viele Unterbrechungen zwischen den Teilen des Fahrgestelles und dem Wagenkasten durch einen Baustoff anbringt, welcher diese Erschütterungen mehr oder weniger aufzehrt.

—dei.

Leichtwagenbau für Meterspurbahnen.

Die spanische La Robla-Bahn in der Provinz Vizcaya war trotz der Verwendung von Garratt-Lokomotiven, die auf 22 v. T. Steigung eine Anhängelast von 260 t befördern, auf ihren steigungsreichen Strecken an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt. Ein wirksames Mittel diese zu erhöhen, fand die Bahn in der Ermäßigung des Eigengewichtes der Güterwagen. Im Verhältnis zur Nutzlast betrug das Eigengewicht der Wagen um das Jahr 1890 etwa 40 v. H. Mit der allmählichen Steigerung der Tragfähigkeit auf 10 t und darüber wurde die Konstruktion so verstärkt, daß man im Jahre 1926 bei 65 v. H., also bei einem Leergewicht eines 10 t-Wagens von 6,5 t angelangt war. Das erstmal wurde im Jahre 1927 mit gutem Erfolg ein Wagen mit nur 30 v. H. Eigengewicht gebaut. Durch weitgehende Anwendung der elektrischen Schweißung und Vergrößerung der Tragkraft der Wagen von rund 10 auf 20 t erzielte man Eigengewichte von 33,25, 27,6, 26,5, 24,25 und schließlich 23,5 t je 10 t Nutzlast.

Ein zweiachsiger Kohlenwagen für 20 t Nutzlast und 27 m³ Fassungsvermögen (Reihe X f Nr. 68) wiegt 4890 kg. Die beiden Radsätze mit Scheibenrädern, Lagerschalen und Achslagern, haben ein Gewicht von 1680 kg. Die Abfederung erfolgt durch abwechselnd angeordnete Gummi- und Stahlscheiben und wiegt insgesamt 350 kg. Auch die Mittelpuffer sind mit Gummifederung versehen. Der Gummi hat eine Lebensdauer von mehreren Jahren, wenn er gegen Feuchtigkeit, Öl, Sonnenlicht und Hitze geschützt wird. Die ganze Zug- und Stoßvorrichtung wiegt nur 190 kg, der Rahmen 1690 kg. Letzterer besteht aus einem beiderseits abgedachten Boden von 6 mm Blechen mit angeschweißten Verstärkungen aus Rohren. Die Stirn- und Seitenwände werden aus einem galvanisch verzinktem Stahldrahtnetz von 2 mm Maschenweite gebildet und sind durch verschweißte Rohrkreuze versteift. Jede Seitenwand besitzt vier Entleerungstüren. Die Drahtnetze haben sich sogar für den Versand von Waschgries gut bewährt. Durch diese Bauart ließen sich gegenüber Holz 450 kg Gewicht einsparen. Der ganze Kastenaufbau wiegt 790 kg, bei einem ähnlichen Wagen mit flachem Boden und etwas niedrigeren Wänden und mit Bremserstand nur 460 kg. Die Räder werden doppelseitig mittels Seilzug abgebremst, der für mehrere Wagen von einem Bremser gleichzeitig bedient wird. Jeder der 310 mm langen Bremsklötze wiegt 22 kg und kann mit 1000 kg angepreßt werden, wenn durch den Bremser ein Druck von 35 kg ausgeübt wird. Die ganze Bremsvorrichtung wiegt 190 kg. Durch Verwendung von Leichtmetallen könnte eine weitere Gewichtsersparnis erzielt werden. Jedenfalls ist es aber schon im Stahlbau möglich, Güterwagen für Meterspur mit einem Eigengewicht zwischen 20 und 25 v. H. der größten beförderbaren Nutzlast herzustellen. Anstatt 45 leeren Wagen zu 10 t Tragkraft der alten Bauart kann die eingangserwähnte Garratt-Lokomotive jetzt 50 leere Wagen zu 20 t Nutzlast bergwärts befördern, wodurch sich die Leistungsfähigkeit der Strecke ganz wesentlich gehoben hat.

Schn.

Ferrocarriles y Tranv. Jan. 1940.

Bücherschau.

Praktisches Handbuch der Lichtbogenschweißung von Ing. Kth. Dag du Rietz, Stockholm, und Dr. Ing. Helmut Koch, Hannover. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. VIII, 251 Seiten. Preis geb. 11.— *R.M.*, br. 9.40 *R.M.*

Das Buch gibt in klarer und leicht verständlicher Sprache eine Darstellung des gesamten Fachgebietes. Koch, der die praktische Schweißarbeit besonders hervorheben will, begnügt sich nicht, lediglich das schwedische Werk von Dag du Rietz zu übersetzen. Er hat vielmehr verschiedene Teile neu bearbeitet und unter Berücksichtigung vor allem der deutschen Erfahrungen den Inhalt des Buches dem neuesten Stand der Schweißtechnik angepaßt.

Entsprechend dem logischen Gesamtaufbau des Buches behandeln zunächst die einleitenden Abschnitte die chemischen, physikalischen und metallurgischen Grundbegriffe, die zum Verständnis der folgenden Ausführungen unerlässlich sind. Nach Besprechung sämtlicher Schweißverfahren folgen die Teile: Schweißlichtbogen, Maschinen und Geräte, Elektroden, Eigen-

schaften der Schweißnath, Einteilung und Bezeichnung der Schweißnähte, praktische Ausführung, Blaswirkung, Kostenberechnung, Schweißen von Gußeisen, rostfreiem Stahl und Nicht-eisenmetallen, Schneiden, Prüfverfahren und Ausbildung der Schweißer. Sehr eingehend ist die Erklärung und Beherrschung der Blaswirkung des Lichtbogens geschildert. Wichtige Prüfvorschriften sind im Wortlaut wiedergegeben. Besonders begrüßenswert ist die Zusammenstellung der Vorschriften und Normen. In einem zweiten Band sind die Darstellung der verschiedenen Anwendungsgebiete sowie Einzelheiten der schweißtechnischen Gestaltung und Berechnung in Aussicht genommen.

Das Buch wendet sich in erster Linie an Schweißingenieure, Meister und Schweißer. Durch betonte wissenschaftliche Gründlichkeit und die zahlreichen Schrifttumshinweise wird es auch in den Kreisen der Studierenden und als Lehrbuch für den Unterricht guten Anklang finden.

Nachtmann.

Der Sonderabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.