

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

92. Jahrgang

15. Juli 1937

Heft 14

Entwicklung und gegenwärtiger Stand im Bau geschweißter Trieb-, Steuer- und Beiwagen.

Von Reichsbahnoberrat Otto Taschinger, Mitglied des Reichsbahnzentralamtes München.

Hierzu Tafel 18.

I. Allgemeines.

Trieb-, Steuer- und Beiwagen sind Personenwagen, in die Maschinenanlagen oder nur die Steuerungseinrichtungen dieser Anlagen eingebaut sind oder die nur als Anhänger diesen Fahrzeugen beigegeben werden. Sie können also als Sonderbauarten von Personenwagen angesprochen werden, deren charakteristische Merkmale darin bestehen, daß diese Fahrzeuge entweder nur einzeln oder mit nur wenigen Wagen gekuppelt zu laufen haben, und daher für verhältnismäßig niedrige Pufferkräfte zu bauen sind. In Ausnahmefällen beträgt die größte Einheit solcher miteinander gekuppelter Fahrzeuge gegenwärtig im Bereiche der Deutschen Reichsbahn neun vierachsige Wagen. Da für die Maschinenanlagen mit allen ihren Nebeneinrichtungen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nur ein beschränkter Platz zur Verfügung steht, wobei zur Erzielung der höchsten Platzausnutzung der Fahrzeuge die Maschinenanlagen möglichst unter dem Wagenfußboden anzuordnen sein werden, ist die Leistungsfähigkeit der Antriebsanlagen beschränkt. Unter der Berücksichtigung der Forderung einer hohen Anfahrbeschleunigung und einer hohen Fahrgeschwindigkeit, sowie ausreichender Geschwindigkeiten in Steigungen, kann eine in ihrer Leistung beschränkte Antriebskraft nur dann den Betriebserfordernissen genügen, wenn Trieb-, Steuer- und Beiwagen ohne Beeinträchtigung der Sicherheit, der Laufeigenschaften und der Erhaltungskosten mit möglichst geringem Gewicht gebaut werden.

Aus Gründen der Betriebssicherheit wurden die früheren hölzernen Wagenkästen durch genietete Eisenkonstruktionen ersetzt. Diese Maßnahme hatte eine nicht unbeträchtliche Erhöhung des Gewichtes zur Folge. Genietete Bauteile sind keine steifen Verbindungen, sie lockern sich mit der Zeit, vermindern damit die Güte der Laufeigenschaften und erfordern dadurch Instandhaltungskosten. Schon nach wenigen Jahren konnte mit der Einführung geschweißter Konstruktionen die Möglichkeit geboten werden, die unerwünschte Gewichtserhöhung genieteter Wagenkästen wieder auszugleichen und dem Wagen zusätzlich ein hohes Maß von Steifigkeit zu geben. Die Wagen können bei völliger Ausnutzung der Vorteile der Schweißtechnik, insbesondere unter Berücksichtigung, daß auch die Drehgestellrahmen und Wiegen in geschweißter Bauart hergestellt werden, sogar ein geringeres Gewicht erhalten als die früheren hölzernen Wagen. Die Gewichtsverminderung bei geschweißten Wagen wurde erzielt:

1. Durch den Entfall aller Überlappungen an den Verbindungsstellen, der Knotenbleche und der Nietköpfe,
2. durch die volle Ausnutzung der auf Zug beanspruchten Querschnitte, weil keine Nietlochschwächungen mehr berücksichtigt werden brauchen,
3. durch die Anpassung aller Baustoffquerschnitte an die Forderung der Festigkeit, so daß an jeder Stelle einer Konstruktion ohne Gebundenheit an Walzprofile überflüssiges Gewicht vermieden werden kann.

Erst die Schweißung hat es überhaupt möglich gemacht, im Eisenbahnfahrzeugbau den wirklichen Leichtbau einzu-

führen, wobei allerdings eine weitere Voraussetzung vorhanden sein muß, nämlich die geistige Einstellung zum Leichtbau.

Der Leichtbauingenieur muß dem Bauwerk in allen einzelnen Gliedern eine Form geben, die bestimmt ist vom Kraftfluß und von der Höhe der Beanspruchung an jeder Stelle, da nur auf diese Weise eine vollkommene Baustoffausnutzung erreichbar ist. Sofern einzelne verwickelte Bauteile der Rechnung nicht zugänglich sind, muß für solche Teile auf dem Wege der Versuche eine Klärung herbeigeführt werden, wobei nicht nur an rein statische Belastungen, sondern auch an dynamische Festigkeitsversuche gedacht ist. Neukonstruierte Wagenkästen und Drehgestelle sind vor Einbau der Holzverschalung und Inneneinrichtung immer einer Belastungsprüfung zu unterziehen, um die Ergebnisse der Rechnung mit der Wirklichkeit zu vergleichen und zu überprüfen.

Bei der Querschnittsbemessung eines Bauteiles ging der Konstrukteur bisher von der statischen Höchstlast aus, ohne auf die Formgebung des Baustückes besondere Rücksicht zu nehmen. Auch bei dynamischer Beanspruchung betrachtete man den Bauteil lediglich unter dem Einfluß dieser Höchstlast stehend; der Sicherheit wurde Genüge getan durch mehr oder weniger gut geschätzte oder aus der Erfahrung herrührende Zuschläge zu der Höchstlast. Diese Art der Berechnung genügte auch, solange man sich über den Baustoffaufwand keine allzu großen Gedanken machte. In einzelnen Fällen half die Erfahrung grobe Gestaltungsfehler zu vermeiden. Diese Sachlage änderte sich, als man das Gewicht der Fahrzeuge immer mehr zu verringern suchte durch Zulassung höherer Beanspruchungen und Verwendung von Baustählen von hoher Festigkeit. Mit dem geringeren Eigengewicht und der geringeren Verformfähigkeit der Baustähle von größerer Festigkeit machte sich der Einfluß der wechselnden Belastung stärker bemerkbar. Andererseits wuchsen auch die Wechselbeanspruchungen infolge der inzwischen eingeführten höheren Fahrgeschwindigkeiten. Es traten Brüche an Teilen auf, die bei nur ruhender Belastung ein Mehrfaches der errechneten Belastung einwandfrei ausgehalten hätten. Es war festzustellen, daß bei vorwiegend dynamischer Belastung im Gegensatz zu ruhender Belastung die Gestalt des Konstruktionsteiles einen ganz erheblichen Einfluß auf die Spannungsverteilung im einzelnen ausübte und damit die zulässige Gesamtbelastung des Bauteiles maßgebend bestimmt. Der Begriff der „Gestaltfestigkeit“ wurde zur Erkenntnis. Der Einfluß der wichtigsten Formgebungen, wie Randkerben mit verschiedenen Halbmessern, Bohrungen, Querschnittsänderungen u. dergl. wurde erforscht und damit neue Konstruktionsrichtlinien aufgestellt.

Der Leichtbauingenieur muß daher seiner Konstruktion nicht nur eine aus den Beanspruchungen herrührende Form geben, sondern auch auf die Anordnung bzw. Einordnung in die Gesamtform Rücksicht nehmen. Starr an Formeisen festzuhalten oder von ihnen bei der Konstruktion allein auszugehen, würde nicht immer zu dem erstrebten Ziel des geringsten Gewichtes führen.

Wie bereits erwähnt, geben vollkommen geschweißte Konstruktionen den Wagenkästen und Drehgestellen eine bei der Nietung nicht zu erreichende, nahezu vollkommene Steifigkeit. Zwar ist die Frage der Steifigkeit von Wagenkästen und Drehgestellrahmen eine Streitfrage. Vollkommen starre Konstruktionen neigen bei ständigen dynamischen Beanspruchungen zu Dauerbrüchen. Es wäre aber falsch, sie aus diesem Grunde elastisch zu gestalten, weil die erzielbare Elastizität nicht der Berechnung zugänglich und mehr oder weniger vom Zufall abhängig ist. Es ist viel richtiger, die Konstruktion steif und sie durch besondere Federn gegen Schwingungsbeanspruchungen unempfindlich zu machen, da diese Federn berechnet und wenn erforderlich veränderlich eingestellt werden können. Steife Wagenkästen sind u. a. auch notwendig wegen der guten Gangbarkeit und Dichthaltung der Türen und Fenster. Durch Fahrversuche ist erwiesen, daß mit der Größe der Steifigkeit geschweißter Wagenkästen und Drehgestelle sich nahezu unabhängig von den Laufleistungen ein ruhigerer Wagenlauf einstellt. Wegen der Unnachgiebigkeit der geschweißten Verbindungen ergab sich trotz knapper Bemessung aller Konstruktionsteile eine größere Sicherheit für die Fahrgäste bei Entgleisungen oder Zusammenstoßen und geringere Unterhaltungskosten in den Ausbesserungswerken. Die durch den Entfall von Überlappungen, Knotenblechen und Nietköpfen sich ergebenden glatteren Bauformen vermeiden die bisher üblichen, oft unzugänglichen Ecken, in denen sich Wasser ansammeln konnte, sie geben daher weniger Anlaß zu Anrostungen, vermindern die Kosten für Entrostungs- und Anstricharbeiten und gestatten eine raschere und billigere Pflege des Anstriches.

Um die Vorteile geschweißter Bauformen voll auszuschöpfen, ist es allerdings grundsätzlich notwendig, sie ganz ihrem Wesen entsprechend zu gestalten. Es genügt keinesfalls bei Nietkonstruktionen die Niete einfach durch geschweißte Verbindungen zu ersetzen, im übrigen aber alle für Nietkonstruktionen geltenden Konstruktionsgrundsätze beizubehalten. Die Nietung erfordert ein Aufeinanderlegen (Überlappen) miteinander verbindender Bauteile. Durch die Überlappung wird aber nicht nur eine überflüssige Materialanhäufung verursacht, sondern auch ein starker Richtungswechsel im Kraftfluß von dem einen Bauteil zu dem anderen. Schweißgerechte Verbindungen sind im Gegensatz hierzu dadurch gekennzeichnet, daß Bleche oder fallweise auch Walzprofilträger durch geschweißte Stumpfstoße organisch und unter Vermeidung der durch die Überlappungen verursachten Nachteile miteinander verbunden werden; die einzelnen Bauteile werden also stumpf gegeneinander oder ineinander — in diesem Fall durch eine Art Verzäpfung wie bei Holzverbindungen — zusammengefügt ohne Veränderung der Richtung des Kraftflusses. Solche schweißgerechte Bauformen ähneln also hinsichtlich des Kraftflusses und der Unabhängigkeit von Formeisen den Merkmalen eines Stahlformgusses. Vergleicht man z. B. die in Amerika anzutreffenden Stahlgußdrehgestellrahmen mit den aus Blechen zusammengeführten schweißgerechten Drehgestellrahmen, so wird man gewisse grundsätzliche Ähnlichkeiten bestätigt finden.

Schweißnähte verhalten sich sehr verschieden, je nachdem sie durch ruhende (statische) oder schwellende bzw. schwingende (dynamische) Last beansprucht werden. Sie haben wegen ihrer Gußstruktur im allgemeinen nicht die gleiche Festigkeit wie der unverschweißte Werkstoff und vor allem nicht die gleiche Dehnung und Kerbfähigkeit. Bei nur ruhender Belastung, wie z. B. im Hochbau, spielt dies keine so große Rolle; man kann die geringere Festigkeit durch entsprechend stärkere und längere Nähte ausgleichen; obwohl diese Nähte größere Wärmespannungen in den Bauteilen bedingen.

Werden Stoßstellen durch aufgesetzte Laschen überbrückt,

so kann durch die Verstärkung des Querschnittes eine beinahe beliebig hohe Festigkeit in die Verbindungsstelle gegeben werden. Da die Güte der Schweißnähte nur unvollkommen geprüft werden kann, brachte die Anwendung zusätzlicher Laschen ein Gefühl der Sicherheit. Bei dynamischer Belastung, die im Brücken- und Fahrzeugbau die Regel bildet, zeigen sich die Schweißnähte wegen der geringeren Dehnung und Kerbfähigkeit wesentlich empfindlicher. Der durch die Gestalt der Verbindung und der Schweißnaht bedingte Kraftlinienverlauf ist hier von überragendem Einfluß auf die Dauerfestigkeit. Werden zwei Bauteile durch Stumpfstoße zusammengeschweißt (vergl. Textabb. 1 a), so wird durch den Stumpfstoß der Kraftfluß in keiner Weise beeinträchtigt; der Kraftlinienverlauf ist der gleiche ohne Rücksicht darauf, ob Schweißnähte vorhanden sind oder nicht. Es ist nur darauf zu achten, daß V-Nähte durch eine Kappnaht abgedeckt und X-Nähte gut durchgeschweißt werden, um Kerbwirkungen zu vermeiden. Anders verhält sich der Kraftlinienverlauf bei überlappten Verbindungen (vergl. Textabb. 1 b), hier müssen die Kraftlinien von dem unten liegenden Bauteil über die Schweißnaht auf den oben liegenden Bauteil übergeleitet werden, was nur durch starke Ablenkungen möglich ist. Die die Spannungen über-

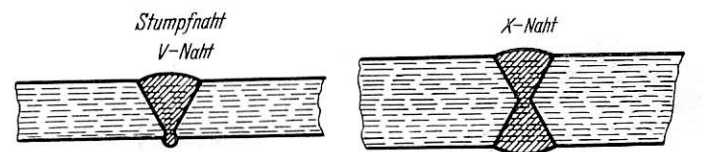


Abb. 1 a.

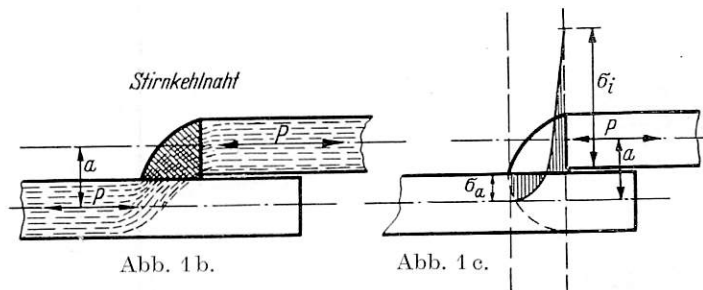


Abb. 1. Kraftfluß in Schweißverbindungen.

tragenden Verbindungen zwischen den überlappten Bauteilen sind ebenfalls nur Schweißnähte; aber infolge der Ablenkung entstehen Kraftlinienstauungen, sowie ein Kräftepaar das den an sich schon kerbempfindlichen Nahtgrund noch zusätzlich beansprucht. Es ergibt sich hier eine hyperbolische Spannungsverteilung; die Spannung in der inneren Rahmenecke beträgt das mehrfache der äußeren Spannung (Textabb. 1 c). Werden außerdem die Berührungsflächen der aufeinandergelegten Bauteile nicht vollkommen durch Schweißnähte umhüllt, was in der Regel aus Gründen der Wirtschaftlichkeit unterlassen wird, oder um nicht Schweißnähte in die Randzonen der Formeisen zu bringen, so kann zwischen die Auflageflächen Feuchtigkeit gelangen, die von innen her zu Anrostungen mit allen ihren Folgen Anlaß geben kann.

In diesem Zusammenhang darf auf einen Aufsatz von Ministerialrat H. Burkhardt VDI, Berlin in der Rundschau Technischer Arbeit vom 18. November 1936 „Die Schweißtechnik im Schiffbau“ verwiesen werden. In diesem Aufsatz wird ausgeführt, daß sich im Schiffbau, wo mit ähnlichen Wechselbeanspruchungen wie im Wagenbau zu rechnen ist, als beste Schweißverbindungen Stumpfstoß und Stumpfnaht erwiesen haben.

Eingehend erforscht wurde das Verhalten der verschiedenen Schweißnähte vom „Kuratorium für Dauerfestigkeitsversuche im Fachausschuß für Schweißtechnik beim Verein deutscher

Ingenieure“ durch Dauerfestigkeitsversuche in Berlin-Dahlem, Dresden und Stuttgart in den Jahren 1930 bis 1934. Die Ergebnisse sind niedergelegt in dem Heft „Dauerfestigkeitsversuche mit Schweißverbindungen“, VDI-Verlag, Berlin 1935. Diese Versuche haben für dynamisch beanspruchte Konstruktionen einwandfrei die Überlegenheit des Stumpfstöße gegen Dauerbrüche erwiesen.

Die vom Kuratorium durchgeführten Dauerfestigkeitsversuche wurden fast durchweg mit zwei Millionen Lastwechseln durchgeführt und in ihrer Nutzenanwendung vorwiegend auf den Brückenbau bezogen.

Dr. Ing. Kommerell berechnet in einem Beispiel, daß bei einer eingleisigen Eisenbahnbrücke bei täglich 25 Zügen dieser Lastwechsel erst in ungefähr 220 Jahren erreicht wird. Demgegenüber wird bei Schienenfahrzeugen die gleiche Lastwechselzahl z. B. von einem Drehgestell, das täglich 500 km über 18 m Schienen zurücklegen soll, schon in etwa drei Monaten, von einem Wagenkasten bei etwa 10 Schwingungen/min. bei gleicher Fahrstrecke in etwa zwölf Monaten erreicht. Auch Güterwagen werden diese Lastwechselzahl in etwa fünf Jahren erreichen. Hieraus ist ersichtlich, daß gerade Fahrzeuge ganz besonders sorgfältig unter Berücksichtigung dynamischer Belastungen durchzubilden sind. Im übrigen haben sich geschweißte Stumpfstöße in langjährigem Betrieb bei elektrischen Lokomotivrahmen und Drehgestellen vollkommen bewährt. Zwei Millionen Lastwechsel haben auch eine Reihe von Trieb-, Steuer- und Beiwagen, bei denen ausschließlich Stumpfstößverbindungen angewendet wurden, ohne Anstand ausgehalten, so daß die vollkommene Zuverlässigkeit der geschweißten Stumpfstöße für Eisenbahnfahrzeuge als gegeben erachtet werden kann.

Die bei der Nietbauweise verwendeten Formeisen zwingen am Festhalten von Konstruktionsebenen; liegen in solchen Ebenen Hindernisse vor, z. B. ein Mitteleinstieg bei Wagen, so sind eckige Umgehungsstrukturen erforderlich, die schwer und teuer sind und außerdem noch den Mangel aufweisen, daß sie nicht kraftschlüssig sind.

Schweißgerechte Blechkonstruktionen dagegen bieten hier den Vorteil, daß sich die Konstruktion jeder Form anpassen kann, da die hier verwendeten Bleche in jeder Richtung gebogen werden können; der Kraftfluß kann dabei ohne stärkeren Richtungswechsel umgeleitet werden.

Im Wagenbau kann man nach dem gegenwärtigen Stand folgende grundsätzliche Schweißkonstruktionen unterscheiden:

1. geschweißte Walzträgerbauweise,
2. Blechträgerbauweise,
3. Hohlträgerbauweise,
4. Kombination der unter 1 bis 3 genannten Verbindungen.

Es liegt im Wege der Entwicklung, wenn bei den ersten geschweißten Wagen noch ausschließlich Walzprofile verwendet wurden.

Bei den geschweißten Walzprofilträgern waren lediglich die Nietverbindungen ohne Änderung der sonstigen Bauformen durch Schweißnähte ersetzt worden. Bei dieser Bauweise wurden die bisher bewährten und den Ingenieuren vertrauten Konstruktionsgrundsätze und die allgemeinen Fertigungsverfahren der Hersteller am wenigsten beeinflusst; lediglich der Ersatz der Niete durch geschulte Schweißer machte anfänglich Schwierigkeiten. Bei den reinen Profilträgerkonstruktionen wurden geschweißte Stumpfstöße im allgemeinen nicht angewendet. Man hielt überlappte Verbindungen und Versteifungen für erforderlich und nahm das Gebundensein an die Walzprofile in der Konstruktion und in der Fertigung in Kauf. Die Bedenken gegen geschweißte Stumpfstöße waren verständlich, da beim Bruch solcher

Stöße Gefahren für die Fahrzeuge befürchtet wurden. Inzwischen haben aber ausgedehnte Untersuchungen und der Dauerbetrieb ihre vollkommene Zuverlässigkeit erwiesen. Bei Wagen, die unter ausschließlicher Verwendung von Walzprofilen zusammengeschweißt werden, können nicht alle Verbindungen wirklich schweißgerecht hergestellt werden, d. h. unter Vermeidung von Stirn- und Flankenkehlnähten der Laschen und der höheren Spannungen in den Schweißnähten, der von der Last, den Gleis- und Pufferstößen herrührende Kraftfluß kann sich bei solchen Bauweisen nicht in allen Bauteilen, insbesondere in den Kopf- und Einstiegsparthien ohne scharfe Umlenkungen über die ganze Wagenkonstruktion durchführen — und verteilen lassen. Es muß daher bei einzelnen hoch beanspruchten Bauteilen mit Dauerbrüchen gerechnet werden. Gewalzte Profilträger sollten im Wagenbau daher nur dort verwendet werden, wo einzelne Bauelemente auch bei völlig freier Gestaltung bei größerer Länge gleichbleibende Querschnitte aufweisen, z. B. Langträger, einfache, nicht stark beanspruchte Querträger, Kastensäulen, Dachspriegel. Solche Formeisen sind insbesondere zuzulassen, wenn die Querschnittsmaße einzelner Träger aus anderen als aus Festigkeitsgründen bestimmt werden, wenn also eine Gewichtsersparnis nicht mehr erzielbar ist, unter der Voraussetzung, daß schweißgerechte Anschlüsse an die Nachbarbauteile möglich sind. Gegen Walzprofilträger ist auch dann nichts einzuwenden, wenn unter Vermeidung von Gewichtserhöhungen lange Schweißnähte vermieden werden können, die höhere Fertigungskosten erfordern für das Schweißen und Richten der verzogenen Bauteile. Walzprofile gestatten möglichst geringe Zusammenpaßarbeiten beim Bau und erfordern nicht so lange Schweißnähte wie geschweißte Blechträger, die beim Zusammenbau außerdem noch besondere Vorrichtungen erfordern, mit denen die Hersteller nur dann einverstanden sein werden, wenn sich die Anschaffungskosten lohnen.

Das konstruktive Ideal einer schweißgerechten Gestaltung ist die Blechkonstruktion (vergl. ROR. Mauerer „Schweißgerechtes Konstruieren im Fahrzeugbau“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, H. 12). Blechkonstruktionen werden gebildet durch Zusammenschweißen einzelner Bleche. Sie erfordern also grundsätzlich neben den zu verschweißenden Stoßverbindungen, die sie mit der Profilbauweise gemeinsam haben, über die ganze Konstruktion ausgedehnte Längsnähte. Die Länge der Schweißnähte reiner Blechkonstruktionen wird daher erheblich größer sein, als die der reinen Walzprofilkonstruktion. Da sich unter dem Einfluß der Wärmeentwicklung beim Schweißen die Bauteile verziehen, werden Richtarbeiten erforderlich, die allerdings bei richtiger Schweißfolge bei den einzelnen Bauteilen und richtiger Unterteilung in der Fertigung erheblich abgemindert werden können, wenn sie auch bei den verhältnismäßig geringen Blechstärken im Leichtwagenbau im ganzen nicht allzu groß sind.

Es empfiehlt sich die Gesamtkonstruktion in möglichst viele einzelne Bausteine aufzulösen (Abb. 1, Taf. 18). Diese einzelnen Bausteine sind für die Werkstatt handlicher; sie können daher, weil sie leicht gewendet werden können, ohne Überkopfschweißung spannungsfrei hergestellt werden. Die Schweißnähte sind dabei von innen nach außen zu legen, so daß die einzelnen Teile während des Schweißens den auftretenden Wärmespannungen folgen können und daher im Endzustand spannungsfrei sind. Solche einzelne Stücke können ferner auch vor dem weiteren Zusammenbau für sich gerichtet werden. Für das Zusammenfügen der einzelnen Teile zum Ganzen ist im Konstruktionsentwurf bereits darauf Bedacht zu nehmen, daß die letzten Verbindungsnahte möglichst kurz sind. Bei einer solchen Schweißfolge wird die Gesamtkonstruktion nur noch geringe Wärmespannungen aufweisen, die durch geringes Nachrichten noch herausgebracht werden können.

Die Blechträgerbauweise ist dadurch gekennzeichnet, daß Ober- und Untergurtbleche mit einem oder mehreren Stegblechen zusammengeschweißt werden. Durch den Ersatz der Walzprofile durch Bleche ist man völlig unabhängig geworden von der Wandstärke, von der Höhe der Stege und der Breite der Gurtungen. Im Wagenbau ist bisher nur das Untergestell in reiner Blechträgerbauart ausgeführt worden. Ein besonderer Vorzug des Blechträgers gegenüber dem Profilträger ist es, daß man in der Wahl und Ausführung der Trägerhöhe, wie auch seiner Wandstärken und Flanschbreiten völlig frei ist. Man kann also durch stumpfgestoßene Bleche in beliebigen Abständen die Wandstärke verändern. Auf diese Weise kann man theoretisch an jeder Stelle einer Konstruktion das der Beanspruchung an dieser Stelle entsprechende Widerstandsmoment bei geringstem Gewichtsaufwand erhalten. Die Steghöhe kann so ausgeschnitten werden, daß sie völlig der Biegelinie entspricht, die Gurtbleche können im Anschluß an Querverbindungen so ausgerundet werden, daß im Kräftefluß scharfe Ablenkungen und Kraftlinienstauungen vermieden werden. Auf diese Weise werden die Kräfte in einer Blechkonstruktion gleichmäßig verteilt, so daß sie sich bei hoher dynamischer Beanspruchung und in statisch schwer bestimmbareren Fällen besonders gut eignen. Das Ausschneiden der Bleche erfordert allerdings einen mehr oder weniger großen Verschnitt; beim Konstruktionsentwurf muß daher darauf geachtet werden, daß beim Zuschnitt der Bleche möglichst wenig Abfall entsteht. Es empfiehlt sich, besondere Zeichnungen anzufertigen, nach welchen die Bleche auszuschneiden sind. Blechträgerkonstruktionen sind im Wagenbau erforderlich für die schwierigeren Konstruktionsteile, wie Kopfstücke, Hauptquerträger mit Anschluß an die Langträger, innenliegende Einstiegsparthien, Drehgestellrahmen und Wiegen. Für diese Teile sind Blechkonstruktionen bei der Einfachheit ihres Aufbaues nicht teurer als die früheren Profilträgerkonstruktionen; sie werden sich noch weiter verbilligen lassen, wenn die Hersteller die erforderlichen Vorrichtungen beschafft und sich allgemein auf diese Herstellung eingestellt und eingearbeitet haben.

Durch die Möglichkeit, die geschweißten Stumpfstöße in nicht gefährdete Zonen zu verlegen, bildet die Blechträgerbauweise besonders bei verwickelten Bauteilen die Gewähr, daß Anrisse vermieden werden.

Von einzelnen Konstrukteuren wird vielfach die Anwendung des allseitig geschlossenen Trägers, sei es als Rohr- oder Kastenträger für den Eisenbahnwagenbau als vorteilhaft angesehen. Der Hohlträger ist für reine Knick- und Verdrehungsbeanspruchung als die ideale Trägerform anzusehen, weil er für diese das allseits größte Widerstandsmoment besitzt und die beste Baustoffausnutzung ergibt. Bei reiner Biegebungsbeanspruchung ist jedoch die gleich günstige Baustoffausnutzung nicht vorhanden, weil die in der Nähe der neutralen Faser befindlichen Baustoffteilchen, die an der Spannungsverteilung über dem gesamten Querschnitt nur wenig Anteil nehmen, nicht voll ausgenutzt sind und bei Hohlträgern außerdem noch doppelt anfallen. Bei reiner Biegebungsbeanspruchung ist der Walzträger mit Doppel T-, Z- oder U-Querschnitt daher im Vorteil.

Bei Wagenkästen können Verwindungsbeanspruchungen auftreten an den oberen und unteren Langrahmen und den Hauptquerträgern. Im Hauptquerträger treten sie auf infolge Übertragung der Verzögerungs- und Beschleunigungskräfte von den Drehgestellen auf die Wagenkästen; an den Langträgern infolge versetzter Anordnung von Querträgern, Seitenwandsäulen und Dachspriegeln, d. h. wenn diese nicht zu einem Spant vereinigt werden können. Die unteren Langträger werden durch die Pufferstöße außerdem noch auf Knickung beansprucht. Für diese Teile des Wagens wäre also der ge-

schlossene Kastenträger an sich die gegebene Trägerform. Verschweißt man Untergestell, Seitenwand und Dach miteinander und sorgt ferner dafür, daß die Eckverbindungen genügend winkelsteif ausgeführt und die Querträger mit den Seitenwandsäulen und Dachspriegel zu Spanten vereinigt werden, so wird der ganze Wagenkasten ein Kastenträger, der in der Lage ist, die Verwindungskräfte selbst aufzunehmen, von Verwindungsbeanspruchungen in den Einzelteilen aber frei ist. Auch hierbei werden die unteren Langträger durch die Pufferstöße außerdem noch auf Knickung beansprucht. Ihr Widerstandsmoment in lotrechter Richtung ist im allgemeinen groß genug infolge Versteifung durch die Seitenwand, so daß die Gefahr des Ausknickens in dieser Richtung nicht auftritt. Das gleich günstige Widerstandsmoment des Kastenträgers in Querrichtung ist auch erreichbar durch einen liegenden Profilträger (z. B. Z-Träger).

Bei der Kastenträgerbauweise werden die kastenförmigen Träger gebildet entweder durch Zusammenschweißen einzelner Bleche oder von je zwei U-Profileisen.

Geschlossene Kastenträger müssen vor allem wasserdicht sein, da sonst durch eindringendes Wasser Anrostungen entstehen, die, da sie im Betrieb nicht erkannt werden, zu Anbrüchen führen können. Insbesondere sind sie nicht für Drehgestellrahmen geeignet, da diese von Zeit zu Zeit in einem Kalilaugenbad gereinigt werden. Im Triebwagenbetrieb muß immer damit gerechnet werden, daß bei irgend welchen Änderungen der Maschinenanlage einzelne Träger angebohrt oder Löcher von entbehrlich gewordenen Befestigungsschrauben nicht mehr wasserdicht geschlossen werden. Die geschlossene Kastenträgerbauweise konnte daher im Wagenbau, von wenigen Versuchen abgesehen, bisher nicht allgemein Eingang finden.

Beim gegenwärtigen Stand der Konstruktion und Fertigungstechnik im Wagenbau muß bei reihenmäßiger Herstellung in der Regel die Kombination von Walzprofil- und Blechträgern als die zur Zeit wirtschaftlich günstigste Bauform angesprochen werden, wobei die Längsträger, weniger beanspruchte Querträger, die Kastensäulen, der obere Seitenwandgurt und die Dachspriegel aus Walzprofilen bestehen können; die Einstiegs- und Koppartien, die Hauptquerträger, die Drehgestellrahmen und die Wiegen jedoch aus Blechträgern gebildet werden.

Es ist klar, daß die Einführung von vollkommen schweißgerechten Konstruktionen im Fahrzeugbau eine Umstellung in der Fertigung bedeutet. Sie kann sich nur allmählich vollziehen, weil solche Umstellungen mit nicht unbeträchtlichen Kosten bei den Lieferwerken verbunden sind und die Umschulung von Ingenieuren, Werkmeistern und Arbeitern eine gewisse Zeit erfordert. Es war daher auch nichts einzuwenden, wenn aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bei größeren Reihen aufträgen nur schrittweise vorgegangen wurde. Nunmehr müssen aber nicht nur die Trieb-, Steuer- und Beiwagen, bei welchen die beschränkte Maschinenleistung an sich die Forderung gebieterisch stellt, sondern auch alle übrigen Eisenbahnfahrzeuge bei aller Sicherung der Festigkeit und Steifigkeit in ihren Wagenkästen und Drehgestellen mit einem geringsten Aufwand von Stahl gebaut werden, da Deutschland in der Stahlerzeugung von ausländischen Eisenerzen abhängig ist. Der Mindestaufwand an Stahl muß erreicht werden, auch wenn ein höherer Aufwand an Fertigungslöhnen, die einen höheren Beschaffungspreis zur Folge haben, entsteht. Während unnötiger Baustoff immer als verloren anzusehen ist, werden höhere Lohnausgaben durch Minderausgaben im Betrieb für Kohle, Treibstoffe oder elektrische Energie gedeckt und daher um so leichter hingenommen werden können. Das geringste Gewicht für Wagen ist aber nur zu erreichen, wenn alle Vorteile, die die völlig schweißgerechten Konstruktionen bieten, auch ausgenutzt werden.

Welche Vorteile für den Betrieb sich aus der bestmöglichen Leichtbauweise ergeben, ist aus folgendem Beispiel deutlich ersichtlich. Im Jahre 1934 wurde ein 410 PS dieselektrischer Triebwagen in geschweißter Profilträgerbauweise mit einem Leergewicht von 45,2 t und ein dazugehöriger Steuerwagen mit 24 t Leergewicht gebaut. Obwohl bei diesen Fahrzeugen auf ein möglichst geringes Gewicht bereits Bedacht genommen war, konnte im Jahre 1936 bei einem in Grundriß und Leistung ähnlichen Trieb- und Steuerwagen das Leergewicht weiter auf 36,6 t beim Triebwagen und auf 19,4 t beim Steuerwagen abgemindert werden, dadurch, daß unter Anwendung der reinen Blechträgerbauweise eine zweckmäßige Baustoffverteilung vorgenommen und vollkommene Baustoffausnutzung erzielt wurde. Es wurde bei diesen neuesten Fahrzeugen nicht nur das Kastenuntergestell und die Seitenwände zum Tragen herangezogen, sondern der Wagenkasten wurde in seinem Gesamtaufbau so gestaltet, daß er als Ganzes trägt und daneben noch die nötige Steifigkeit besitzt. Der im Jahre 1934 gebaute Triebwagen besaß allerdings eine um etwa 1,5 t schwerere elektrische Kraftübertragung, demgegenüber hat der neueste Triebwagen mit der leichteren hydraulischen Kraftübertragung einen langsamer laufenden und daher schwereren Dieselmotor erhalten. Um zu einem einwandfreien Gewichtsvergleich zu gelangen, sind die wichtigsten Daten in der nachstehenden Übersicht einander gegenübergestellt.

Übersicht.

	Triebwagen		Steuerwagen	
	1934	1936	1934	1936
Baujahr	1934	1936	1934	1936
Fahrzeugbreite in mm	2927	2928	2930	2928
Länge über Puffer in m	21,873	22,350	21,803	22,380
Fahrzeugfläche in m ²	59,8	60,7	59,8	60,2
Anzahl der festen Sitzplätze:				
2. Klasse	16	8	16	16
3. Klasse	40	35	60	59
Traglastenabteil	—	8	—	—
Summe	56	51	76	75
Ladefläche in m ² : Gepäckraum	5,6	5,6	—	—
Postraum	—	—	—	5,3
Leistung des Dieselmotors in PS	410	360	—	—
Drehzahl des Dieselmotors in der Min.	1400	870/900	—	—
Gewicht der Maschinenanlage in t	11,8	10,3	—	—
Leergewicht der Wagen in t	45,2	36,6	24	19,4
Leergewicht ohne Maschinenanlage in t	33,4	26,3	24	19,4

Der Vergleich zeigt, daß durch Anwendung der Blechträgerbauweise eine weitere Gewichtsverminderung von 16,7% beim Triebwagen und 19% beim Steuerwagen gegenüber den unter Verwendung von Walzprofilträgern gebauten älteren Wagen erzielt wurde. Hieraus ergaben sich aber wesentliche betriebliche Vorteile, die aus den Schaulinien in Textabb. 2, 3 und 4 abgelesen werden können. In den drei Schaubildern sind die beiden Bauarten einander gegenübergestellt, und zwar für den allein fahrenden Triebwagen und für die gekuppelten Trieb- und Steuerwagen in beiden Fällen einschließlich Verkehrslast, die beim Triebwagen 6,2 t und beim Steuerwagen 6,3 t beträgt. In diesen Abbildungen sind dargestellt die Schaulinien

1. für das Beschleunigen beim Anfahren in der Ebene (Textabb. 2),

2. für das Beschleunigen beim Anfahren auf einer 15⁰/₀₀ Steigung (Textabb. 3),

3. für die erreichbare Geschwindigkeit beim Fahren auf Steigungen (Textabb. 4).

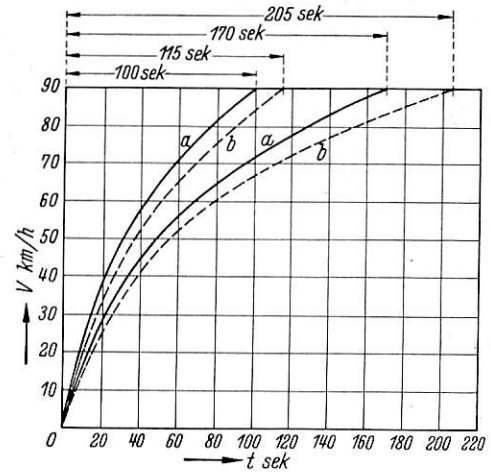


Abb. 2. Anfahrtaubild in der Ebene. Triebwagen allein mit a) 42,8 t, b) 51,4 t. Trieb- und Steuerwagen mit a) 68,5 t, b) 81,7 t.

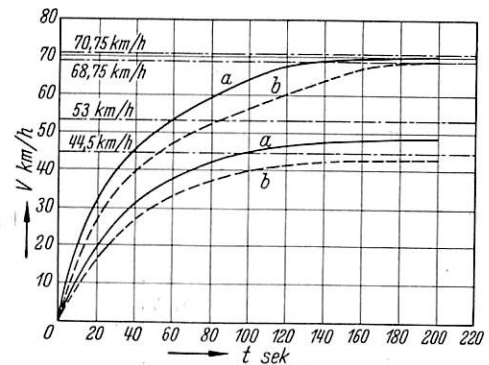


Abb. 3. Anfahrtaubild auf einer Steigung von 15⁰/₀₀. Triebwagen allein mit a) 42,8 t, b) 51,4 t. Trieb- und Steuerwagen mit a) 68,5 t, b) 81,7 t.

Die ausgezogenen Linien gelten für die Wagen aus dem Baujahr 1936 und die gestrichelten aus dem Jahr 1934.

Vergleicht man die einzelnen Linien miteinander, so erkennt man zunächst ganz allgemein, daß die neueren Wagen gegenüber den älteren immer im Vorteil sind. Dieser Vorteil ist meist nicht unerheblich. So kann in der Geraden der allein laufende leichtere Triebwagen um 13% rascher anfahren als der Wagen aus dem Baujahr 1934; gekuppelt mit seinem zugehörigen Steuerwagen beträgt die Überlegenheit rund 17 v. H. Auf der 15⁰/₀₀ Steigung wird die erreichbare Höchstgeschwindigkeit von dem allein laufenden leichteren Triebwagen nach einer Fahrzeit von etwa 140 Sek.; hingegen von dem älteren Fahrzeug erst nach 180 Sek. erreicht. Gekuppelt mit ihren Steuer-

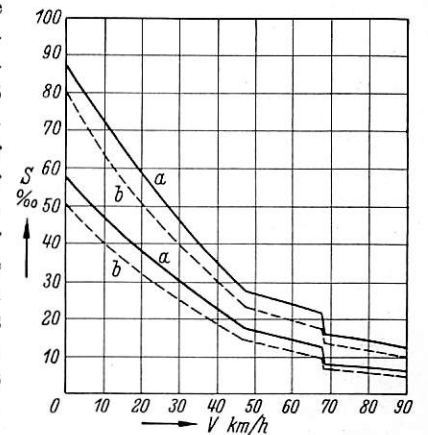


Abb. 4. Steigungs- und Geschwindigkeitsschaubild. Triebwagen allein mit a) 42,8 t, b) 51,4 t. Trieb- und Steuerwagen mit a) 68,5 t, b) 81,7 t.

wagen betragen die entsprechenden Anfahrzeiten etwa 180 und 190 Sek. Bei gleicher Maschinenleistung können die leichteren Trieb- und Steuerwagen die Steigungen mit einer größeren Geschwindigkeit befahren als die schwereren; insbesondere, wenn man berücksichtigt, daß von bestimmten Geschwindigkeitsbereichen an bei hydraulischer oder mechanischer Kraftübertragung andere Übersetzungen geschaltet werden müssen und daß in den unteren Geschwindigkeitsbereichen die Wirkungsgrade ungünstiger sind. In der Steigung $15\frac{0}{100}$ z. B. ist die erreichbare Geschwindigkeit des leichteren Triebwagens $70,75 \text{ km/h}$, hingegen die des schwereren $68,75 \text{ km/h}$; das sind rund 3% mehr. Bei den mit einem Steuerwagen gekuppelten Triebwagen sind die entsprechenden Höchstgeschwindigkeiten 53 km/h und $44,5 \text{ km/h}$; also um rund 19% mehr. Die Verringerung der Wagengewichte ermöglicht somit bei gleicher Motorleistung kürzere Fahrzeiten; sie tragen also auch erheblich zur Verbesserung des Betriebes und zur Verkehrswerbung bei.

II. Wagenkästen.

Der Querschnitt eines Wagenkastens ist durch die Wagengrenzungsline gegeben. Man wird immer bestrebt sein, um den Fahrgästen in Höhe und Breite möglichst viel Platz zu bieten, diesen Raum auszunützen. Der Wagenkasten steht unter dem Einfluß von verschiedenen in verschiedener Richtung auf ihn einwirkenden Kräften.

In der Hauptsache sind es:

1. lotrecht das Eigengewicht und die Verkehrslast,
2. waagrecht
 - a) längsgerichtete Pufferstöße,
 - b) quergerichtete Gleisstöße, Winddrücke und Fliehkräfte.

Die aus Nutzlast und Eigengewicht herrührenden Belastungen beanspruchen den Wagenkasten wie eine Brücke. Diese wird gebildet durch die beiden Seitenwände und den Untergestellrahmen. Die übrigen Teile des Untergestells haben mit Ausnahme der über dem Drehzapfen liegenden Hauptquerträger und den Trägern, die den Fußboden und die unter ihm aufgehängten Apparate tragen, mit dem Dach die Aufgabe, die beiden Seitenwände untereinander verwindungssteif zu verbinden.

Die gegenwärtige Form der Wagenkästen ist bedingt durch ihre geschichtliche Entwicklung. Bekanntlich bestanden die Wagenkästen aus einem hölzernen Untergestell, das den ebenfalls hölzernen Kastenaufbau zu tragen hatte. Dieses hölzerne Untergestell wurde später durch ein eisernes ersetzt, das besser geeignet war, die Zug- und Stoßkräfte aufzunehmen. Wenn nun in einer weiteren Fortentwicklung auch der Kastenaufbau durch eine genietete Eisenkonstruktion ersetzt wurde, so blieb doch dabei der Grundsatz des tragenden Untergestelles und des aufgesetzten nicht tragenden Wagenkastens zunächst unverändert. Da die Höhe der Langträger des Untergestelles aber beschränkt war, waren schwere Profilträger, die ein hohes Gewicht des Untergestells bedingten, erforderlich. Diese ungünstigen statischen Verhältnisse konnten erst dann verbessert werden, als man daran ging, die Langträger des Untergestells in die Ebene der Seitenwände zu verlegen und damit die Möglichkeit schuf, die Seitenwände mit ihrem Gerippe und oberen Langrahmen mit dem unten liegenden Langträger des Untergestells zu einem Fachwerk zu vereinigen. Mit dieser Bauweise mußte jedoch der Nachteil in Kauf genommen werden, daß die Langträger nicht mehr in der Ebene der Puffer gelegen sind, so daß die Pufferstöße in die in der Ebene der Seitenwände gelegenen Langträger nunmehr umgeleitet werden müssen; ein Nachteil, der erst mit der vollkommen schweißgerechten Konstruktion wieder ausgeglichen werden konnte. Da nunmehr der Langträger des Untergestells nur noch den Unter-

gurt der ein Fachwerk darstellenden Seitenwand bildet, so kann er wesentlich schwächer als früher bemessen werden; die gesamte Wagenkastenkonstruktion wird dadurch erheblich leichter.

Die Pufferstöße können aber von dem schwächeren Langrahmen nicht mehr allein aufgenommen werden. Um sie aufnehmen und weiterleiten zu können, ist es erforderlich, den gesamten Wagenkasten zur Aufnahme der entstehenden Formänderungsarbeit mit heranzuziehen. Bei der gegenwärtigen Anordnung der Puffer ist dies allerdings noch nicht möglich, weil die Pufferstöße nur am Untergestell des Wagenkastens angreifen. Soll der gesamte Wagenkasten die Formänderungsarbeit aufnehmen, so ist es erforderlich, mindestens einen weiteren Puffer etwa in der Höhe des oberen Langrahmens anzuordnen. Der Wagenkasten entspricht in seiner Form einer Röhre, allerdings nicht von kreisförmigem Querschnitt, die, wenn sie entsprechend ausgesteift ist, auch in der Lage ist, große Stoßkräfte aufzunehmen. Durch entsprechende Ausbildung der Kopfstücke muß dafür gesorgt werden, daß die zunächst in der Pufferebene auftretenden Stöße auf das Untergestell, die beiden Seitenwände und das Dach übertragen werden. Das Ausweichen der verhältnismäßig dünnwandigen Seitenwandbleche haben die Zwischenquerwände, und insbesondere die Stirnwände zu verhindern. Die Seitenwandungen selbst müssen möglichst schubsteif gemacht werden durch aufgesetzte Rippen oder Spanten oder durch besondere Formgebung z. B. als Wellblech. Die Verwendung von Wellblechfußböden und die Anordnung von Längs- und Querriegeln im Dach tragen zur Erhöhung der Schubsteifigkeit bei.

Der Langträger, der nur noch der Untergurt des durch die Seitenwand gebildeten Fachwerkes ist, wird aber nur dann ein vollwertiges Glied der Tragkonstruktion sein, wenn er mit den Kastensäulen und dem Seitenwandblech und mit dem oberen Langrahmen vollkommen steif verbunden ist. Bekanntlich sind Nietverbindungen nur unter Reibungsschluß stehend, die unter dem Einfluß der dynamischen Beanspruchungen während der Fahrt im Laufe der Zeit sich lockern können. Sie gewährleisten daher keine dauernd steifen Verbindungen; nur vollkommen geschweißte Verbindungen zwischen dem Langträger des Untergestells mit der Seitenwand ergeben völlig steife und zuverlässige Verbindungen. Aus den gleichen Gründen muß auch das Dach mit der Seitenwand verschweißt werden. Daraus ergibt sich eine grundsätzliche Forderung als Endziel für den Wagenkastenbau: Die Seitenwände mit dem Untergestell und dem Dach müssen unter Fortfall aller Nietverbindungen verschweißt werden. Bei reihenmäßiger Herstellung von Fahrzeugen werden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit Dach-, Seitenwand- und Untergestell getrennt für sich hergestellt. Erst nach Fertigstellung dieser Bauteile werden sie am Aufbauort zusammengesetzt. Diese Herstellungsweise erfordert in den Werken den geringsten Platzbedarf. Es können an dem Fahrzeug die größtmögliche Zahl von Arbeitern gleichzeitig angesetzt werden. Gleich wirtschaftliche Fertigungsweise ist bei den bisherigen Schweißkonstruktionen mit geschweißten Verbindungen zwischen Untergestell und Seitenwand zur Zeit noch nicht erreicht worden. Meist werden bei solchen schweißgerechten Konstruktionen das Kastengerippe ohne Seitenwandblech und das Untergestell jedes für sich hergestellt und in einem weiteren Fertigungsabschnitt mit dem Untergestell verschweißt. Auf dieses Gerippe wird das Seitenwandblech zum Schluß aufgeschweißt. Bei dieser Herstellungsweise wird ein Verziehen der Langträger durch die langen Schweißnähte befürchtet, die Richtarbeiten und Abschleifungen erfordern und dadurch die Fertigung verteuern. Aus diesem Grunde wurden im Interesse der billigen Fertigung für Serienfahrzeuge Nietungen in den wichtigen Verbindungen zwischen Untergestell, Seitenwand und Dach zugelassen und der an sich

bekanntes Nachteil der Nietverbindungen (wie z. B. Gewichtserhöhung durch Überlappungen und Gebundensein an Profilträger, elastische Verbindungen usw.) in Kauf genommen. Hat man aber den Vorteil der geschweißten Konstruktionen erkannt, so wird man sie auch auf diese wichtigen Verbindungen anzuwenden haben. Es muß also das Ziel der Konstruktion sein, Dach, Seitenwand und Untergestell unter Berücksichtigung ihrer wirtschaftlichen Fertigstellung schweißgerecht zu verbinden.

In Abb. 2, Taf. 18 sind einige Seitenwandschnitte von Triebwagen dargestellt, die die Entwicklung dieser wichtigen Bauteile zeigen. Man sieht hieraus, daß die Entwicklung zunächst ähnliche Wege gegangen ist, wie beim Personenwagenbau (vergl. Stroebe und Wiens: „Entwicklung neuzeitlicher Eisenbahnpersonenwagen bei der Deutschen Reichsbahn“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, Heft 2/3; Boden: „Neuerungen im Personenwagenbau der Reichsbahn“, VDI 1935, Nr. 41 und „Schweißen beim Neubau von Personenwagen“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, Heft 12). Während aber die Seitenwandschnitte der Triebwagen entwickelt wurden unter dem Zwang so leicht und steif wie möglich zu bauen, wurde bei den Personenwagen mit Rücksicht auf die großen Serien der zu beschaffenden Fahrzeuge die Bauweise im wesentlichen von den Herstellungskosten beeinflusst. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen wurden bei diesen Fahrzeugen ausschließlich Walz- oder Kantprofile verwendet und die Seitenwandsäulen an das Untergestell und den Dachrahmen genietet; der Langträger wurde, um einen einfachen Seitenwandanschluß zu erhalten, in zwei zusammengenietete U-Profilträger unterteilt.

Bei den zweiteiligen Einheitswechselstromtriebwagen, Bauart 1934 (Abb. 2a, Taf. 18) wurden für die Langträger das bei D-Zugwagen vielfach übliche Z-Eisen 230×80 mm noch beibehalten. Da die zweiteiligen Einheitswechselstromtriebwagen gemeinsam mit den Steuerwagen in Zugeinheiten bis zu neun Wagen im Betriebe sind und daher die Zug- und Stoßkräfte in der Größenordnung der D-Zugwagen auftreten können, wurden die stark bemessenen Langträger beim damaligen Stand der Entwicklung geschweißter Wagenkästen für notwendig gehalten. Der hochkantgestellte Z-Langträger erlaubt einen guten Anschluß mit großer Pfosten-Einspannlänge, er hat jedoch den Nachteil einer geringeren Seitensteifigkeit; für den Obergurt wurde ein Z-Eisen NP 6 verwendet, an das ein 4 mm starkes Wutenblech angenietet wurde, bei einer späteren Ausführung (dreiteiliger Wechselstromtriebwagen) wurde, um die getrennte Fertigung des Daches und der Seitenwand zu erleichtern, dieses Z-Eisen durch zwei durch Nietung verbundene Winkeleisen ersetzt.

Die Untergestelle der Wechselstromdoppeltriebwagen für 160 km Geschwindigkeit in der Stunde (Bauart 1935 nach Abb. 2 b, Taf. 18) wurden in reiner Blechträgerkonstruktion ausgeführt, um ein möglichst leichtes Gewicht zu erhalten. Der Langträger wurde gebildet aus Blechen, die zu einem I-Träger zusammengeschweißt wurden. Der geschweißte Blechträger war erforderlich, weil ein der Berechnung entsprechendes Normalprofil nicht vorhanden war und Blechträger die Möglichkeit einwandfreier Anschlüsse ergaben. Die Blechträger hatten den weiteren Vorteil, daß die Verbindungen mit den Kopfstücken, Einstiegpforten und Querträger sich kraftschlüssig und verwindungssteif gestalten ließen. Die Seitenwandsäulen in U-Kappenprofil wurden auf den Obergurt der Langträger stumpf aufgesetzt und mit diesen verschweißt. Das Kappenprofil bildet mit der Seitenwand einen geschlossenen Kastenträger. Das Seitenwandblech wurde bis zum Untergurt des Langträgers heruntergezogen und über die ganze Wagenlänge mit dem Obergurt und dem Untergurt des Langträgers verschweißt. Auf diese Weise ist ein Kastenquerschnitt gebildet, der für die Aufnahme von Knick- und Verdrehungskräften die geeignete Bauform darstellt. Die Bedenken, die

vielfach gegen die stumpf aufgesetzten Kastensäulen erhoben werden, erscheinen dadurch gegenstandslos, daß die Seitenwandbleche als Knotenbleche bei auftretenden Längs- als auch bei Seitenbeanspruchungen (z. B. Winddrücken) die Schweißverbindungen an diesen Stellen entlasten.

Auch der obere Langrahmen wurde als Kastenträger ausgebildet, und zwar durch die Verwendung eines U-Kappenprofils und eines aufgeschweißten Deckbleches. Der Kastenträger gibt auch hier eine hohe Quer- und Verdrehungssteifigkeit, so daß die vielfach verwendete Dachwute mit ihrem höheren Gewicht entbehrlich und trotzdem die Steifigkeit an dieser Stelle nicht unwesentlich verbessert wurde. Kastensäulen und Dach wurden an den oberen Langrahmen angeschweißt. Für die Dachspriegel wurde in der Verfolgung des allgemeinen Konstruktionsgrundsatzes, bei geringstem Werkstoffaufwand die größte Steifigkeit zu erhalten aus den gleichen Gründen ein Kappenprofil verwendet. Der Fensterbrüstungsgurt wurde hinter das Seitenwandblech angeschweißt, um eine möglichst glatte Außenfläche zu erhalten, die mühelos gereinigt werden kann und die zur nicht unwesentlichen Verringerung des Luftwiderstandes beiträgt, auch sie wurde als Kastenträger ausgebildet.

Nach den gleichen Gesichtspunkten wurden die Seitenwandschnitte der im Jahre 1936 gebauten vierachsigen Nebenbahntriebwagen nach bis in die letzten Einzelheiten gemachten Konstruktionsvorschlägen von Dr. Ing. Becker, RZA München, ausgeführt (Abb. 2 c, Taf. 18). Die Gesamtkonstruktion wurde aber in jedem einzelnen Teil auf möglichst geringes Gewicht untersucht und durchgebildet. Die Fensterbrüstungsleiste wurde nach außen verlegt. Auf diese Weise konnte sie bei geringem Gewicht durch ihre große Durchkröpfung knicksteifer ausgeführt werden. Da gegen geschlossene Kastenträger eingesetzt wird, daß sie allgemein nicht vollkommen dicht ausgeführt werden und dann zu Anrostungen führen können, wurden bei diesen Verbrennungstriebwagen in den Stegen der oberen und unteren Langrahmen große Aussparungen vorgesehen, durch die die Bleche entrostet und gestrichen werden können.

Bei den gegenwärtig im Bau befindlichen 225 PS-Verbrennungstriebwagen (Abb. 2 d, Taf. 18) wurde der untere Teil des Seitenwandschnittes beibehalten. Im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungen wurde jedoch für den oberen Langträger ein liegendes Z-Profil verwendet. Das liegende Z-Profil ergibt die gleiche Quersteifigkeit wie die bisherigen Kastenträger. Da der obere Langrahmen andererseits nur Obergurt eines Fachwerkträgers der Seitenwand ist, genügt das Z-Eisen vollkommen, während beim bisherigen Kastenträger das Material nicht vollkommen ausgenutzt war. Der liegende Z-Träger brachte auch Vorteile für die Herstellung, daß die Seitenwand ohne auf die Fertigung des Daches Rücksicht nehmen zu müssen, zusammengeschweißt und diese daher für sich hergestellt werden kann. Für das Dach bietet der Z-Träger eine breite und gut anschlussfähige Aufsatzebene. Da damit die Möglichkeit für eine getrennte Herstellung des Daches gegeben war, war es nötig, einen besonderen Dachrahmen auszubilden, auf den die Dachspriegel stumpf aufgesetzt wurden. In dem Bestreben, alle Teile möglichst zum Tragen heranzuziehen, wurde die Regenrinne in den Dachrahmen einbezogen. Dachrahmen und Seitenwandobergurt werden durch Schweißung miteinander verbunden.

Von Dr. Ing. Becker wurde darauf hingewiesen, daß es naheliegend sei, die aus der letzten Entwicklung des oberen Langrahmens gewonnenen Erkenntnisse, die zur Wahl eines liegenden Z-Trägers geführt hatten, auch auf den unteren Langträger als Seitenwanduntergurt anzuwenden. Die Verwendung eines Z-Eisens vermeidet die werkstattechnischen und betrieblichen Nachteile der geschlossenen Kastenträger.

Das liegende Z-Profil eignet sich auch besser als der verhältnismäßig schmale Kastenträger zur Aufnahme der Pufferstöße, weil er in Querrichtung ein ungleich größeres Widerstandsmoment besitzt, während seine Höhe ausreichend ist, mit Rücksicht auf die große Steifigkeit der Seitenwand. Der Z-Träger gestattet vor allem einen einwandfreien Anschluß der Querträger und der Seitenwandsäulen. Durch die Zwischenschaltung eines Übergangsstückes bietet er weiterhin die Möglichkeit eines allmählichen und kraftflüssigen Übergangs von der Seitenwandsäule auf die Querträger ohne scharfen Richtungswechsel. Die auf diese Weise erzielte Konstruktion ergibt eine weitgehende Annäherung an den idealen Spantenbau, wobei allerdings noch zu prüfen sein wird, ob die vollkommene Schalenbauweise nicht noch weitere Vorteile bringen wird. Die Stumpfnäht zwischen Seitenwandsäulen und Übergangsstück kann in eine Zone gelegt werden, in der der Kraftfluß keinen Richtungswechsel aufweist. Die Verwendung des liegenden Z-Trägers verminderte die bei den geschweißten Blechträgern notwendige Länge der Schweißnähte erheblich,

und innenliegende Einstiege. Bei den vom Reichsbahn-Zentralamt München entwickelten Triebwagen wurde ferner besonders darauf Bedacht genommen, daß die Einstiege mit Rücksicht auf die Sicherheit der Reisenden, besonders älterer und kranker Fahrgäste, ferner aus Verkehrserwägungsgründen und zur Beschleunigung der Abfertigung so bequem wie möglich ausgebildet sind. Für ihre Gestaltung wurde im allgemeinen der mittelhohe Bahnsteig zugrunde gelegt; bei Fahrzeugen, die in Personenzügen laufen und die auf Nebenbahnen übergehen, muß auch das Besteigen vom niederen Bahnsteig aus und in Höhe der Schienenoberkante noch ohne besondere Beschwerde möglich sein. Die Treppenneigung soll 50° möglichst nicht übersteigen; die Trittstufen sollen mindestens 180 mm breit und höchstens 250 mm hoch sein; die unterste Trittstufe soll nicht mehr als 600 mm über SO. liegen. Dieses letzte Maß ist durch die Fahrzeugumgrenzungslinie bedingt. Der Fußboden liegt im allgemeinen 1100 bis 1250 mm hoch; möglichst geringe Fußbodenhöhe ist anzustreben; aber, besonders bei Triebwagen, mit Rücksicht auf die Maschinenanlage, oft nur schwer auszuführen. Ein Einstieg nach vorstehenden Richtlinien bedingt vier Trittstufen und einen Abstand der höchsten Trittstufenkante von der Wagenaußenwand von etwa 600 mm. In Abb. 3 und 4, Taf. 18 sind die Einstiege für einige der zuletzt gebauten Fahrzeuge einander gegenübergestellt.

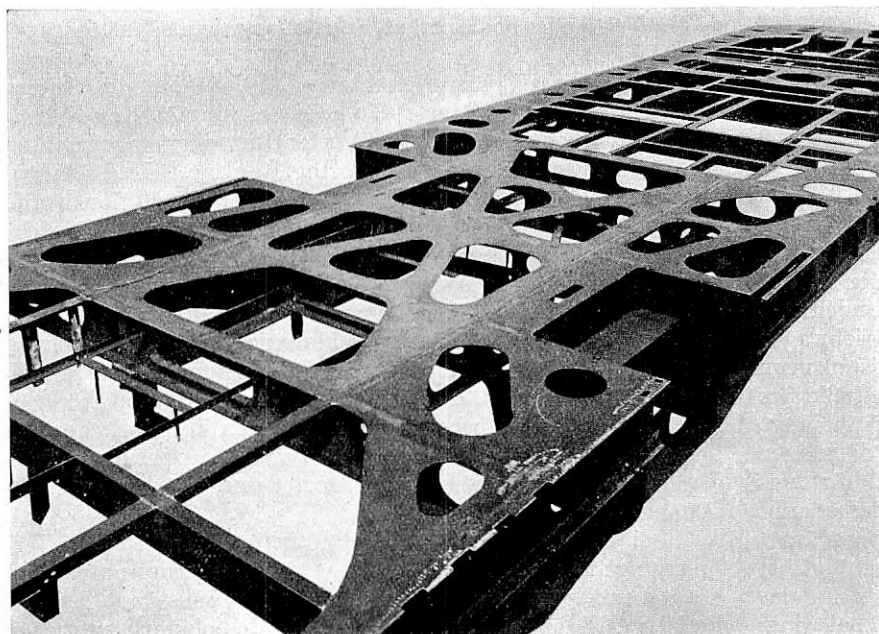


Abb. 5. Einstiegsartie.

so daß die Herstellungskosten sich verringern und außerdem bietet er die Möglichkeit einer vollkommen geschweißten Verbindung zwischen Untergestell und Seitenwand, die jedes für sich hergestellt werden können (Abb. 2 c, Taf. 18).

Untergestell und Wagenkasten der Trieb-, Steuer- und Beiwagen unterscheiden sich in wesentlichen Teilen von denen der normalen Personenwagen. Bei diesen sind in der Regel an den Wagenenden die Einstiege mit Drehtüren angeordnet, die Langträger sind zwischen den Einstiegen nicht mehr unterbrochen, sie können daher gerade durchgeführt werden. Außer den Bremsapparaten sind in der Regel nur noch die Batterien für die Beleuchtung unter dem Wagenkasten aufgehängt. Daher kann bei den normalen Personenzügen der Langträger zwischen den Einstiegsartien auch als Profilträger ausgebildet werden. Wesentlich anders sind die Verhältnisse bei den Triebwagen. Die Lage der Einstiege ist abhängig von der Grundrißgestaltung. In den Triebwagen sind neben dem Raum für die Maschinenanlage noch Gepäck- und Postabteile vorgesehen. Die Einstiege für die Fahrgäste können daher nicht immer an die Wagenenden gelegt werden. Außerdem sollen bei Triebwagen zur Erzielung eines möglichst geringen Luftwiderstandes die Seitenwandebenen nicht unterbrochen werden. Man verwendet daher bei fast allen Triebwagen Schiebetüren

Hieraus ist zu ersehen, daß bei Triebwagen mit elektrischem Antrieb in gleicher Weise wie bei D-Zugwagen die Fußbodenhöhe im allgemeinen 1240 mm beträgt. Bei diesen ist eine niedrigere Fußbodenhöhe mit Rücksicht auf den durch zwischenstaatliche Vereinbarungen festgesetzten Pufferstand kaum zu erreichen, solange die Einstiege am Wagenende angeordnet sind. Nur in einem einzigen Fall, nämlich beim 360 PS-Verbrennungstriebwagen, der dieselhydraulischen Antrieb besitzt, gelang es durch besondere Konstruktionsmaßnahmen die Fußbodenhöhe auf 1070 mm festzulegen mit dem Erfolg, daß mit drei Stufen und mit einer wesentlich geringeren Durchkröpfung der Langträger auszukommen war.

Bei einem Einstieg nach diesen Richtlinien müssen vor allem die Langträgerstege um etwa 600 mm nach innen abgelenkt werden; der Untergurt ist dabei nach unten auf die Höhe der untersten Trittstufe durchzukröpfen. Zur störungsfreien Überleitung der Kräfte sind als Ober- und Untergurte schlanke Anschlußbleche erforderlich, die möglichst über die ganze Wagenbreite gehen sollen und die entsprechend zu versteifen sind. Befriedigend läßt sich ein solcher Einstieg nur als geschweißte Blechkonstruktion gestalten (Textabb. 5); bei Verwendung von Profilen oder gar bei Anwendung der Nietung bedingen die in diesem Fall gar nicht zu vermeidenden scharfen Kräfteablenkungen Materialanhäufungen, ohne dabei doch die Gefahr der Dauerbrüche zu bannen. Es ist auch zu beachten, daß im Einstieg der Kräfteverlauf nur schwer statisch erfaßt werden kann; in solchen Fällen empfiehlt sich eine Schweißkonstruktion, in der die Kräfte ohne erhebliche Stauungen gut verteilt werden. Vor allem bei Einstiegen, die zwischen den Drehgestellen liegen, bedingen die Biegemomente und Querkräfte des Wagenkastens wegen der Unterbrechung der Langträger eine entsprechend sorgfältige Ausbildung des Untergestells und auch im Kastengerippe ist die Einstieglücke durch Portalkonstruktionen zu überbrücken.

Endeinstiege lassen sich dann genügend befriedigend durchbilden, wenn der Langträgersteg, der dann die rück-

wärtige Begrenzung der obersten Trittstufe bildet, bis auf Puffermitte zurückgezogen werden kann. Die Pufferbohle kragt dann um die halbe Pufferbreite über den Langträgersteg aus. Gegen eine solche Konstruktion bestehen keine Bedenken, wenn für gute Verteilung der Pufferkräfte in den Anschlußblechen gesorgt wird.

Der Gewichtsunterschied der Stahlkonstruktion des Mitteleinstieges und der dazugehörigen Verstärkungen im Kastengerippe gegenüber einem entsprechend gleichlangen Stück des Wagenkastens beträgt etwa 450 kg. Bei Gewicht- und Preisvergleichen verschiedener Fahrzeuge ist daher Zahl, Lage und die Bauart der Einstiege entsprechend zu beachten.

Endlich unterscheiden sich auch noch die Kopfstücke der Triebwagen von denen der Personenwagen. Bei jenen wird in der Regel eine mehr oder weniger abgerundete Form, bei schnellfahrenden Triebwagen sogar eine ziemlich spitze Kopfform gewählt, deren Ausbildung im Untergestell Blechträger erfordern (Textabb. 6).

Unter den Wagenkasten der Triebwagen sind neben der Bremsanlage die Maschinenanlage oder Teile dieser mit den zugehörigen Apparaten und Batterien und der Heizung aufgehängt. Das Untergestell wird daher erheblich stärker beansprucht als das der Personenwagen. Es ist aus diesem Grunde die Anpassung der Trägerquerschnitte an die Be-

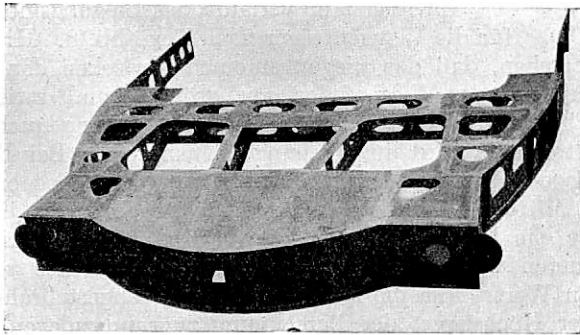


Abb. 6. Kopfstück.

anspruchungen, will man erhöhte Gewichte vermeiden, mit großer Sorgfalt vorzunehmen. Betrachtet man die Untergestelle von Erstkonstruktionen von Triebwagen, so findet man vielfach aus Blechen zusammengeschweißte Träger, die die Form von Profilträgern haben. Es ist daher die Frage berechtigt, warum für solche Bauteile nicht Profilträger verwendet werden, da man hierdurch lange Schweißnähte mit ihren hohen Fertigungskosten vermieden hätte. Hierzu ist zu sagen, daß die Berechnung Trägerquerschnitte ergab, für die Normalprofile nicht zur Verfügung standen. Man hat aber die höheren Fertigungskosten für die zusammengeschweißten Blechträger in Kauf genommen, um Gewicht zu sparen. Werden solche neu entwickelte Triebwagen nach ihrer Bewährung im Betriebe in größerer Anzahl in Auftrag gegeben, so können aus Blechen zusammengeschweißte Träger durch Sonderprofile ersetzt werden, da dann sich die Herstellung von Sonderprofilen lohnt und keine besondere Kosten für die Walzen angerechnet zu werden brauchen.

III. Drehgestelle.

Bei den Drehgestellen können die Rahmen und Wiegen in Schweißkonstruktion ausgeführt werden. Bei der Prüfung der Frage, welche Bauform die geeignetste ist, wird in gleicher Weise wie bei den Wagenkästen in erster Linie von den Beanspruchungen, denen diese Teile ausgesetzt sind, auszugehen sein. Andererseits sind die gegenwärtigen Bauformen der Drehgestellrahmen und Wiegen aber auch von ihrer zeitlichen Entwicklung beeinflusst.

Das früher viel beschaffte Regeldrehgestell hatte ein Rahmengestell, das sich über die Achsbuchsblattfedern und diesen noch vorgeschalteten kleinen Schraubenfedern auf den Achsbuchsen abstützte (vergl. Speer: „Einfluß der Bauart und des Zustandes der Personenwagen auf ihren Lauf“, Glasers Annalen 1931, Heft 5). Die Wiegenblattfedern, meist Elliptikfedern, lagen quer zum Drehgestellrahmen zwischen den zweiteiligen oberen und unteren Wiegebalken, deren Pendel an Querträgern des Drehgestellrahmens aufgehängt waren. Besondere Beachtung verdient die Ausbildung der meist aus gepreßten Blechen bestehenden Drehgestellwangen, die eine bis zum unteren Achshalterende herabreichende Steghöhe besaßen, weil sie in dieser Ausführung bei geringstem Gewichtsaufwand die auftretenden senkrechten Lasten aufnehmen konnten und es möglich machten, ohne besonders angenietete Achshalter auszukommen. Diese waren mit in die Rahmenkonstruktion einbezogen. Auch das amerikanische Drehgestell brachte hinsichtlich des grundsätzlichen Aufbaues von Rahmen und Wiege keine besondere Änderung. Bekanntlich besaßen das Regel- und amerikanische Drehgestell den Nachteil, daß die Wiegefedern zum größten Teil verdeckt angeordnet und nicht einstellbar waren. Eine genaue Einstellung des Pufferstandes war nur unter Änderung der Wiegependellänge möglich. Die Änderung der Pendellänge beeinflusst jedoch wegen der gleichzeitigen Änderung der Rückstellkräfte den Wagenlauf. Eine genaue Angleichung sämtlicher Pendellängen ist zeitraubend und schwierig, für die Ruhe des Wagenlaufs aber wichtig. Außerdem ist bei beiden Drehgestellen der Achsstand verhältnismäßig kurz, sie neigen infolgedessen mit Zunahme der Fahrgeschwindigkeit zum Schlingern. Die Bemühungen, diese betrieblichen Mängel zu beseitigen führten vor etwa einem Jahrzehnt zu dem Entwurf eines neuen Drehgestells, dem sogenannten „Görlitzer Drehgestell“.

Beim Görlitzer Drehgestell ist bekanntlich der Wagenkasten auf einer einteiligen Wiege gelagert. Diese Wiege ist mit Schwingpendeln, deren Pendellänge unveränderlich ist, an den Bunden von je zwei Blattfedern aufgehängt, die im Gegensatz zu der bisherigen Bauweise in Längsrichtung unterhalb des Drehgestellrahmens angeordnet sind. Diese Tragfedern werden mit in der Höhe nachstellbaren Gewindebolzen unter dem Drehgestellrahmen aufgehängt. Bei der getroffenen Anordnung war es nunmehr aber schwierig, die Rahmenwangen, wie bei den Regel- und amerikanischen Drehgestellen, bis zum unteren Ende der Achshalter auszubilden. Der Einbau der Wiegefedern in Längsrichtung hatte zur Folge, daß der Achsstand auf 3,6 m verlängert wurde, was wegen des ruhigen Laufes bei höheren Fahrgeschwindigkeiten von vornherein auch angestrebt war. Die Verlängerung des Achsstandes bedingt aber auch einen längeren Drehgestellrahmen. Da die Drehgestellrahmen des Regel- und amerikanischen Drehgestells vielfach aus gepreßten Blechen bestanden, hätte die Beschaffung gepreßter Drehgestellrahmen für das Görlitzer Drehgestell neue Gesenke erfordert. Man wählte aus Gründen der einfachen und billigen Herstellung einen Drehgestellrahmen aus zusammengewinkelten Profilträgern. Bei der niedrigen Bauhöhe dieses Rahmens mußten besondere Achshalter aus Flacheisen, die an die Drehgestellwangen angenietet wurden, vorgesehen werden. Die beiden inneren Achshalter wurden zur Entlastung der auf Biegung beanspruchten Wangenträger durch ein Zugband sprengwerkartig verspannt.

Später wurde die Wagenkastenaufhängung weiter verbessert und vereinfacht, die doppelte Wiegefeder wurde durch eine einzige ersetzt, deren Enden in Schaken aufgehängt sind, die als Schwingpendel wirken und demgemäß seitliches Ausschwingen zulassen. Die Schaken wurden an in der Höhenlage einstellbaren Gewindebolzen aufgehängt; der Wiegebalken

selbst auf den Federbunden unmittelbar abgestützt. Der niedrige Profilträgerahmen mit den angenieteten Achshaltern wurde aber beibehalten.

Die neuen Görlitzer Drehgestelle brachten die bekannten Vorzüge: Gute Übersicht und leichte Zugänglichkeit zu den einzelnen im Betriebe zu untersuchenden Bauteilen und eine

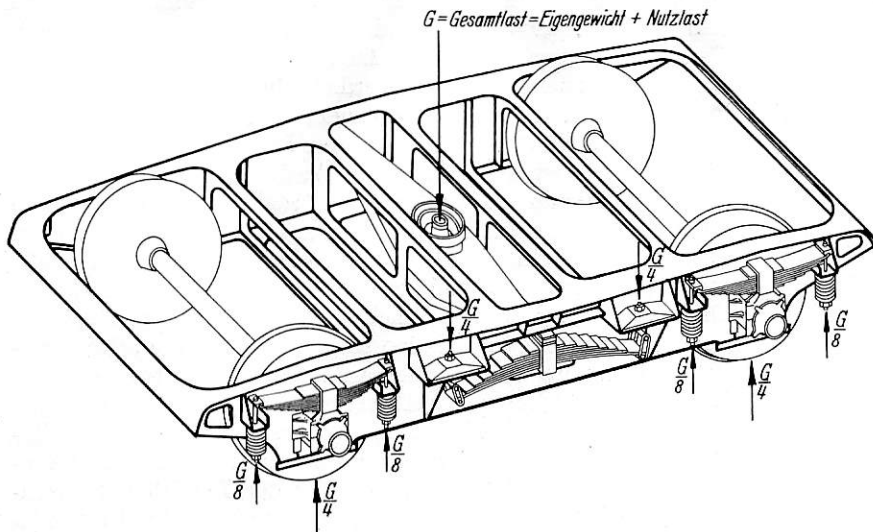


Abb. 7. Lasten am Drehgestellrahmen.

einfache Einstellbarkeit aller Federn; die Ausbildung des Drehgestellrahmens mit seinen angenieteten Achshaltern zeigen aber, wie aus den späteren Darlegungen entnommen werden kann, noch den Mangel unvollkommener Baustoffausnutzung in Rahmen und Wiege. Die erforderliche Festigkeit und Steifigkeit ist bei dieser Bauweise nur erreichbar durch einen hohen Baustoffaufwand. Auch mit der Einführung geschweißter Drehgestellrahmen und angeschweißter

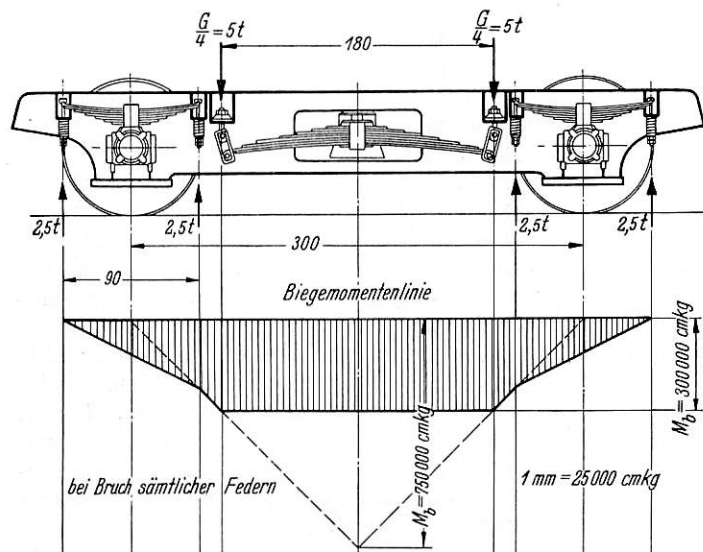


Abb. 8. Biegungsbeanspruchung der Drehgestellseitenwaage.

Achshalter wurde die allgemeine Anordnung der niedrigen Rahmenbauweise beibehalten. Da aber die neuzeitliche Schweißtechnik die Möglichkeit gibt, die Bauteile nach ihren Beanspruchungen zu gestalten und bei dieser Gestaltung auf den verfügbaren Raum weitgehend Rücksicht zu nehmen und ihn auszunützen, erscheint es zweckdienlich bei der konstruktiven Ausbildung von Drehgestellrahmen und Wiegen von den Beanspruchungen auszugehen und lediglich die bisherige Anordnung und Aufhängung der Federn als gegeben zu betrachten.

Ein Drehgestellrahmen wird im allgemeinen durch Kräfte aus allen drei Richtungen des Raumes beansprucht.

In lotrechter Richtung sind es das Eigengewicht, die Nutzlast, lotrechte Stöße und Bremsgehängedrucke. Die Verteilung des Eigengewichts des Drehgestellrahmens spielt im Verhältnis zu der in lotrechter Richtung auftretenden Gesamtlast nur eine untergeordnete Rolle. Bei der Betrachtung der in dieser Richtung wirkenden Kräfte genügt es daher, alle senkrechten Kräfte als Einzellast zusammenzufassen. Diese Gesamtlast wird von der Drehpfanne aufgenommen, von dieser über den Wiegebalken, die Wiegefedern, Rahmenwangen, Achsfedern, Achsbuchsen, Achswelle und die Räder auf die Schienen (s. Textabb. 7) übertragen. Die lotrechten Stöße rühren von den Bahnunebenheiten her; in ihrer Größe sind sie nur schwer erfassbar. Im allgemeinen begnügt man sich damit, sie durch einen bestimmten Zuschlag zur Nutzlast zu berücksichtigen. Die Bremsgehängekräfte wirken örtlich; sie können demgemäß örtliche Verstärkungen notwendig machen, den grundsätzlichen Aufbau des Drehgestellrahmens beeinflussen sie aber nicht und können daher außer Ansatz bleiben.

Im Regelfalle verläuft das Biegemoment für die Wangenträger nach Textabb. 8. Hieraus ist zu ersehen, daß das Biegemoment zwischen den Aufhängepunkten der Wiegefeder am größten und zwischen diesen beiden Punkten unveränderlich ist. Aber auch die Achshalterpartie wird auf Biegung beansprucht. Bei Bruch der Wiegefedern wird die Gesamtlast vom Wiegebalken auf die Mitte der Drehgestellwange übertragen. In diesem Fall hat das Biegemoment den in Textabb. 8 gestrichelt gezeichneten Verlauf; erreicht also in Wangenmitte seinen höchsten Wert. Für die Berechnung des Drehgestellrahmens ist dieser Höchstwert der Berechnung zugrunde zu legen.

Ein auf Biegung beanspruchter Träger wird bei gleichem Baustoffaufwand und gleicher Querschnittsform den ihn belastenden Kräften um so mehr Widerstand entgegen setzen, je größer seine Trägerhöhe ist, allerdings nur so lange, wie — z. B. bei einem I-Querschnitt — genügende Sicherheit gegen Ausknicken des Steges gegeben ist. Man wird also, um mit möglichst wenig Baustoffaufwand auszukommen, den Träger immer möglichst hoch wählen und viel Baustoff durch günstige Formgebung (etwa I-Form) nahe an die äußeren Randzonen bringen. Soweit erforderlich wird man den Steg des Trägers durch aufgesetzte Rippen, Sicken oder Bördelung gegen Ausknicken sichern. Andererseits wird man ihn, um möglichst Werkstoff zu sparen, weitgehend ausschneiden, weil die in der Nähe der neutralen Faser liegenden Baustoffteile an der Spannungsverteilung nur wenig Anteil haben. In dieser Zone ist der Baustoff in der Hauptsache nur wegen der gleichmäßigen Übernahme der Querkräfte durch den Ober- und Untergurt erforderlich, wofür aber einige Stegverbindungen ausreichen. Die Größe und die Lage der Ausschnitte im Steg stellt aber an den Konstrukteur hohe Anforderungen, weil einmal die Aussparungen nur in die Nähe der neutralen Zone gelegt werden dürfen und weil andererseits sie so angeordnet werden müssen, daß die hinter dem Rahmen liegenden Brems- teile leicht zugänglich zu überwachen sind und die Wiege durch einen dieser Ausschnitte gesteckt werden kann.

In der folgenden Übersicht sind die Wangenträgerabmessungen und Gewichte von Drehgestellrahmen in niedriger Profilträgerausführung und unterem Zugband und in Rahmen aus Doppel-T-Blechträgern mit hohem Steg einander gegenübergestellt (Textabb. 9).

	Görlitzer Drehgestell III leicht		
	in niedriger Profilträgerausführung mit Zugband		geschweißt mit I-Träger von großer Steghöhe
	genietet I	geschweißt II	III
Trägerhöhe nach Textabb. 14	68,2 cm	66,7 cm	59,8 cm
Querschnitt, Obergurt	60,9 cm ²	53,3 cm ²	16,8 cm ²
„ Untergurt	10,8 „	10,8 „	14 „
Gesamtquerschnitt	71,7 „	64,1 „	30,8 „
Widerstandsmoment	676 „	675 „	690 „
Gewicht je lfd. m.	57 kg	51 kg	24,4 kg

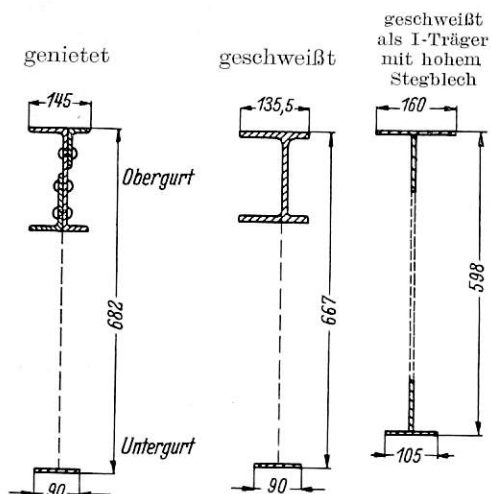


Abb. 9. Görlitzer Drehgestell III leicht mit Zugband.

Bei den genieteten und geschweißten Drehgestellen mit unterem Zugband (Fall I und II) ist in der vorstehenden Übersicht als Obergurt der niedrige Profilrahmenträger und als Untergurt das Zugband, im Falle III ein I-Träger mit hohem Steg angenommen. Der Vergleich ergibt, daß bei etwa gleichem Widerstandsmoment der I-Träger mit seinem hohen Steg ein erheblich geringeres Gewicht als der niedrige Profilrahmenträger mit dem Zugband hat, das im Vergleich zum genieteten Drehgestellrahmen um 57%, im Vergleich zum geschweißten Drehgestellrahmen um 52% bezogen auf 1 m Trägerlänge niedriger ist.

Über der Achse kann der Träger nach unten nicht in der gleichen Höhe beibehalten werden, weil er an dieser Stelle wegen der Achsbüchse ausgeschnitten werden muß. Man kann die Trägerhöhe für einzelne Ausnahmefälle durch Hochziehen der Wange vergrößern. Infolge des Achshalterausschnittes ist in diesem niedrigeren Trägerteil die Beanspruchung verhältnismäßig hoch. Die Biegungsbeanspruchung ist am größten im Querschnitt über der inneren Achshalterausschnittkante im Abstand l vom äußeren Federbock (Textabb. 10). Um den Wagenträger über dem Achshalterausschnitt ausreichend biegesteif zu machen, sind besondere Konstruktionsmaßnahmen erforderlich, über die später noch zu berichten sein wird. Unter dem Einfluß der Biegungskräfte wird im Achshalterausschnitt der Träger das Bestreben haben, sich nach unten durchzubiegen und dadurch die Achsgabeln aufzuweiten. Um dieses Weiten des Achshalterausschnittes zu verhindern, wurde ein besonderer Achshalterschlüssel angeordnet; diese Aufgabe kann dieser aber nur übernehmen, wenn er mit Paßsitz eingebaut ist. Beim Görlitzer Drehgestell wird dieser Paßsitz im allgemeinen mit Paßschrauben hergestellt. Da im Betriebe ein Lockern der Schrauben aber nicht ausgeschlossen ist, muß durch besondere

werkstattechnische Maßnahmen für einen dauernden Paßsitz gesorgt werden. Diesem Nachteil kann man allerdings auch dadurch begegnen, daß man den Achshalterschlüssel an seinen Enden klammerartig ausbildet und ihn so um die Achsgabeln herumgreifen läßt. Da der Achshalterschlüssel eine vollkommen sichere Verbindung zwischen den beiden Achsgabeln nicht darstellt, wird man aus Gründen der Betriebssicherheit den Wangenquerschnitt über dem Achsausschnitt immer so bemessen, daß er die auftretenden Biegungsbeanspruchungen auch ohne Achshalterschlüssel allein zu übernehmen in der Lage ist. Zur Erreichung dieses Zieles ist es zweckmäßig, um mit möglichst wenig Werkstoff auszukommen, dem Wangensteg einen unteren Gurt zu geben, dadurch, daß man die obere Ausschnittkante mit einem Flansch versieht und diesen zur Vermeidung von Spannungsstauungen in den Ecken nach unten herumzieht. Den Obergurt wird man im allgemeinen verstärken müssen; die Blechträgerbauweise erlaubt dies auf einfache Weise dadurch, daß man die bisherige Gurtstärke unterbricht und ein stärkeres und unter Umständen auch breiteres Blech mittels Stumpfstoßen einfügt.

Die Kräfte werden von den Tragfedern nicht unmittelbar auf die Wangenträger sondern über die Federböcke mit einem Hebelarm a übertragen (vergl. Textabb. 10). Die Wangenträger werden daher auch auf Verdrehung beansprucht. Die für die Verdrehungsbeanspruchung günstigste Trägerform ist bekannt-

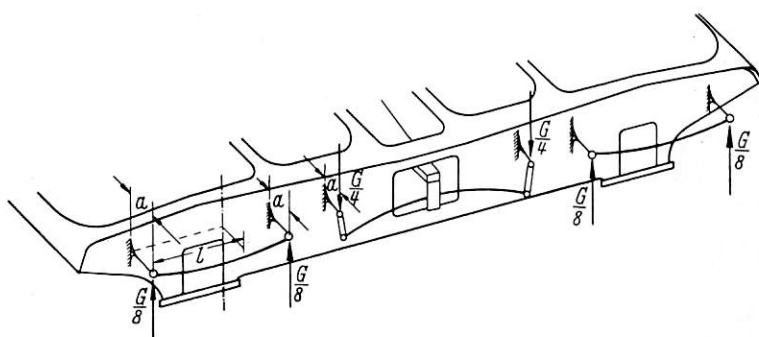


Abb. 10. Verdrehungsbeanspruchung der Drehgestellseitenwange.

lich ein Kastenträger, für dessen Höhe die Trägerhöhe über dem Achsausschnitt bestimmend und ausreichend ist. Mit Rücksicht auf die lotrechten Kräfte ist aber ein I-Träger mit hohem Steg die günstigste Trägerform. Bei der Verwendung von I-Trägern für die Drehgestellwange sind daher mit Rücksicht auf die Verdrehungsbeanspruchungen noch zusätzliche Maßnahmen erforderlich, und zwar entweder das Einziehen von Gegenstegen, so daß ein kastenförmiger Querschnitt entsteht oder die unmittelbare Anordnung von möglichst biegesteifen Querverbindungen zwischen den Drehgestellwangen an den Federangriffspunkten. Meist wird es aber mit Rücksicht auf die Platzverhältnisse nicht möglich sein, solche Querverbindungen an diesen Stellen anzuordnen. Die Verdrehung wird aber auch beim I-Träger dann sehr gering sein, wenn die Querträger in möglichster Nähe der Tragfederböcke angeordnet werden.

Die Kopfträger können mit Rücksicht auf das Bremsgestänge und das Befahren von Schiebebühnen im allgemeinen nicht biegesteif genug ausgeführt werden. Es verbleiben daher über dem Achshalterausschnitt Verdrehungsbeanspruchungen. Diesen begegnete man bei den in Blechträgern ausgeführten Drehgestellrahmen damit, daß man einen Gegensteg einzieht und dadurch einen verwindungssteifen Kastenträger erhält. Da die Kastenträgerform wegen der Unzugänglichkeit der inneren Flächen unerwünscht ist, wird man bestrebt sein, den Kopfträger möglichst nahe an den äußeren Tragfederbock heranzurücken und außerdem noch den Wangensteg über dem Achshalterausschnitt durch Aufschweißen von

Rippen zweckmäßig zu versteifen. Bei der Blechträgerbauweise werden die inneren Flächen der Kastenträger durch geeignete Ausschnitte im Gegensteg ausgespritzt und entrostet.

Das Verdrehungsbestreben führt zu einem Spreizen der Achshalter. Spreizende Achshalter hemmen aber das Vertikalspiel der Achsen, indem sie klemmen und dadurch die Federung rauh machen. Außerdem beschleunigen sie wegen des Klemmens den Verschleiß der Führungsleisten und führen damit gleichzeitig auch eine Vergrößerung des Seitenspiels der Achse herbei. Man könnte daran denken, dem Übel dadurch zu begegnen, daß man die Achshalter vor der Belastung um ein bestimmtes Maß nach innen stellt. Das würde aber nicht viel nützen, weil man nicht gleichzeitig auch die Belastungsschwankungen mit berücksichtigen kann. Man wird daher diesen Trägerteil immer möglichst verwindungssteif machen müssen.

In wagerechter Querrichtung wirken auf den Drehgestellrahmen in der Hauptsache Führungsdrücke, Seitenstöße und seitliche Winddrücke. Beim Befahren von Abzweigungen und Gleisbögen übt im allgemeinen die Außenschiene auf das Fahrzeug einen Seitendruck — den Führungsdruck — aus, der einmal den Gleitwiderstand der Räder, wie auch den Massenwiderstand des Fahrzeugs für das Bogenfahren zu überwinden hat. Der Massenwiderstand ist allgemein unter der Bezeichnung Fliehkraft bekannt und hat für den eigentlichen Bogen den konstanten Wert $\frac{m v^2}{R}$; im Bogenein-

und -auslauf ist er veränderlich, im Augenblick des Anlaufens hat er die Größe eines Seitenstoßes. Seitenstöße treten aber außer beim Ein- und Auslauf von Krümmungen und Abzweigungen auch noch beim plötzlichen Anlaufen in der Geraden infolge Schlingerns auf. Seitlicher Winddruck kann den Massenwiderstand überlagern oder ihn mildern. Man kann ihn für diese Betrachtung dem Massenwiderstand zurechnen. Der Verlauf der Seitenkräfte geht in der Hauptsache von der Schiene über das anlaufende Rad, die Achswelle, das Achslager, die Achshalter, die Wiegefederhängung, die Wiegefedern, den Wiegebalken, die Drehpfanne auf dem Wagenkasten. Sie beanspruchen vom Drehgestellrahmen zunächst die Achshalter auf Biegung nach innen, wirken also im Sinne einer Vergrößerung des Querspiels der Achse. Je größer aber dieses, um so härter und unangenehmer wird andererseits auch das Anschlagen des Rahmens an seine Seitenbegrenzungen, d. h. an die Führungsleisten, besonders dann, wenn die Geschwindigkeit groß und die Wellenlänge der Sinusbewegung der Achsen kurz ist, weil mit der Fahrgeschwindigkeit die Seitenbeschleunigung und mit der Kürze der Wellenlänge ihre Aufeinanderfolge wächst. Mit Rücksicht auf diese Biegungsbeanspruchung wird man die Achshalter durch Aufsetzen von Rippen möglichst biegesteif machen. Überhaupt wird man in Verfolg der Absicht, mit wenig Werkstoff auszukommen, die Achshalter zweckmäßigerweise mit in die Gesamtkonstruktion einbeziehen und den Wangenuntergurt fortlaufend um die Achshalter als Versteifungsrippe herumführen.

Infolge eines auftretenden Seitendrucks wird auch die Wiege ausschlagen, im Grenzfall sich am Querbegrenzungsanschlag anlegen und die Rahmenwangen seitlich auszubiegen suchen. An dieser Ausbiegung wird die andere Rahmenwange über die Querverbindungen mit beteiligt. Da der Wiegenanschlag auf dem oberen Teil des Wangenträgers angebracht ist und hierfür infolgedessen auch die seitliche Durchbiegung am größten sein wird, entspricht es, wenn man den Wangenträgerobergurt gegenüber dem Untergurt stärker ausführt.

Schließlich können noch Kräfte in wagerechter Längsrichtung auftreten. Es sind dies hauptsächlich Beschleunigungs- oder Verzögerungskräfte und Winddrücke. Sie beanspruchen vor allem die Rahmenwangen über dem Achs-

ausschnitt zusätzlich auf Biegung, überlagern also gegebenenfalls die schon aus den senkrechten Kräften folgende Biegungsspannung dieses Querschnittes, fordern aber grundsätzlich keine andere Formgebung.

Aus der Betrachtung über die in den einzelnen Teilen des Drehgestellrahmens auftretenden Beanspruchungen folgt allgemein, daß es für eine bestmögliche Werkstoffausnutzung gegeben ist, den Rahmen möglichst hoch auszuführen und die Achshalter mit in die Rahmenkonstruktion einzubeziehen, ihm also eine Form zu geben, die schon die älteren Regel- und amerikanischen Drehgestelle hatten.

Schlußbetrachtungen.

Aus den Darlegungen ist zu folgern, daß in der Schweißtechnik endlich ein willkommenes Mittel gefunden wurde, den aus vielen Gründen erforderlichen bestmöglichen Leichtbau auch im Wagenbau zur Einführung zu bringen. Da die Schweißtechnik es uneingeschränkt erlaubt, den Wagenkästen und Drehgestellen Formen zu geben, die dem Zweck und der Beanspruchung vollkommen genügen, kann nunmehr beim Entwurf die geschichtliche Entwicklung der Fahrzeuge außer acht bleiben und ausschließlich nach statischen und dynamischen Überlegungen gestaltet werden. Der Konstrukteur hat dabei den Leichtbau als ein fundamentales Gesetz anzusehen, denn leicht bauen heißt Werkstoff sparen. Da Deutschland keinen Überfluß an Eisenerzen hat, muß es mit diesem Naturgut sparsam wirtschaften, um diesen möglichst lange zu erhalten und die Eisenerzeinfuhr auf ein Maß beschränken, die der gesamten Wirtschaftslage entspricht. Der Leichtbau hilft einen weiteren Rohstoff sparen; Kohle oder Treibstoff, einen Rohstoff, den wir ebenfalls nicht nutzlos verschleudern dürfen. Vergleicht man die Kosten vollkommen schweißgerecht hergestellter Wagenkästen und Drehgestelle mit den Kosten der ungleich schwereren genieteten Wagen, so steht dem Mehraufwand von Löhnen meist ein Minderaufwand an Stoffkosten in einer Höhe gegenüber, daß die Gesamtkosten nicht oder nur unwesentlich höher als die der genieteten Fahrzeuge sind. Vielfach sind höhere Beschaffungskosten auf Ursachen zurückzuführen, die mit dem Ersatz der Nietung durch die Schweißung nichts zu tun haben, z. B. Herstellung neu entwickelter Triebwagen in nur geringer Stückzahl, Verbesserung der Inneneinrichtungen, Heizung, Lüftung usw. Die Schweißtechnik wurde im Wagenbau nicht eingeführt, nur um in ihr ein weiteres Mittel zur Abminderung der Fahrzeugbeschaffungskosten zu erhalten, sondern sie hat in erster Linie die Aufgabe zu lösen, leichter, steifer und betriebssicherer zu bauen und die Betriebs- und Erhaltungskosten zu verringern. Man begegnet vielfach der Meinung, daß die Eisenbahnfahrzeuge ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der billigsten Fertigung entworfen und gebaut werden müssen. Da geschweißte Wagen bei mindestens gleicher Sicherheit ein erheblich geringeres Eigengewicht als die bisherigen Fahrzeuge aufweisen, so kann eine Lokomotive bestimmter Leistung nunmehr einen oder mehrere Wagen mehr befördern und auf diese Weise bei Verkehrsspitzen den Betrieb entlasten und verbilligen helfen; die größere Anfahrbeschleunigung und die höhere Geschwindigkeit, die beim Einsatz leichter Fahrzeuge erzielbar ist, verbessert den Wettbewerb mit anderen Verkehrsmitteln. Vielfach können die durch diese Verbesserungen eingetretenen Ersparungen oder Mehreinnahmen in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht genau erfaßt werden, sie sind aber bei der Beurteilung der Fahrzeugbeschaffungskosten mit zu berücksichtigen.

Da aber, wie wir bereits festgestellt haben, etwaigen, ausschließlich von den höheren Fertigungslohnkosten herührenden einmaligen Mehrkosten im Betriebe dauernd Minderausgaben gegenüberstehen, so ist bei der Beschaffung von geschweißten Fahrzeugen die Gesamtwirtschaftlichkeit

zu berücksichtigen. Der Mehraufwand an Löhnen ist auch aus sozialpolitischen Erwägungen durchaus erwünscht. Wenn auch zur Zeit in Deutschland kein Überfluß an Fachhandwerkern besteht, so wird bestimmt wieder die Zeit kommen, wo eine möglichst umfangreiche Beschäftigung von Fachhandwerkern in der Wagenbauindustrie erforderlich werden wird.

Wer sich mit der Schweißtechnik eingehender befaßt hat, wird zweifelsfrei erkannt haben, daß mit der Einführung der Schweißtechnik im Fahrzeugbau eine neue Epoche ihren Anfang genommen hat; in diesem Entwicklungsstadium die Kostenfrage vorzustellen, würde den bereits erkennbaren

Enderfolg vereiteln helfen. Daß dieser Standpunkt durchaus richtig ist, ist in der Geschichte der Technik stets und stets nachweisbar. Sind aber die endgültigen Bauformen geschweißter Wagen gefunden, so wird die wirtschaftliche Fertigung von selbst beginnen, die zur Absenkung der Beschaffungspreise führen wird. Es ist durchaus denkbar, daß später die Schweißnähte maschinell gezogen werden; durch lohnende Vorrichtungen können Arbeitszeiten gespart werden usw.

Der Wagenbautechnik ist eine große, neuartige Aufgabe gestellt, sie vollkommen zu lösen, wird der Eisenbahn wieder einen neuen Auftrieb geben.

Die dreiteiligen Triebwagenzüge mit elektrischer Kraftübertragung der Niederländischen Eisenbahnen.

Von Maschinendirektor **Fr. W. Hupkes** der Niederländischen Staatseisenbahnen.

Hierzu Tafel 19.

Den Wünschen des reisenden Publikums nach vielen schnellen und regelmäßigen Zugverbindungen Rechnung tragend, beschlossen die Niederländischen Eisenbahnen Ende 1932 40 dieselelektrische Triebwagen in Auftrag zu geben, welche am 15. Mai 1934 in Dienst gestellt werden sollten.

Lizenznehmerin Werkspoor in Amsterdam gebaut); die elektrische Ausrüstung für diese Wagen wurde von der Firma Brown, Boveri & Cie. in Baden entworfen (Schweiz) und z. T. von dieser Firma, z. T. von der Firma Heemaf in Hengelo (Holland) geliefert.

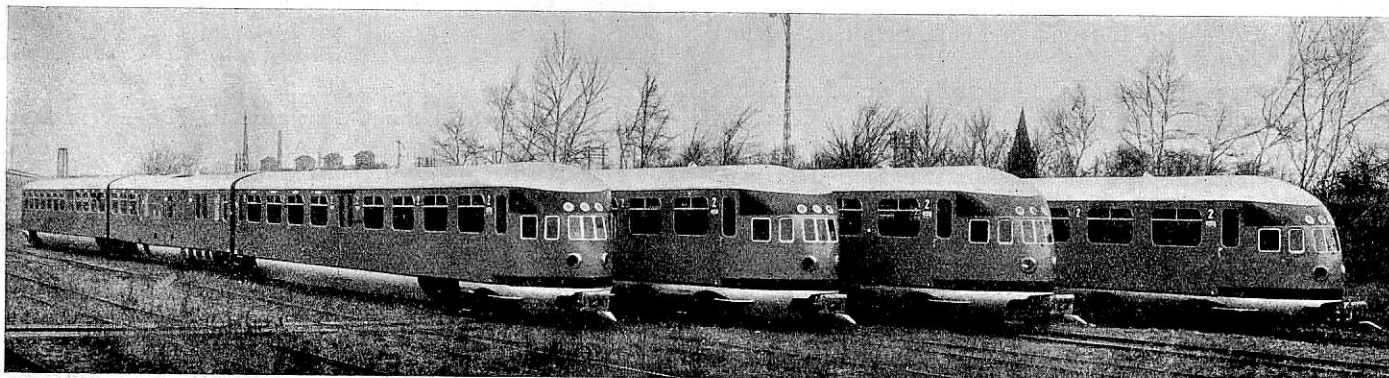


Abb. 1. Ansicht von vier fertigen Triebwagenzügen.

Für den Bau dieser Triebwagen waren folgende Bedingungen gestellt worden: Anzahl Sitzplätze mindestens 160, und zwar 48 in zweiter und 112 in dritter Klasse; Einmannbedienung von zwei gekuppelten Triebwagenzügen; das Kuppeln und Entkuppeln von zwei Triebwagen sollte in sehr kurzer Zeit und wenn möglich automatisch ausgeführt werden

Fünf Triebwagen wurden ausgerüstet mit Motoren der Bauart Ganz (Budapest), gebaut von der Lizenznehmerin Gebr. Stork in Hengelo (Holland) und mit elektrischer Übertragung gebaut von der Firma Smit in Slikkerveer (Holland) nach Angaben von Westinghouse. Die Wagenkasten und Drehgestelle sind in Holland gebaut worden, und zwar von der

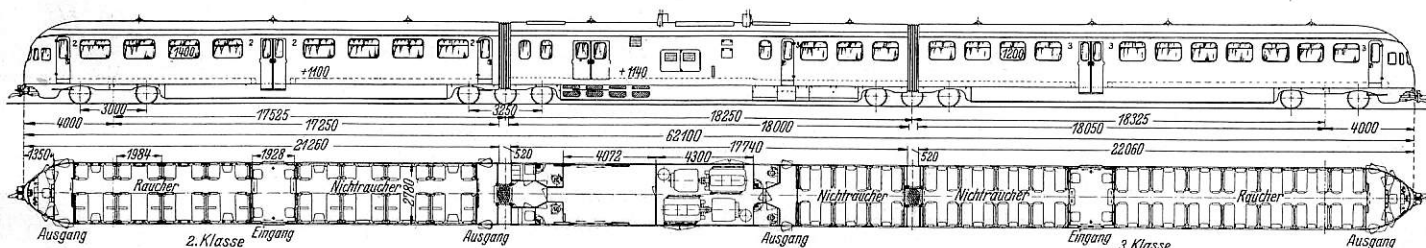


Abb. 2. Seitenansicht und Grundriß des Triebwagenzuges.

können; Höchstgeschwindigkeit 140 km/h; große Anfahrbeschleunigung (mittlere Anfahrbeschleunigung bis 100 km/h $0,185 \text{ m/sec}^2$); da keine Schuppen zur Verfügung gestellt werden konnten waren Maßnahmen zu treffen, daß die Triebwagen über Nacht, auch bei großer Kälte, im Freien stehen könnten.

Nach diesen Richtlinien wurde ein Entwurf ausgearbeitet; Abb. 1 gibt die äußere Ansicht, Abb. 2 Seiten- und Grundriß der nach diesem Entwurf gebauten Triebwagen.

Als Antriebmotoren für 35 Triebwagen wurden Maybachmotoren gewählt (zwanzig Stück hiervon wurden von der

Firma Werkspoor in Amsterdam (25 Maybach-Züge), von der Firma Beynes in Haarlem (10 Maybach-Züge) und von der Firma Allan in Rotterdam (5 Stork-Ganz-Züge).

Allgemeine Beschreibung.

Der Zug besteht aus drei Wagenkasten auf vier Drehgestellen: zwei zweiachsigen Laufdrehgestellen an den Enden und zwei mittleren dreiachsigen Triebdrehgestellen, von denen beide Endachsen von einem Tatzenlagermotor angetrieben werden. Die Achsdrücke in betriebsfertigem Zustand leer und mit voller Belastung sind nachstehend angegeben.

Achsdücke in Tonnen.

	Achse Nr.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Betriebsbereit ohne Fahrgäste . . . t	7	7	13	10	13	12 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{2}$	7	7
mit voller Be- lastung t	9	9	14	11	14	14	11	14	9 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$

Die beiden Endwagenkasten wiegen ohne Drehgestelle je 15 t, der mittlere Wagenkasten wiegt ungefähr 37 t; die Länge des ganzen Zuges beträgt etwa 62 m.

Die drei Wagen eines Zuges sind durch doppelte Faltenbälge miteinander verbunden. An beiden Enden befindet sich ein Führerstand.

Zur Herabsetzung des Zugwiderstandes sind die Wagen so leicht wie möglich gebaut und haben eine windschnittige Form erhalten, die Achsen sind in Achsbüchsen mit Rollenlagern gelagert.

Das Kastengerippe ist aufgebaut aus leichten Rohrprofilen, elektrisch zusammengeschweißt, während Teile wie Türen, Gepäcknetze und Gepäcknetzträger und die Kanäle für die Luftheizung und Lüftung in Leichtmetall ausgeführt worden sind.

Um die beste Wagenform hinsichtlich des Luftwiderstandes zu ermitteln, wurden im Windkanal der Zeppelin-Luftschiffbau G. m. b. H. Friedrichshafen Modelle angeblasen; es wurden Widerstands- und Druckmessungen ausgeführt. Um an der Unterseite des Modells Verhältnisse zu bekommen, welche denen der Wirklichkeit möglichst nahe kommen, war das Modell frei über einer beweglichen, aus einem endlosen Gummiband bestehenden Fahrbahn aufgehängt, deren Oberfläche in maßstäblicher Nachbildung Schwellen, Schienen und Schotter trug, und die bei jeder Messung mit einer Geschwindigkeit gleich der des Luftstroms im Windkanal angetrieben wurde.

Um der Bedingung, daß die Wagen außer Dienst im Freien stehen bleiben können, gerecht zu werden, ist im Kühlwasserkreislauf eines jeden Motors ein ölgeheizter Kessel eingeschaltet, dessen Brenner von einem Thermostaten gesteuert wird. Mit Hilfe dieses Kessels und einer kleinen elektrisch angetriebenen Umlaufpumpe wird die Temperatur des Kühlwassers selbsttätig auf etwa 60° C gehalten, was auch noch den Vorteil bringt, daß die Motoren immer warm sind, wenn sie angelassen werden. Weiter unten wird dies noch ausführlicher besprochen werden.

Wagenbaulicher Teil und Drehgestelle.

Wie schon erwähnt, ist bei der Konstruktion der Wagen die Leichtbauweise angewandt.

Die Drehgestelle sind amerikanischer Bauart, aus Stahl und in allen Teilen elektrisch geschweißt. Die Achsen sind hohl und mit Vollrädern versehen. Die Achsen haben Achsbüchsen mit Rollenlagern von SKF.

Für die Wagenkasten wurde normaler, unlegierter Baustahl verwendet, mit nur einem kleinen Zusatz von Kupfer. Für die Kastengerippe haben Rohrprofile in weitgehendem Maße Verwendung gefunden. Die Seitenwände und das Dach bestehen aus dünnem Stahlblech. Die Kastengerippe wurden elektrisch zusammengeschweißt.

Die Antriebsanlage.

Die Antriebsanlage besteht in allen Zügen aus zwei Maschinenanlagen mit je einem Dieselmotor und einem Gleichstromgenerator und den elektrischen Apparaten; sie befindet sich in einem Maschinenraum im mittleren Wagen. Dieselmotor und zugehöriger Generator sind mittels einer doppelten Gewebescheibenkupplung miteinander gekuppelt und zusammen

auf einem gemeinsamen Rahmen montiert (Abb. 3), der unter Zwischenschaltung von Gummipuffern auf dem Untergestell des Wagens abgestützt ist; die Konstruktion dieser Gummipuffer ist derart, daß keine stählernen Teile miteinander in Berührung kommen können (Abb. 4). Die beiden Maschinenanlagen sind vollkommen unabhängig voneinander; jeder Dieselmotor hat seinen eigenen Kühlkreislauf, zwischen den beiden Generatoren besteht keinerlei Verbindung. Muß eine Maschinenanlage aus irgendeinem Grund außer Dienst gestellt werden, dann kann der Zug mit der anderen Maschinenanlage allein gefahren werden, wobei die erreichbare Höchstgeschwindigkeit nur 110 km/h ist; Beleuchtung, Heizung und Lüftung können hierbei noch vollständig aufrecht erhalten werden.

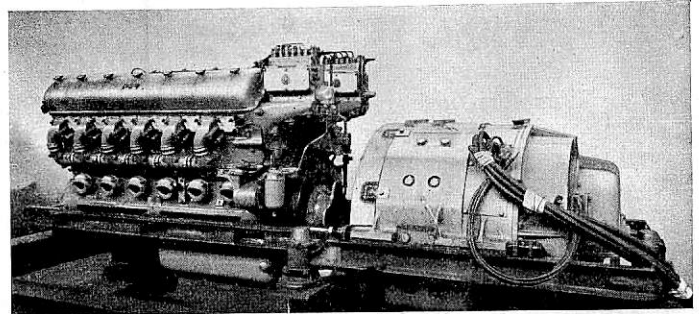


Abb. 3.

Maybach-Dieselmotor mit Generator auf Maschinenrahmen.

Der Maybachmotor, Typ G O 5 mit zwölf Zylindern in V-Form, direkter Einspritzung und einer maximalen Dauerleistung von 410 PS bei 1400 Umdr./Min. hat folgende Merkmale:

Geringes Gewicht;

Zylinder und Zylinderköpfe aus einem Stück (also keine Gefahr für Undichtigkeiten);

Kühlung des Schmieröls und des Triebwerks durch die durch das Kurbelgehäuse hindurch angesaugte Verbrennungsluft (ein besonderer Ölkühler ist daher überflüssig);

Rollenlager, sowohl für die Kurbelwellenlager als für die Pleuelstangenlager.

Der Motor ist bekanntlich versehen mit einem Öldruckregler, der unter Vermittlung eines Drucköl-Servomotorkolbens auf die Einspritzpumpen einwirkt.

Die Spannung der Pendelfelder im Regler, die die Drehzahl des Motors bestimmt, kann durch Verdrehen eines Kettenrades auf der Reglerachse verändert werden; das Kettenrad wiederum wird verdreht mittels eines elektromagnetischen Drehzahlstellers, der von jedem Führerstand aus durch den Führer betätigt werden kann.

Der Stork-Ganz-Motor ist ein Achtzylinder-Reihenmotor, Viertakt und mit Vorkammer; die normale Leistung beträgt 360 PS bei 1450 Umdr./Min. Die Zylinderköpfe sind abnehmbar.

Für die Schmierölkühlung ist ein besonderer Ölkühler mit elektrisch angetriebenem Lüfter vorgesehen, der sich unter dem Fußboden der Gepäckabteilung befindet.

Die Verstellung der Drehzahl geschieht in diesem Falle mittels eines federbelasteten Servomotorkolbens, der die

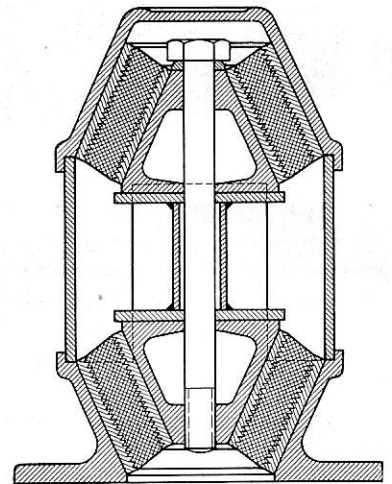


Abb. 4. Gummipuffer des Maschinenrahmens.

Fördermenge der Brennstoffpumpen beeinflusst und beaufschlagt wird durch den Druck von Öl, das in einem geschlossenen Kreislauf umgepumpt wird von einer vom Motor angetriebenen Pumpe. Der Druck in diesem geschlossenen Kreislauf ist abhängig von der umgepumpten Ölmenge (und daher von der Motordrehzahl) und von den Widerständen im Kreislauf. Im letzteren befinden sich fünf, je durch ein federbelastetes Ventil geschlossene Öffnungen, welche mittels eines Elektromagneten, der von jedem Führerstand aus durch den Führer betätigt wird, geöffnet werden können. Wenn ein oder mehr Ventile geöffnet werden, ändert sich der Widerstand im Kreislauf und demzufolge auch die Drehzahl des Motors. Das Gewicht des Motors beträgt 3000 kg.

Der Kühlwasserkreislauf, das Anlassen der Dieselmotoren und die Brennstoffzufuhr nach den Brennstoffpumpen ist bei allen Anlagen, Maybach und Ganz, gleich.

Abb. 1, Taf. 19 gibt das Schema des Kühlwasserkreislaufs. Das aus dem Motor abfließende Kühlwasser durchströmt nacheinander einen ölgeheizten Kessel, zwei Lufterhitzer (nur im Winter), zwei unter dem Fußboden der Gepäckabteilung befindliche Motorkühler mit elektrisch angetriebenen Lüftern und eine Heizschlange für das Wasser des Waschbeckens im Abort und mündet dann in ein Ausgleichgefäß, von dem es über eine kleine elektrisch angetriebene Umlaufpumpe wieder zum Motor zurückfließt. Im Kühlwasserkreislauf befinden sich weiter zwei Thermostaten, von denen einer den Ölbrenner des Kessels, der andere die zwei Lüfter eines Kühlers steuert; für die Betätigung der Lüfter des zweiten Kühlers ist im Maschinenraum ein Handschalter vorgesehen.

Vor dem Anlassen der Motoren wird mittels des ölgeheizten Kessels und der Umlaufpumpe das Kühlwasser vorgewärmt bis auf etwa 60° C. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Tatsache, daß Kolbenfressen, das an anderen Stellen ab und zu zu Schwierigkeiten Anlaß gegeben hat, nur sehr selten aufgetreten ist, dem guten Einfluß der Kühlwasservorwärmung zuschreiben ist.

Im unteren Teil des Maschinenraums befinden sich zwei Brennstoffbehälter mit je 900 l Inhalt. Der Brennstoff wird mittels Druckluft den Brennstoffpumpen zugeführt.

Der Dieselmotor wird elektrisch mit Hilfe des von der 200 Ah-Nife-Anlaßbatterie gespeisten Hauptgenerators angelassen, der dann als Motor läuft.

Bezüglich der Wahl von 70 Maybach- und 10 Stork-Ganz-Motoren ist folgendes zu bemerken. Zu der Zeit, in der der Auftrag erteilt werden mußte, wurde ein Motor mit hoher Drehzahl und geringem Gewicht verlangt. Der Maybachmotor war damals von diesem Typ der einzige, der schon eine gewisse Zeit im praktischen Betrieb gelaufen war. Weiter war man der Meinung, daß der Maybachmotor folgende Vorteile aufwies: Rollenlager (da zu der Zeit Gleitlager noch nicht zuverlässig waren), die Zylinder und Zylinderköpfe aus einem Stück und die Entbehrlichkeit eines besonderen Schmierölkühlers.

Etwa drei Monate nach der Inbetriebsetzung zeigten sich bei allen Maybachmotoren Schäden an den Gehäuselagern und auch, aber in kleinerem Maß, an den Pleuelstangenlagern. Eine von der Firma Maybach ausgeführte gründliche Untersuchung ergab, daß die Gehäuselager zu hoch belastet waren; diese Belastung setzte sich zusammen aus den Einflüssen der Zentrifugalkraft, der Biegungsschwingungen und des Verbrennungsdruckes. Was letzteren anlangt, wäre noch zu bemerken, daß die Geschwindigkeit des Druckanstieges bei dem Einsetzen der Verbrennung und auch der Verbrennungshöchstdruck ziemlich hoch waren.

Die Ergebnisse der Versuche haben die Firma Maybach dazu geführt die Kurbelwelle der Motoren mit Gegengewichten zu versehen. Weiter wurden Verbesserungen angebracht in

der Einspritzanordnung, durch die die Geschwindigkeit des Druckanstieges und der Höchstdruck verringert wurden.

Die Ergebnisse mit den mit Gegengewichten versehenen Motoren im praktischen Betrieb sind bis jetzt gut. Die zwei ersten Motoren mit Gegengewichten wurden im September 1935 in Betrieb gesetzt. Seitdem sind 41 Motoren zur großen Überholung in das Ausbesserungswerk Haarlem gekommen nach einer Laufleistung von im Mittel etwa 98000 km. Im Betrieb hat sich fast keine einzige Schwierigkeit ergeben.

Die Untersuchung der Teile der im Ausbesserungswerk überholten Motoren hat gezeigt, daß, abgesehen von einigen Lagerschäden, die Teile noch im guten Zustand waren.

Die Triebwagenzüge machen jetzt den normalen Dienst. Es sind täglich 19 Züge auf der Strecke, während im ganzen der Betrieb über etwa 30 Züge verfügt. Die Züge fahren monatlich etwa 350000 Zug-km. Jeder Zug fährt täglich im Mittel etwa 600 km.

Jeden 7. Tag werden die Motoren nachgesehen und werden kleinere Instandsetzungsarbeiten ausgeführt. Nach etwa 50000 km findet ein Kolben- und Zylindernachsehen statt, während die Motoren nach etwa 100000 km dem Ausbesserungswerk zur großen Überholung zugeführt werden.

Der Brennstoffverbrauch eines Motors (Verbrauch des Heizkessels mit einbegriffen) beträgt etwa 0,62 l/km und der Schmierölverbrauch etwa 1,93 l/100 km. Zur letztgenannten Zahl ist noch zu bemerken, daß nach etwa 9000 km das Schmieröl gewechselt wird.

Der Stork-Ganz-Motor war im Februar 1933 ein ganz neuer Entwurf. Im Betrieb sind bei diesen Motoren bis jetzt keine großen Störungen aufgetreten. In der ersten Zeit entstanden noch Schwierigkeiten hinsichtlich der Abdichtung zwischen Zylinder und Zylinderkopf; nachdem aber eine angemessene Packung verwendet wurde, sind diese Schwierigkeiten verschwunden. Die biegsamen Leitungen in dem Schmierölkreislauf brechen öfters. Auch diese Motoren können 100000 km laufen, bevor eine große Überholung notwendig wird. Schwierigkeiten mit Lagern sind nicht aufgetreten. Vor einiger Zeit trat plötzlich eine schnelle Verkrustung der Kolben ein; Kolbenringe einer anderen Art brachten Abhilfe. Mit Rücksicht auf die Gefahr für den Motor, die eintritt, wenn ein biegsamer Schlauch in der Schmierölleitung bricht, befindet sich während der Fahrt ein Mann im Maschinenraum zur Überwachung der Motoren.

Jeder Dieselmotor treibt einen Generator, dessen Strom unmittelbar den zugehörigen Fahrmotoren, und zwar je einem in jedem Drehgestell, zugeführt wird.

Für die elektrische Kraftübertragung der Maybach-Züge wurde das System Gebus gewählt, jedoch mit der Abänderung, daß der Generator nicht nur selbsterregend ist, sondern auch noch eine Fremderregung hat von 100 Volt (Abb. 2, Taf. 19). Die Leistung des Generators ist 240 kW, die wichtigsten Kennlinien gibt Abb. 3, Taf. 19. Den Nebenbedarf für Licht- und Steuerstrom, sowie den Strom für die Lüftermotoren der Motorkühler und der Heizung, die Kompressoren, die Ölbrenner, die Umlaufpumpen und die Batterieladung liefert ein Hilfs-generator, der unmittelbar vom freien Wellenende des Hauptgenerators angetrieben wird.

Da die Spannung des Hilfsgenerators und der Batterie nicht konstant ist, ist ferner ein kleiner vom Hilfs-generator oder von der Batterie gespeister Motorgenerator mit Spannungsregler vorgesehen, der Gleichstrom von konstanter Spannung (100 Volt) liefert für die Beleuchtung, den Steuerstrom, die Ölbrenner und die Fremderregung des Hauptgenerators. Der Strom für die übrigen Hilfsmaschinen wird vom Hilfs-generator geliefert, wenn der Dieselmotor läuft, und andernfalls von der Batterie; die Kühlerlüfter können aber nur von dem Hilfs-generator gespeist werden.

Für die Regelung der Generatorleistung in Übereinstimmung mit der zur Erhaltung einer bestimmten Geschwindigkeit des Fahrzeuges notwendigen Leistung, braucht der Führer nur die Dieselmotordrehzahl zu verändern. Es sind fünf Fahrstufen vorgesehen, und zwar sind die Motordrehzahlen dabei etwa 970, 1150, 1250, 1330 und 1400; die bei diesen verschiedenen Drehzahlen abgegebenen Leistungen (Verbrauch der Hilfsbetriebe mitgerechnet und bei Beharrungsgeschwindigkeit des Fahrzeuges) sind etwa 70 kW, 100 kW, 130 kW, 155 kW und 210 kW.

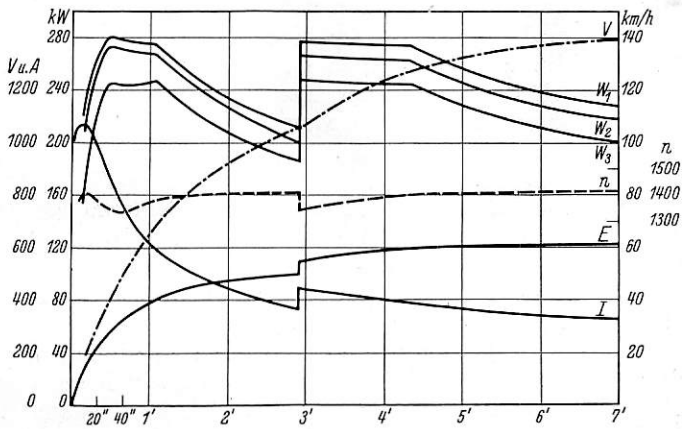


Abb. 5. Anfahrverhältnisse.

- V = Geschwindigkeit des Fahrzeuges
 W_1 = Leistung des Dieselmotors
 W_2 = „ „ aufgenommen vom Generator
 W_3 = „ „ abgegeben vom Generator
 n = Motordrehzahl
 E = Generatorspannung
 I = Generatorstromstärke

Abb. 5 gibt die Änderungen der Geschwindigkeit des Fahrzeuges, der Motor- und Generatorleistungen, der Motordrehzahl, der Spannung und der Stromstärke des Generators in Abhängigkeit von der Zeit beim Anfahren des Wagens von Stillstand bis zu einer Geschwindigkeit von etwa 140 km/h in der höchsten Fahrstufe; bei einer Geschwindigkeit von etwa 90 km/h wird die Fremderregung des Hauptgenerators verstärkt.

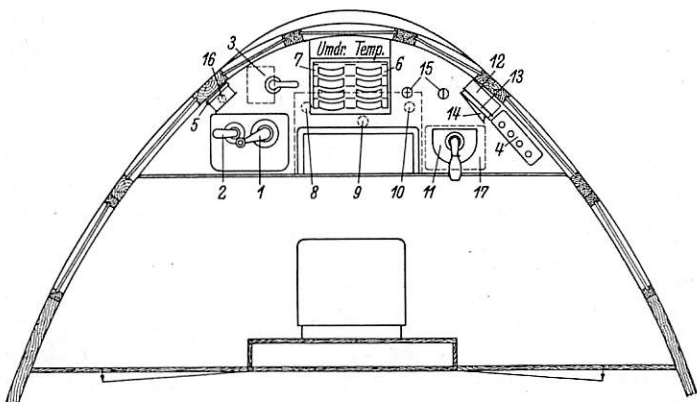


Abb. 6. Führertisch.

Die Höchstgeschwindigkeit ist 140 km/h; im praktischen Betrieb ist die zugelassene Höchstgeschwindigkeit nur 100 km/h.

Der Führerstand.

Die Abb. 6 gibt einen Plan des Führertisches.

Der Führerschalter hat zwei Walzen: die Hauptkurbel bedient die elektrische Drehzahlverstellung der Dieselmotoren und hat eine Leerlaufstellung, sechs Fahrstellungen, von denen die fünf ersten übereinstimmen mit je einer der oben-

genannten Drehzahlen und der sechste nur die Verstärkung der Fremderregung des Generators besorgt, wobei die Motordrehzahl der vorhergehenden Fahrstufe gleich bleibt, und eine Abschlußstellung. Die zweite Walze, die nur in der Leerlaufstellung der Hauptkurbel verstellbar ist, hat fünf Stellungen: „Anlassen Motor I“, „Vorwärts“, „Nullstellung“, „Rückwärts“, „Anlassen Motor II“.

Zwei oder sogar mehr gekuppelte Züge können von einem einzigen Führer gefahren werden. Die Anzeigeeinstrumente für Motordrehzahl und Kühlwassertemperatur zeigen nur an in dem Führerstand, in dem sich der Führer befindet, und geben ihm die Anzeige von den vier Motoren zweier gekuppelter Züge; die beiden oberen Reihen von 6 und 7 (Abb. 6) gehören zu den Motoren des ersten, die beiden unteren Reihen zu den Motoren des zweiten Zuges.

Der Führer hat also vor sich alle Anzeigen, die er braucht zur Überwachung der Dieselmotoren; weiter kann er von seinem Führerstand aus jeden Dieselmotor anlassen und abstellen.

Seit einiger Zeit fahren regelmäßig Züge, bestehend aus drei und vier gekuppelten Triebwagen. Dafür war es aber

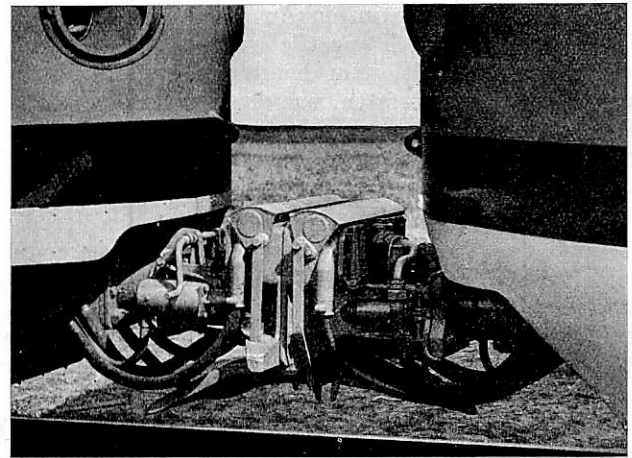


Abb. 7. Zwei Triebwagen gekuppelt.

notwendig einen Trennschalter vorzusehen, der die Leitungen der Anzeigeeinstrumente des dritten und vierten Triebwagens unterbricht.

Im Maschinenraum des dritten und vierten Triebwagens befindet sich ein Mann zur Überwachung der Maschinenanlagen.

Es ist eine Totmanneinrichtung vorgesehen mit einem Druckknopf in der Hauptfahrkurbel und einem Fußpedal; der Führer braucht nur eine von den beiden Einrichtungen einzudrücken. Wenn während der Fahrt beide Knöpfe losgelassen werden, wird sofort eine Schnellbremse eingeleitet und werden die Motoren auf Leerlauf gebracht.

Automatische Kupplung.

Jeder Zug ist an beiden Enden versehen mit einer automatischen Kupplung Scharfenberg-Unirop, entwickelt von Scharfenberg in Zusammenarbeit mit den Niederländischen Eisenbahnen. Zum Kuppeln braucht der Führer den Wagen nur gegen den anderen fahren zu lassen; gleichzeitig mit der mechanischen Kupplung werden selbsttätig auch die Luftleitungen und die elektrischen Leitungen gekuppelt (Abb. 7).

Zum Entkuppeln drückt der Führer im Führerstand auf ein Fußpedal und läßt dadurch Druckluft in zwei Zylinder, von denen einer die mechanische Kupplung entriegelt und die Luftleitungen abschließt, während der andere einen Trennschalter bedient, der eine Anzahl Steuerleitungen unterbricht; der Führer kann dann mit dem Wagen wegfahren.

Bremse.

Die Wagen sind ausgerüstet mit Knorr-Lambertsen-Bremse. Die Bremswirkung wird erzielt mittels an den Radsternen befestigter Bremstrommen und Bremsbacken mit Belag. Für jeden Bremsbacken ist ein besonderer Bremszylinder vorgesehen. Sämtliche Bremszylinder eines Drehgestells werden über ein Steuerventil aus einem Hilfsbehälter gespeist. Die Bremse gibt die Möglichkeit stufenweise zu bremsen und zu lösen.

Der normale Druck in der Leitung ist 5 at. Die Druckluft wird geliefert von zwei elektrisch angetriebenen Kompressoren und wird weiter auch noch verwendet für das Signalthorn, für den pneumatischen Fahrtwender und für den Luftdruck in den Brennstoffbehältern.

In jedem Drehgestell befindet sich ein kleiner Schalter, der von dem Druck in der Leitung zu zwei Bremszylindern betätigt wird. Wenn einer dieser Schalter den Strom schließt — was bei jeder Bremsung geschieht — leuchtet eine Lampe im Führerstand auf; wenn die Bremse gelöst ist, unterbrechen

die Schalter den Strom wieder und die Lampe erlischt. Die Führer haben Anweisung nicht anzufahren, solange diese Lampe brennt.

Heizung und Lüftung.

Die Wagen werden beheizt mittels Luft, welche in Lufterhitzern, die oben im Gepäckraum angeordnet sind, durch das Kühlwasser erwärmt und in die Fahrgasträume eingeblasen wird.

Die Luft wird (Abb. 1, Taf. 19) über ein Filter von außen angesaugt von einem elektrisch angetriebenen Lüfter, wird dann von diesem durch den Lufterhitzer in Kanäle gedrückt und strömt schließlich durch seitlich unter den Bänken vorgesehenen Öffnungen in den Fahrgastraum aus. Die Temperatur in diesen Räumen wird geregelt von einem Thermostaten, der eine Klappe vor dem Lufterhitzer steuert und dadurch das Verhältnis zwischen der durch den Lufterhitzer strömenden und der um den Lufterhitzer herum geführten Luftmenge regelt. Im Sommer wird frische Luft eingeblasen durch an den Endwagen eingebaute Lüfter.

Rundschau.

Amerikanische Luxuszüge*).

Hierzu Tafel 20.

1. Der Hiawathazug (siehe Abb. 1 bis 4, Tafel 20).

Die Chicago, Milwaukee, St. Paul und Pacific Bahn hat im Jahr 1935 zwei, aus je sieben Wagen bestehende Reisezüge in den Dienst gestellt, die nach einem sich durch besondere Schnelligkeit im Laufen auszeichnenden Indianerhäuptling „Hiawatha“ benannt sind, und die unter Berücksichtigung ihrer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 193 km/h, durch ihre Leichtgewichtbauart und ihren selbst für amerikanische Verhältnisse ungewöhnlichen Luxus besonderes Aufsehen erregt haben. Diese Züge legen die 660 km lange Strecke zwischen Chicago und St. Paul in 6 1/2 Stunden zurück; die Reisegeschwindigkeit beträgt also 101,5 km/h bei einer Höchstgeschwindigkeit von 145 km/h. Die Wagen wurden in der Absicht gebaut durch die auf das Höchste gesteigerte Bequemlichkeit und durch eine auffallende Schönheit in Farbe und Linienführung bei größter Sicherheit und Beachtung der Wirtschaftlichkeit die Reisenden der Eisenbahn zurückzugewinnen. In der nachfolgenden Übersicht, in der die Wagen in der Reihenfolge der Zugbildung aufgeführt sind, sind die wichtigsten Angaben und Maße zusammengestellt.

	Wirtschaftswagen	Wohnwagen	Gesellschaftswagen	Biber-schwanzwagen
Anzahl der Wagen . . .	1	4	1	1
Anzahl der Sitzplätze				
im Speiseteil	24	—	—	—
im Cocktailraum	24	—	—	—
im Hauptraum	—	48	22	24
im Herrenzimmer	—	10	10	10
im Damenzimmer	—	5	5	5
Gesamtanzahl der Sitzplätze	48	63	37	39
Länge der Wagen in m . .	23,1	24,9	24,9	24,9
Gewicht eines Wagens in kg	55,125	50,490	49,050	50,490
Gewichtersparnis gegenüber genieteten Wagen in %	31,8	31,2	35,3	31,2

Der Wirtschaftswagen besteht aus einer an dem einen Wagende liegenden Küche, an welche sich das in der Mitte des Wagens liegende Speiseteil und sodann als besondere Neuerung der

Cocktailraum anschließt. In das vordere Ende des Wagens ist eine Bar eingebaut. Ein Wagenzug enthält 328 Sitzplätze ohne Berücksichtigung der Sitzplätze im Wirtschaftswagen, die gesamte Länge einschließlich der Stromlinienlokomotive beträgt 174,66 m. Mit einer durch die geschweißte Stahlkonstruktion und die Verwendung von Leichtmetall erzielten Gewichtersparnis von etwa 33% liegt der Hiawathazug in bezug auf sein Gewicht zwischen den schweren Dampfzügen und den überleichten dieselektrischen Zügen.

Die Seitenwände der Wagen sind stromlinienförmig gebaut, das schildkrötenförmige Wagendach, das je zwei kleine Aufbauten für die Lüfter trägt, ist 42 cm niedriger gehalten als das der üblichen Dampfzugwagen. Um einen möglichst geringen Luftwiderstand zu erzielen sind die Seitenwandflächen glatt gehalten, also unter Vermeidung von aufgesetzten Leisten, Nietköpfen oder sonstigen vorstehenden Teilen; die Fenster sitzen in der Ebene der Seitenwände. Der untere Teil der Seitenwände ist leicht nach innen gebogen. Die hintere aus 3 mm starkem Stahlblech bestehende Stirnwand des letzten Wagens ist schräg abgeflacht; sie enthält zwei Ausschnitte für die Fenster. Auf der einen Seite neben der Rückwand ist eine Notausgangstüre eingebaut, die beim Rückwärtsfahren anlässlich von Verschiebewegungen von Bedienteten zum Geben der Signale benutzt wird.

Der gesamte Wagenkasten ist elektrisch geschweißt; nur der mittlere Langträger ist zum Teil genietet und geschweißt. Der Fußboden ist aus 3 mm starken Blechen gebildet, von denen jedes die zwischen je zwei Seitenrungen liegende Bodenfläche bedeckt. Die einzelnen Bleche sind miteinander und mit dem Wagenuntergestell durch durchgehende Stumpfschweißung verbunden; mit dem mittleren Langträger sind sie überlappt verschweißt. Die ebenfalls 3 mm starken Seitenwandbleche sind an den Wagenenden um die Seitenwandpfosten gebogen und mit diesen durch unterbrochene Schweißnähte verbunden; nur besondere Stellen sind durchgehend geschweißt.

Das schildkrötenförmige Dach besteht aus 4,7 mm starken, gewölbten und der 1,5 mm starken Dachhaut; die an allen Seiten geflanscht ist. So besteht im allgemeinen die gesamte Boden-, Seiten- und Dachkonstruktion aus Blechen, die an den Flanschen verschweißt sind.

Boden, Seitenwände und Dach sind durch eine 58 mm starke Isolierung besonderer Art gegen Temperatureinstrahlung geschützt. An den Stellen, wo die Belüftungskanäle liegen, ist die Seitenwandisolation nur 25 mm stark. Fußboden, Seitenwände und Decke sind mit Douglastannenholz verschalt. Auf die Fußbodenverschalung ist ein Gummitteppich gelegt. Die Seitenwandhölzer sind luanaholzartig, die Decke pappelholzartig behandelt. Auch die Leisten und Fensterrahmen sind aus Tannenholz hergestellt.

*) Nach Rly. Age 1936, 17. Okt. und 7. Nov.

Die Drehgestellrahmen sind ebenfalls geschweißt. Die Radsätze sind in Rollen gelagert. In je ein Drehgestell ist ein 10 kW-Generator eingebaut, der über Roderwald-Keilriemen von der Achse angetrieben wird und den Strom liefert für die Beleuchtung und Belüftung. Unter jedem Wagenkasten ist eine 32 Volt-Batterie von 850 Amp./h Kapazität angeordnet, aus welcher der für die Beleuchtungs- und Belüftungsanlage benötigte Strom entnommen wird. Jeder Wagen ist mit einer Young Kühl- und Heizanlage ausgestattet. Ein in das Dach an einem Wagenende eingebauter Lüfter ist in der Lage in der Minute 3 m³ Luft anzusaugen und durch ein Luftfilter in das Wageninnere über ein System von Kupferröhren, in denen die Luft je nach der Jahreszeit angewärmt oder abgekühlt wird, zu drücken. Von hier aus wird die Luft in den zwischen Decke und Wagendach liegenden Hauptluftkanal geleitet, von dem die einzelnen Seitenkanäle abzweigen. Diese Kanäle sind in die Seitenwände gelegt; die Luftaustrittsöffnungen für die Warmluft sind am Fußboden neben den Sitzen angeordnet, jene für die Kaltluft unterhalb der Gepäcknetze. Durch verstellbare Klappen kann der Luftaustritt entweder oben oder unten eingestellt werden. Die durch den Ventilator angesaugte Frischluft wird durch eine Klappenanordnung geführt, so daß die benötigte Luftmenge selbsttätig eingestellt werden kann. Die verbrauchte Luft tritt am anderen Wagenende durch einen in das Dach eingebauten Luftsauger wieder aus. Heizung und Lüftung wird durch Thermostaten selbsttätig geregelt. Die Belüftungsanlage wird durch einen besonderen Schalter eingeschaltet. Mit einem zweiten Schalter kann kalte oder warme Luft dem Wageninnern zugeführt werden. Die Heizung kann auf 20 oder 24° C konstant gehalten werden. Ist das Kühlsystem in Tätigkeit, so kann die Wageninnentemperatur dauernd auf 20, 24 oder 27° C eingestellt werden.

Zwischen dem Hauptwagenraum und den Klubräumen sind kupferne Heizschlangen angeordnet. Diese Zusatzheizung ist so groß bemessen, daß bei einer Außentemperatur von 0° C die Wageninnentemperatur auf 15 bis 16° C gehalten werden kann.

Die Safety-Carrier-Kühleinrichtung, die Dampfdüse, Wasserdüse und Kühlwasserpumpe enthält, ist in einem isolierten Blechkasten am Untergestell des Wagens aufgehängt. Das für die Wagenkühlung benötigte Wasser wird durch ein Kühlsystem gekühlt. Der benötigte Dampf wird der unter dem Wagen entlang laufenden Dampfleitung entnommen. Der Dampf wird über ein Druckminderventil durch die Dampfdüse zum Kondensator geführt. Von einem ebenfalls unter dem Wagen angeordneten Wasserbehälter von 500 l Inhalt, der für einen zwölfstündigen Betrieb ausreicht, wird das Wasser der Kühlanlage entsprechend der Verdunstung im Kondensator selbsttätig zugeführt. Das kondensierte Wasser und der Rest des kondensierten Dampfes werden zum Wasserbehälter zurückgeführt. Reservebehälter und Zubehör sind zum Schutze gegen Einfrieren isoliert und können gegebenenfalls mit Dampf angewärmt werden. Die Thermostaten werden durch eine Prüflampe überwacht, so daß irgendwelche Störungen des elektrischen Teiles der Einrichtung sofort angezeigt werden.

Besondere Sorgfalt wurde der Innenausstattung der Wagen gewidmet. Die Farben der Wände und Decken, der Polsterung und des Fußbodenbelages wurden gegeneinander abgestimmt, wobei leicht zu beschmutzende Farben vermieden wurden. Alle Wagen, mit Ausnahme des Wirtschaftswagens, haben helle fleischfarbene Decken, braune Seitenwände und grüne Fußböden mit Aluminiumleisten erhalten. In den Räumen sind drehbare Lehnessel mit verstellbarem Sitz aufgestellt. Auf die luxuriöse Ausbildung der Einzelsessel in den Gesellschaftsräumen wurde größter Wert gelegt.

Die der Allgemeinbeleuchtung dienenden Deckenleuchten sind in die Decke eingelassen. Über jedem Sitz sind außerdem noch an den Seitenwänden unterhalb der Längsgepäcknetze je zwei Lampen angeordnet, die durch einen Schalter vom Reisenden geschaltet werden können.

Die Wände der großen Abteile des Wirtschaftswagens sind mit Walnußholz verkleidet mit Abdeckleisten aus rostfreiem Stahl. Die Decke mit den anschließenden Wölbungen ist cremefarbig poliert. Tische und Stühle mit verchromten Stahlrohrgerippen zeigen neuzeitliche Linienführung. Die mit Leder bezogenen Polsterstühle, die Tischplatten und der Fußbodenbelag

sind in dunkelolivgrüner Farbe gehalten. Das Cocktailabteil ist mit einem grauen Gummiteppich mit orangefarbenen Längsstreifen belegt. Die Seitenwände haben schwarzen Sockel mit tieferangeroter Verzierung, oberhalb dieses Sockels sind die Wände zitronengelb, die Decke cremefarbig gehalten. Die Zierleisten an den Wänden sind aus rostfreiem Stahl. Die Stahlrohrtische und die Platte der Bar sind grau mit orangefarbenen Streifen; die Stahlrohrsitze mit orangefarbigem Leder gepolstert.

Die Speiseräume haben die gleiche Allgemeinbeleuchtung wie die übrigen Wagen. Über jedem Tisch ist eine 50 Watt-Deckenlampe angeordnet, durch die eine besonders intensive Tischbeleuchtung erzielt wird. Der Cocktailraum hat keine Fenster und wird durch zwei Leuchtbalken erhellt, in welchen sich eine Anzahl 30 Watt-Lampen befinden, die in so geringen Abständen angeordnet sind, daß jede Schattenwirkung des Leuchtbalkens vermieden wird. Auch in der Bar ist ein solcher Leuchtbalken angeordnet.

Im Cocktailraum und in den Großräumen der Wohnwagen sind Lautsprecher, die durch die Zugbediensteten bedient werden, in die Deckenwölbung eingebaut. Die Antenne ist unsichtbar unter dem Wagendach verlegt. Der erforderliche Strom für die Rundfunkanlage wird von einem besonderen 110 Volt-Generator geliefert.

Der Einsatz dieser Wagenzüge brachte einen bemerkenswerten Aufschwung im Reiseverkehr und bestätigte damit die Richtigkeit der dem Bau der ersten Wagenzüge zugrunde gelegten Ansicht, daß die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, vor allem aber die Verbesserungen der Wagenausstattung und die auffallende Form- und Farbgebung der Wagen geeignet ist, einen starken Anreiz auf das reisende Publikum auszuüben. Auf Grund der Erfahrungen, die mit diesen Wagenzügen gemacht wurden, wurden nach eineinhalb Jahren neue Wagenzüge in Auftrag gegeben. Diese neuesten Wagen konnten gegenüber den oben beschriebenen Hiawathazügen noch leichter gebaut werden, trotzdem ihre Innenräume noch geräumiger und die Inneneinrichtungen weiter verbessert wurden. Die weitere Gewichtsverminderung wurde erzielt neben der Verwendung von Cor Ten Stahl für Wagenkästen und Untergestell durch die ausgedehnte Verwendung von Aluminiumlegierungen, besonders auch für Luft- und Kabelkanäle und für die Innenausstattung, für Bremszylinder und Bremsgestängesteller und durch Konstruktionsmaßnahmen. Wagenkästen und Untergestelle wurden im weitgehendsten Maße punktgeschweißt, die Blechkonstruktion wurde ersetzt durch Profilbauweise mit eingeschweißten Versteifungen. Die mittleren Längsträger des Untergestelles konnten infolge der erzielten Gewichtsersparnis um etwa 20% leichter gehalten werden als bei dem ersten Hiawathazug. Die bei dem ersten Hiawathazug gegenüber normalen Stahlwagen erzielte Gewichtsersparnis von 33% konnte bei neuesten Wagen um weitere 10% gesteigert werden, so daß die neuesten Wagen etwa 43% leichter sind als Regelschnellzugwagen.

Auf die Verringerung des Luftwiderstandes der Wagen wurde größter Wert gelegt. So wurden z. B. die Lüftungsrohre, die Wasserkästen und die elektrischen Batterien unter dem Wagenkasten stromlinienförmig mit Blechen verkleidet oder in dieser Form ausgebildet. Die bisherigen, einen hohen Luftwiderstand bildenden Faltenbälge wurden ersetzt durch flache Gummibahnen.

Um eine möglichst große Platzzahl zu erzielen, wurde in den Speise- und Gepäckräumen auf Vorräume und Einsteigtüren verzichtet und in den übrigen Wagen nur ein Vorraum vorgesehen.

In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die Gewichte der Hiawathazüge Bauart 1934 und 1936 einander gegenübergestellt.

Aus der Zusammenstellung ist zu erkennen, daß die gleiche Lokomotive, die im Jahre 1934 den aus sieben Wagen bestehenden Zug beförderte, nunmehr in der Lage ist, unter Einhaltung der bisherigen fahrplanmäßigen Fahrzeit den aus neun Wagen gebildeten Zug der neuen Bauart 1936 zu ziehen. Trotzdem zwei Wagen hinzugekommen sind, ist das Gesamtgewicht nur um 45,5 t gestiegen. Der neue Wagenzug hat aber 53 verkäufliche Sitzplätze mehr als der Wagenzug Bauart 1934, wobei das Verhältnis zwischen Gesamtsitzplatzzahl und verkäuflicher Sitzplatzzahl unverändert blieb (etwa 100:63), das Wagengewicht pro verkäuflichen Sitzplatz um 199 kg vermindert wurde. Aus dieser Verhältniszahl ist der ungewöhnliche Luxus dieser Züge besonders

	1934 Hiawatha		1936 Hiawatha	
	Wagen- zahl	Gewicht in kg	Wagen- zahl	Gewicht in kg
Gepäck- und Wirtschaftswagen	1	60 490	1	44 252
Reisewagen 2. Klasse	4	206 448	4	174 616
Speisewagen	—	—	1	47 058
Reisewagen 1. Klasse	1	52 302	1	43 746
Desgl.	—	—	1	43 792
Biberschwanzwagen	1	51 934	1	42 320
Gesamtwagengewicht	7	371 174	9	395 784
Lokomotivgewicht	—	252 264	—	252 264
Gesamtzuggewicht	—	623 483	—	688 048
Gesamtsitzplatzzahl	376	—	464	—
Zahl der verkäuflichen Sitzplätze	238	—	291	—
Wagengewicht pro Sitzplatz	987,16	—	852,84	—
Wagengewicht pro verkäuflichen Sitzplatz	1559,40	—	1360,22	—
Zuggewicht pro Sitzplatz	1657,84	—	1396,56	—
Zuggewicht pro verkäuflichen Sitzplatz	2619,24	—	2226,86	—

deutlich erkennbar, da jeder Reisende fast zwei Sitzplätze im Zuge zur Verfügung hat.

Die Belüftungsanlage der neuen Wagen wurde verbessert durch stärker wirkende Ventilatoren und eine auf eine günstigere Luftverteilung hinzielende Führung der Luftkanäle. Die Abmessungen der Dampfmischer-Anlage konnten kleiner gehalten werden. Für das Einblasen der Kühlluft und für das Absaugen der warmen Luft in der heißen Jahreszeit wird der gleiche Ventilator benutzt. Am Ende eines jeden Wagens sind verkleidete Heizkörper aufgestellt.

Der aus neun Wagen bestehende Zug wird gebildet von einem Wirtschaftswagen, in welchem das Gepäckabteil, die Bar und ein Caféraum mit 40 Sitzplätzen untergebracht sind. An den Wirtschaftswagen schließen sich an vier Wagen 2. Klasse mit je einem Großraum für 52 Sitzplätze, einem Damenklubzimmer mit vier Plätzen und einem Herrenklubzimmer mit zehn Plätzen, zwei Aborten und einem Gepäckraum. Der Mittelgang des Großraumes trennt die beiden an den Seitenwänden angeordneten Doppelsitzreihen zu je zwei Einzelstühlen. An die Wagen 2. Klasse schließt sich der Speisewagen an, der mit 48 Sitzplätzen der größte des Kontinents ist. Ihm folgen zwei im Grundriß etwas verschiedene Wagen 1. Klasse mit je einem Großraum von 28 bzw. 22 Plätzen und je einem Damenklubzimmer zu vier Plätzen. In dem einen Wagen ist ein Herrenklubzimmer mit vier Plätzen, im anderen Wagen ein solches mit fünf Plätzen und einem Gesellschaftszimmer für sechs Plätze eingebaut. Der Endwagen des Zuges (Biberschwanzwagen) enthält ebenfalls einen Großraum für 26 Plätze 1. Klasse. Am Ende dieses Wagens ist ein Aussichtsraum für zwölf Plätze eingebaut. Alle Einzelheiten sind aus der Grundrißskizze (Taf. 20), insbesondere Wagenlänge und sonstige Abmessungen zu ersehen.

Die innere Blechverkleidung der Wagenkästen wurde, um eine möglichst gute Schalldämpfung zu erzielen, mit einer korkenthaltenden Masse beklebt. Der Außenanstrich des Wagenzuges ist besonders auffallend gehalten. Die Wagendächer und Seitenwände sind aluminiumfarbig gestrichen. Je eine breite Leiste im Anschluß an das Wagendach und als unterer Abschluß der Seitenwände in kastanienbrauner Farbe geben den Wagen eine schnittige Linie. Wagenuntergestell und Drehgestelle sind braun gestrichen. An den Seitenwänden und an der Stirnseite des letzten Wagens sind große stilisierte Eisenbahnflügel angeordnet; die Rückwand des letzten Wagens trägt außerdem noch die Aufschrift Hiawatha.

Die Reisewagen 1. und 2. Klasse haben am Vorderende einen im Interesse der Sicherheit und der größeren Bequemlichkeit besonders breiten Vorraum. Die Polstersitze sind so aufgestellt,

daß viel mehr als üblich Platz für die Füße vorhanden ist. Besonders breite Längsgepäcknetze sind über die ganze Länge der Großräume angeordnet. Das Gepäck kann auch unter den Sitzen und in einem am Ende jedes Großraumes befindlichen, verschließbaren Gepäckraum untergebracht werden. Gepäckträger stehen dem Reisenden im Zuge zur Verfügung.

Der Speisewagen hat eine elfenbeinfarbige Decke, silbergraue Wände aus Harewoodfournier und einen mit dunkelblauem Teppich belegten Fußboden. Die Tische sind aus verchromtem Rohrgestell mit blauem Gummibelag, die Stühle aus Leichtmetallrohr und Plüsch gepolstert. Im Speisewagen befindet sich eine Anrichte von 3,05 m Länge und eine Küche von 5,5 m Länge, deren Herd mit Öl geheizt wird und in der durch eine besondere Kühlanlage die Raumtemperatur niedrig gehalten wird.

2. Der Denver-Zephyr-Schlafwagenzug (siehe Abb. 5 bis 11, Taf. 20).

Im November 1936 wurden zwei Zugpaare mit dem Namen „Denver-Zephyr“ zwischen Chicago und Denver eingesetzt. Jeder aus zehn Wagen bestehende Zug wird von einer dieselelektrischen Lokomotive von 3000 PS gezogen.

Unmittelbar hinter der Lokomotive läuft der Dienstwagen auf zwei Drehgestellen, in dem die Kraftanlage untergebracht ist. Vier Sechszylinder-Dieselmotoren von je 85 PS Leistung liefern die erforderliche Kraft für die 220 Volt 60 Hertz 50 kW Drehstromgeneratoren der Beleuchtung, Lüftung und Kühleinrichtung der Wagen. An den Maschinenraum schließt sich ein 9,64 m langer Postraum und anschließend der 7,53 m lange Gepäckraum an.

Der anschließende zweite Wagen, der ebenfalls auf Drehgestellen läuft, enthält einen weiteren Gepäckraum und die Schlafräume für das aus zwölf Köpfen bestehende Bedienungspersonal, ferner Brausebad und Schankraum für diese Bediensteten. In dem Wagen ist weiter eine Bar und ein Cocktailabteil eingebaut, deren Decke mit Mahagoni- und deren Wände mit Maulbeerholz ausgekleidet sind. Der Barraum enthält sechs feste Tische, ferner zwei Sofas und zehn Barstühle, die mit dunkelbraunem Leder gepolstert sind. Das Cocktailabteil hat eine indirekte Beleuchtung durch Soffitenlampen und direkte Beleuchtung durch besonders an den Wänden angebrachte Beleuchtungskörper. Der Fußboden ist mit hellbraunem Linoleum bedeckt.

Der dritte Wagen enthält neben einem Einstiegraum (Vorraum) anschließend die Herren- und Damentoiletten, einen Raum mit 64 Zweiterklasse-Sitzplätzen und anschließend zwei kleine Gepäckräume. Die einzelnen mit blaugrüngestreiftem Plüsch gepolsterten Sitze sind drehbar und haben Rückenlehnen und Armstützen, die in drei verschiedene Stellungen gebracht werden können. In den Rückenlehnen sind Aschenbecher für die dahintersitzenden Reisenden eingebaut. Zwischen je zwei Sitzreihen können Tischchen vom Bedienungspersonal in den Fußboden eingesteckt werden. Die Seitenwände des ganzen Raumes sind in hellolivgrüner Farbe gehalten, der Teppich ist graugrün und die Rollvorhänge seegrün. Die Decke ist cremefarben.

Der folgende vierte Wagen ist eingeteilt in einen Einstiegraum, Herrenaborte und Waschraum, ein großes Abteil mit 38 Sitzplätzen 2. Klasse; im anderen Wagenende sind der luxuriös eingerichtete Damenwaschraum mit Damentoilette untergebracht. Dieser Waschraum enthält ledergepolsterte Stühle und ein Sofa, einen Ankleidetisch, elektrisch beleuchtete Spiegel, eine Wanduhr, drei Waschbecken in blauem Porzellan. Die mehrfach verstellbaren Stühle des großen Abteils 2. Klasse sind mit Plüsch gepolstert, der in einem braunen Grundton gehalten ist. Die Seitenwände sind im Unterteil rostfarben, im oberen Teil fleischfarben gehalten; der Fußboden ist mit Mahagoniholz belegt.

Der an fünfter Stelle angesetzte Speisewagen hat eine 3,8 m lange Küche und eine Anrichte, in der sich die Kühlschränke und Schränke fürs Geschirr und Vorräte befinden. Der Speiseraum bietet Platz für 40 Personen. Im anderen Wagenende sind die Räume untergebracht für die Stewards und Wäsche- und Flaschenkühlschränke. Von hier aus besteht eine Fernsprechverbindung mit der Bar und dem Büfett der Küche.

Der 6. und 7. Wagen sind durch ein Jakobsdrehgestell miteinander verbunden. Jeder dieser Wagen enthält zwölf Schlafabteile, die durch einen Mittelgang getrennt sind. Im vorderen Ende sind die Herrenwasch- und Aborträume untergebracht, während die Damenwaschräume und Aborträume jeweils im hinteren

Wagenende angeordnet sind. Im sechsten Wagen sind die Sitze mit dunkelbraunem Polster überzogen, die Seitenwände sind grün und blaugrau gehalten und die Decke und Leisten in gelblich-grauer Farbe gestrichen; die Schlafabteilverhänge sind braun. Im siebten Wagen wurde für den Polsterüberzug ein blauer Plüsch verwendet, die Seitenwände sind dunkelbraun und die Decke und die Leisten in blauer Farbe gehalten. Auch die Schlafabteilverhänge sind ebenfalls blau in beiden Wagen. Für den Teppich ist ein brauner und für die Rollvorhänge ein schokoladenfarbiger Ton gewählt. Für besonders große Personen sind in jedem der beiden Wagen einige Betten mit 2,03 m Länge vorbehalten. Oberhalb des Unterbettes ist eine nur bei hochgeklappten oberen Betten einstellbare Luftabsaugklappe angeordnet. Über dem Fenster sitzt eine weitere Entlüftungsklappe, die vom oberen Bett aus eingestellt werden kann.

Auch der achte und neunte Wagen haben ein gemeinsames Jakobsdrehgestell. Der achte Wagen hat zwölf Schlafwagenabteile. Die Ausstattung entspricht im wesentlichen der des siebten Wagens. Im neunten Wagen sind ein Gesellschaftszimmer mit anschließendem Schlafraum, zwei Doppelschlafzimmer mit Schränken und Wascheinrichtungen und ein weiteres Schlafwagenabteil, ferner drei weitere Schlafwagenabteile 2. Klasse vorhanden. Die Räume sind mit besonderer Sorgfalt ausgestattet. Jeder Raum hat eine kleine beleuchtete Uhr. Besondere Anschlüsse sind vorhanden für einen Lautsprecher, für elektrische Rasierapparate, Lockenscheren und sonstige elektrische Apparate.

Der zehnte Wagen ist ein normaler Drehgestellwagen, in dem neben Herren- und Damenabteil ein großer Gesellschaftsraum mit zehn Drehsesseln aufgestellt sind. Der Unterteil der Seitenwände ist kokosnußbraun, der obere Teil sandfarben und die Decke weiß gehalten. An den Fenstern sind rosarote Zugvorhänge und braune Rollvorhänge vorgesehen. Der Fußboden ist mit einem rötlich braunen gestreiften Teppich belegt. Am Ende des Gesellschaftsraumes ist auf einer Seite ein Schreibpult aus Ebenholz und mit Füßen aus rostfreiem Stahl aufgestellt, während auf der anderen Seite sich ein Spieltisch mit vier Sesseln befindet. Im Anschluß an den Gesellschaftsraum ist ein Büfett angeordnet. Das folgende Aussichtsabteil enthält 16 Einzel- und drei Doppelsitze. Wände, Decke und Fußbodenteppich sind in den gleichen Farben gehalten wie die des Gesellschaftsraumes. Die hölzernen Rahmen der Stühle sind aus silbergrau gestrichenem Walnußholz, das Büfett ist aus Mahagoniholz, die Tischplatte aus nichtrostendem Stahl und mit Glas abgedeckt. Breite Fenster an den Seitenwänden und die gebogenen Fenster an den Stirnwänden gewähren den Reisenden einen uneingeschränkten Ausblick.

Der Untergestellrahmen ist durch zahlreiche Quer- und Langträger so ausgesteift, daß er im ganzen ein tragendes Gitter bildet. Unmittelbar darauf ist ein Wellblechboden mit querlaufenden Wellen gelegt.

Die Konstruktion der Kopfträger der Wagenteilenden, die miteinander ein Gelenk bilden, d. h. auf einem gemeinsamen Drehgestell ruhen, ist so ausgebildet, daß sie mittels Drehpfannen wie bei der bekannten Jakobsbauweise ineinandergreifen.

Auf dem Wagengelenk abgekehrten Wagenende ist der Hauptquerträger so in die Kastengerippekonstruktion eingefügt, daß er sich an möglichst niedrig beanspruchte Stellen anschließt. Zum unmittelbaren Tragen des Bodens ist er nicht herangezogen. Dieser liegt über ihm frei.

Für die Seitenwandbleche wurde ein besonders zum Polieren sich eignender rostfreier Stahl verwendet. Unterhalb der Fensterbrüstung ist dieses Blech zu weiterer Aussteifung in Längsrichtung gewellt.

Die Außenwandbleche sind nicht gestrichen, sondern poliert;

sie werden durch bloßes Abreiben gereinigt. Die Schiebetüren des Post- und Gepäckraumes liegen in geschlossenem Zustand in der Ebene der Seitenwand. Einige Türen sind waagrecht so unterteilt, daß während der Fahrt besonders eilige Güter aufgenommen werden können. An den Einsteigtüren sind klappbare Trittstufen angeordnet. Die Trittstufenbeleuchtung wird durch die Klappensteuerung aus- und eingeschaltet.

Die Abteilfenster an den Sitzplätzen bestehen aus zwei Lagen splitterfreiem Glas, deren Zwischenräume luftdicht abgeschlossen sind, so daß sich die Fenster nicht beschlagen und einen zu starken Wärmeübergang verhindern.

Die Wagenkästen sind mit feuerfestem Isoliermaterial ausgekleidet; die Wandstärke der Isolierung beträgt in der Seitenwand 7,5 cm, im Dach und in den Stirnwänden 5,0 cm. Auch die Türen sind isoliert. Gepäck-, Post- und Maschinenraum sind mit Alfol isoliert.

Von dem Maschinenraum führt unter den einzelnen Wagenkästen je ein Kabel für die Belüftungsanlage, die Beleuchtungseinrichtungen und ein weiteres Kabel für Ladung der im achten Wagen befindlichen 217 Amp./h 32 Volt-Batterie*). Außer dieser Batterie ist nur noch im Maschinenraum eine Batterie vorhanden, die eine Kapazität von 430 Amp./h besitzt. Zwischen den einzelnen Wagen sind vollautomatische Kupplungen dieser Kabel vorgelesen.

Die Luft für die Belüftungsanlage wird an den beiden Wagenenden durch Öffnungen im Wagendach angesaugt. Die Luftverteilung im Wageninnern geschieht durch ein System von Kanälen, die unter dem Wagendach angeordnet sind. Während der kalten Jahreszeit wird die angesaugte Luft vorgewärmt. Lüftung und Heizung werden durch Thermostaten geregelt. Die Küchenbelüftung ist so geregelt, daß keine Luft in die Speiseabteile gelangen kann. Zu diesem Zweck sind drei leistungsfähige Ventilatoren angeordnet. Die Luft im Speisewagen kann in zwei Minuten, in den übrigen Räumen des Zuges in sieben Minuten erneuert werden.

Für die Beleuchtung der Wagen wird Drehstrom von 32 Volt verwendet, der von dem unter jedem Wagen befindlichen 5 kW-Umspanner geliefert wird; dieser liefert auch die Energie und zwar mit 110 Volt Spannung für die Anschlüsse für Heizkissen, Rasierapparate, Lockenscheren usw. Die Notbeleuchtung in den Seitengängen, Vorräumen und Waschräumen wird von der Batterie gespeist. In den Schlafwagenabteilen sind Lampenkörper verwendet, die aus einer weißen Schale bestehen, hinter welcher eine 75 Watt-Lampe, durch entsprechende Anordnung von geschliffenen Gläsern, ein diffuses Licht erzeugt. Die Räume in den Schlafwagen haben Decken-, Spiegel- und Bettbeleuchtung und Blaulicht.

Der Zug ist mit einer elektrisch gesteuerten Westinghouse-Druckluftbremse und Zugbeeinflussungsanlage eingerichtet, die bei vier wählbaren Geschwindigkeiten ansprechen. Die Luftbehälter sind aus rostfreiem Stahl hergestellt.

Der dritte und siebte Wagen haben besondere Einrichtungen, die bei Vollbremsung in Tätigkeit treten.

Alle Wagen-Rohrleitungen sind aus Kupfer, die Leitungen in den Drehgestellen aus Stahl. Die Drehgestelle sind zweiachsig. Zur Aufnahme der seitlichen Schwingungen sind in jedem Drehgestell vier elastische Stoßdämpfer angeordnet. Die Schwingungen und Geräusche werden durch weiche Gummiunterlagen gedämpft.

Taschinger.

*) An diese Kabel sind ferner angeschlossen die Belüftungs- und Heizungskontrolle und die Erregerleitung der Generatoren für die Notbeleuchtung, Bremskontrolle und die Zugsignale.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck 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.

Als Herausgeber verantwortlich: Direktor bei der Reichsbahn Dr. Ing. Heinrich Uebelacker in Nürnberg. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von Carl Ritter G. m. b. H. in Wiesbaden.