

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

## Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden, (in Vertr.).

96. Jahrgang

15. März 1941

Heft 6

### Die Arbeitsverfahren beim Bau geschweißter Schienenfahrzeuge.

Von Techn. Reichsbahnoberinspektor M. Reiter, VDI, Reichsbahn-Zentralamt München.

In Heft 10, 1940, dieser Zeitschrift\*) sind die grundlegenden Fertigungsbedingungen für den Bau geschweißter Schienenfahrzeuge behandelt worden. In folgendem ist nun die Aufgabe gestellt, die verschiedenen Arbeitsverfahren bei der Fertigung von Schienenfahrzeugen eingehend zu beschreiben.

#### Drehgestelle.

Bei der Wahl des für den jeweiligen Fall wirtschaftlichsten Arbeitsverfahrens sind die Konstruktion und die vorliegenden Werkstattverhältnisse maßgebend. Meist ist die Bauweise durch die Konstruktion allein bereits zwangsläufig vorgeschrieben. Bis heute haben sich für den Bau geschweißter Drehgestelle die folgenden drei Herstellungsverfahren herausgebildet, von denen jedes seine besonderen Vor- und Nachteile aufweist.

##### a) Wangenbauweise oder Teilfertigung.

Das zur Zeit am meisten angewendete Arbeitsverfahren ist die Wangenbauweise. Diese Herstellungsart ist dadurch gekennzeichnet, daß zunächst sämtliche Einzelteile, wie Wangen, Querträger, Kopfstücke usw. vollkommen fertig hergestellt werden, so daß beim Zusammenbau der Einzelteile zum Drehgestellrahmen im wesentlichen nur mehr die Anschlußstumpfnähte in den Stegen und Gurtungen geschweißt werden müssen. Der besondere Vorteil dieser Bauweise liegt darin, daß durch das vollständige Fertigschweißen der einzelnen Bauteile sich die Schrumpfung auch nur auf das Einzelteil auswirkt. Durch entsprechende, reichliche Schrumpfungszugaben können Maßunterschreitungen sehr leicht vermieden werden. Für den Zusammenbau werden die Einzelteile unter Berücksichtigung der geringen Schrumpfung durch die wenigen Anschlußnähte genau auf Maß bearbeitet, so daß am fertigen Drehgestellrahmen unzulässige Maßabweichungen nicht mehr auftreten können. Dieses Arbeitsverfahren ist dann mit Vorteil anzuwenden, wenn die Wangen im Obergurt verschiedene senkrechte Krümmungen aufweisen, die ein sehr genaues Anpassen des Obergurtes an den Steg verlangen. Dieses Anpassen ist aber um so einfacher, je kleiner die einzelnen Obergurtteile sind, wenn also die Wangen zunächst vollkommen fertig hergestellt werden. Nachteilig bei diesem Verfahren ist das schwierige Zusammenpassen der Gurtstöße an den einzelnen Anschlußstellen. Hierfür kommen nur geübte Schlosser in Frage, da von der Güte der Paßarbeit die Güte der Anschlüsse sehr stark beeinflußt wird. Nicht außer acht zu lassen sind die Kehlnahtanschlüsse zwischen den einzelnen Querträger- und Wangenstegen für die Einhaltung des Wangenabstandes. Die mechanische Bearbeitung der Querträger auf Breite (Wangenabstand) wird im Wagenbau mangels geeigneter Werkzeugmaschinen durch Meißeln und Feilen ersetzt. Mit besonderer Sorgfalt sind die Kopfträger einzupassen, möglichst mit Übermaß, um einen zu geringen Wangenabstand in der Achsebene zu vermeiden. Maßunterschreitungen, die da und dort festzustellen sind, können am fertigen Drehgestellrahmen nicht mehr sachgemäß beseitigt werden.

\*) M. Reiter, Werkstattentechnik für den Bau geschweißter Schienenfahrzeuge, Org. Fortschr. Eisenbahnwes., Heft 10, 1940, Seite 153, 160.

Ein typisches Beispiel für die Wangenbauweise stellt das Triebdrehgestell nach Bild 1 dar. Der stark gekrümmte Obergurt in den Wangen- und Querträgern läßt an sich schon kein anderes Arbeitsverfahren als die Teilfertigung zu. Bild 2 zeigt

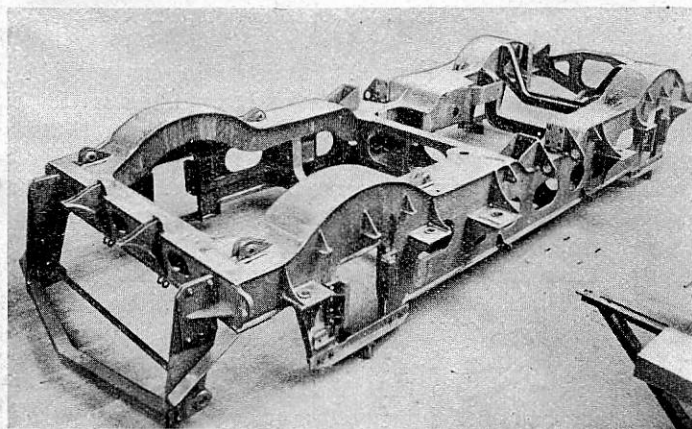


Bild 1. Drehgestellrahmen für Verbrennungstriebwagen.

die Drehgestellwange ohne Gurte in der Schweißvorrichtung. Nach dem Anschweißen der senkrechten Rippen und Querträgeranschlüsse werden die vorher aus Teilstücken stumpf zusammengeschweißten und nach einer Blechschablone vorgebogenen Gurte auf die Wangenstege aufgepaßt und mit Druckschrauben für das Aufschweißen festgehalten.

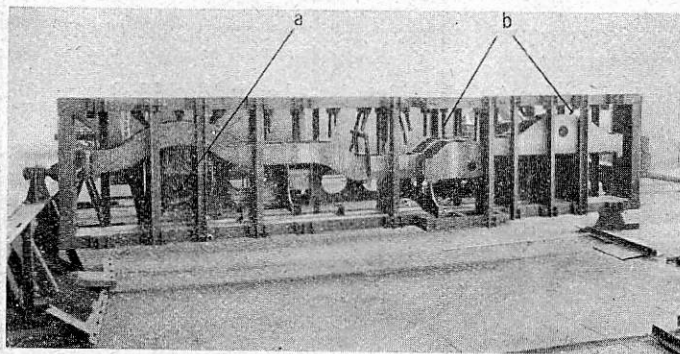


Bild 2. Drehgestellwange in drehbarer Schweißvorrichtung.

a = Wangensteg, b = Druckschrauben zum Aufpassen und Andrücken des Obergurtes.

##### b) Gurt- oder Deckblechbauweise.

Bei diesem Arbeitsverfahren, das vor allem für einfache Drehgestellrahmen mit nahezu vollkommen ebenem Obergurt geeignet ist, werden zunächst wie bei obiger Bauweise sämtliche Einzelteile voneinander getrennt hergestellt, jedoch ohne Obergurt. Diese werden unabhängig davon zu einem Obergurtdeckblech nach Bild 3 zusammengeschweißt. Hierin liegt der wesentliche Unterschied gegenüber der reinen Teilfertigung. Im weiteren Verlauf werden auf der bearbeiteten Seite des Deckbleches (Stumpfnähte plangeschliffen) das Steggerippe unter

Berücksichtigung der Blechstärke aufgerissen und aufgebaut, geheftet und sämtliche Kehlnähte geschweißt (Bild 4). Dabei müssen, wie aus Bild 4 ersichtlich ist, die Enden entsprechend der zu erwartenden Schrumpfung unterlegt werden, um ein

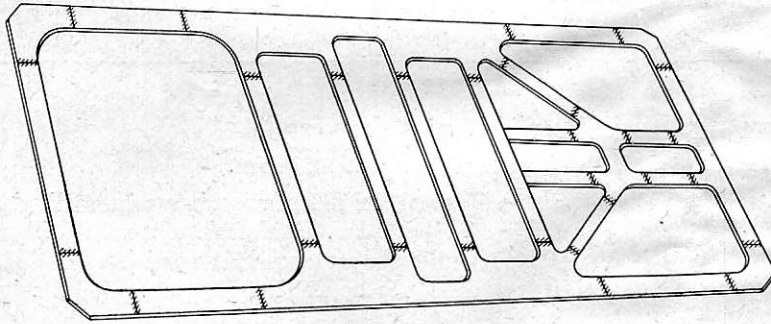


Bild 3. Obergurtdeckblech.

Durchbiegen des Drehgestelles nach unten zu verhindern. Besonders zu erwähnen ist bei dieser Herstellungsart die einfache und damit einwandfreie Ausführung der Obergurtstumpfstoße, weshalb dieses Arbeitsverfahren in der Hauptsache bei großer Obergurtbeanspruchung (Lokomotivdrehgestelle) angewendet wird. Auch für Kastenträgerbauarten und Motortragrahmen, bei denen die Anschlußstumpfstoße nach Verfahren a) nur einseitig geschweißt werden können, bietet der Gurt oder Deckblechbau wegen der einfachen Fertigung der Stumpfstoße wesentliche Vorteile. Dagegen sind die Verziehungen, die hier nicht im Einzelteil sondern durch das Schweißen der Obergurtkehlnähte in der Hauptsache erst im zusammengebauten Fahrzeugteil auftreten, schwieriger zu beseitigen als bei der Teilfertigung. Aus dem gleichen Grund müssen die Schrumpfungszugaben für die Obergurtstumpfstoße und für die Deckblechkehlnähte aufeinander abgestimmt und ziemlich genau bemessen sein, da unzulässige Maßabweichungen am fertigen Drehgestell nur unvollkommen oder überhaupt nicht mehr berichtigt werden können. Die Angabe falscher

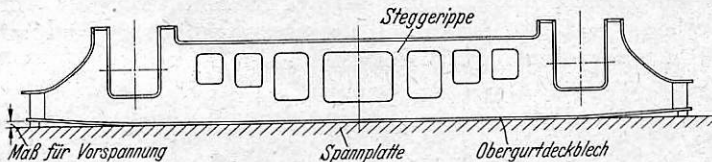


Bild 4. Für das Aufschweißen des Obergurtdeckbleches muß das Steggerippe an den beiden Enden vorgespannt werden.

Schrumpfmaße bedingt bei diesem Verfahren erhebliche Mehrarbeit. Wegen dieses Nachteiles ist der Deckblechbau nur beschränkt möglich im Gegensatz zur Wangenbauweise, die für alle heute üblichen Wagen-Drehgestellbauarten verwendbar ist.

### c) Kombinierte Bauweise.

Die besonderen Bedingungen beim Bau elektrischer Lokomotiven, wie größere Blechstärken, Anordnung der Zugvorrichtung im Drehgestell und starre Kupplung der Drehgestelle, machen ein vom Wagenbau abweichendes Arbeitsverfahren für den Drehgestellbau notwendig. Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich die kombinierte Bauweise, bei der die Fertigung der Einzelteile und des sogenannten Deckbleches bis zu einem gewissen Grad beibehalten wird, als vorteilhaft erwiesen. Zunächst werden die Rahmenwangen mit den Achsausschnitten fertig auf Maß bearbeitet. Auf die vorbereiteten Wangen werden nun die Längs- und Querversteifungen aufgeschweißt (Bild 5). Während hier der Anbau der Obergurte vorerst unterbleibt, werden die Kopf- und Motorquerträger als Einzelteile vollkommen fertiggeschweißt und auf Rahmenbreite einschließ-

lich Schrumpfung mechanisch bearbeitet (Bild 6). Vorteilhaft werden die Querträgerstege bereits vor dem Schweißen auf Breite gefräst. Etwaige spätere Maßungenauigkeiten können dabei in Kauf genommen werden. Beim Zusammenbau werden die Rahmenverbindungen gemäß ihrer Reihenfolge in Rückenlage aufgebaut und ausgerichtet. Hierfür sind der Länge des Drehgestelles entsprechende im Boden verankerte Aufspannplatten erforderlich, um das parallele Ausrichten der Wangenanschlagflächen bei den Einzelteilen nach dem Lineal sicherzustellen (Bild 7). Innerhalb der Kopf- und Querträger werden die noch fehlenden, schmalen Obergurtzwischenstücke eingepaßt und die der Wange zugekehrte, also untere X-Nahthälfte der Obergurtstumpfstoße fertiggeschweißt und bearbeitet. Anschließend werden die Rahmenwangen angebauet, geheftet und verschweißt. Nach dem Drehen des Rahmens in die Normlage wird die obere X-Nahthälfte der Obergurtstumpfstoße nach dem Auskreuzen fertiggestellt. Wie schon darauf hingewiesen, sind bei dieser Bauweise die Vorteile der Arbeitsverfahren nach a) und b) berücksichtigt. Nachteilig

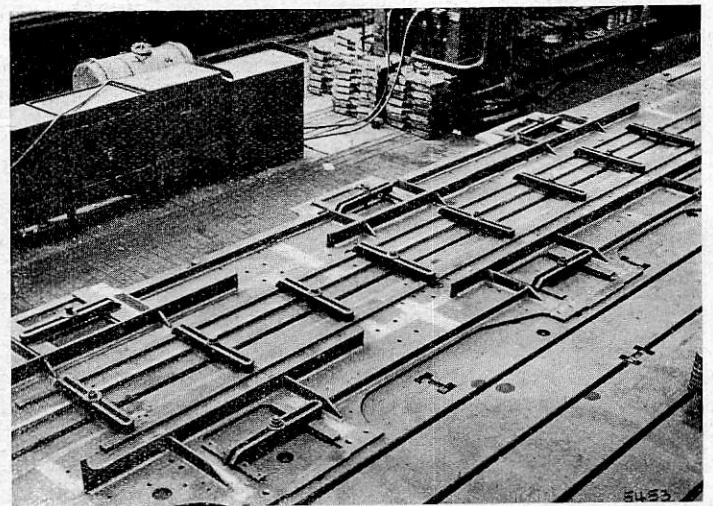


Bild 5. Aufschweißen von Aussteifungsrippen auf Wangen mit Hilfe von Aufspannplatten.

ist hier die Herstellungsweise der Obergurtstumpfstoße, die zwar umständlich ist, aber eine einwandfreie Ausführung er-

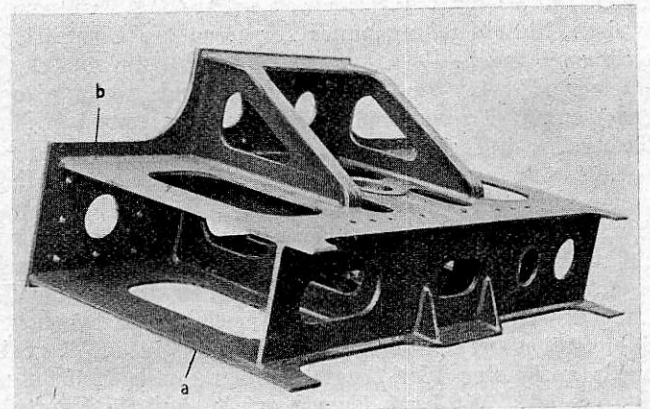


Bild 6. Kopfträger an der Kurzkupplungsseite.  
a = Obergurt, b = Stirnwand.

möglich. Mit Rücksicht auf die zu erwartenden Zugbeanspruchungen im Obergurt ist ein vollkommenes Durchschweißen erforderlich.

Als einer der wichtigsten Bestandteile des Drehgestelles ist die Achshalterpartie anzusehen. Ihre Herstellung ist aus-

nur die Schrumpfungen der Stoßverbindungen zwischen den Einzelteilen berücksichtigt werden müssen. Durch diese Gruppenfertigung sind größere Maßabweichungen im fertigen Bauteil, wie sie bei der Schweißung im Gesamtverband sehr leicht möglich sind, von vornherein ausgeschlossen. Ferner können diese Einzelteile selbst oder zusammen mit den Vor-

bunden und die Säulen sind stumpf auf den Obergurt aufgeschweißt. Dem Querschnitt nach Bild 14a ist ein I-Langträger zugrunde gelegt, der entweder als Profil — (z. B. „Mannstädt“) oder als geschweißter Träger ausgeführt werden kann. Diese Art von Langträgerquerschnitt wird vor allem für Triebwagen mit eingezogenem Mitteleinstieg angeordnet, weil das

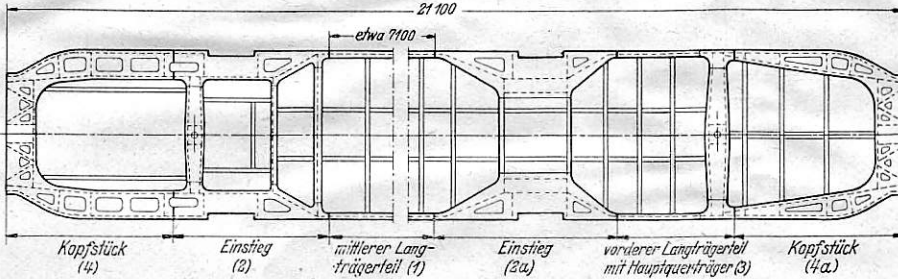


Bild 13. Unterteilung eines Triebwagenuntergestelles für zweckmäßige Fertigung.

richtungen, je nach dem ob in feststehenden oder beweglichen Vorrichtungen geschweißt wird, leicht gedreht werden, während im anderen Fall das häufige Drehen und Wenden der schweren und umfangreichen Werkstücke Mehrkosten verursacht.

Die Herstellung der oben erwähnten Einzelteile bereitet keine erheblichen Schwierigkeiten und darf als bekannt vorausgesetzt werden. Dagegen ist beim Zusammenbau der geradlinige Anschluß der Einzelteile in Langträgerichtung nicht

sehen sind, oder was noch einfacher ist, die Schweißvorrichtung für den Langträger ermöglicht von vornherein ziemlich gerade Langträger herzustellen. Kleinere Verzerrungen können von geübten Schlossern durch Warmrichten ohne Schwierigkeit beseitigt werden. Beim Zusammenbau des Untergestells müssen die Langträger mit den geraden Kanten an genügend starke Hilfsträger angeschlagen und mit diesen fest verschraubt werden (Bild 16). Der in Bild 14b dargestellte

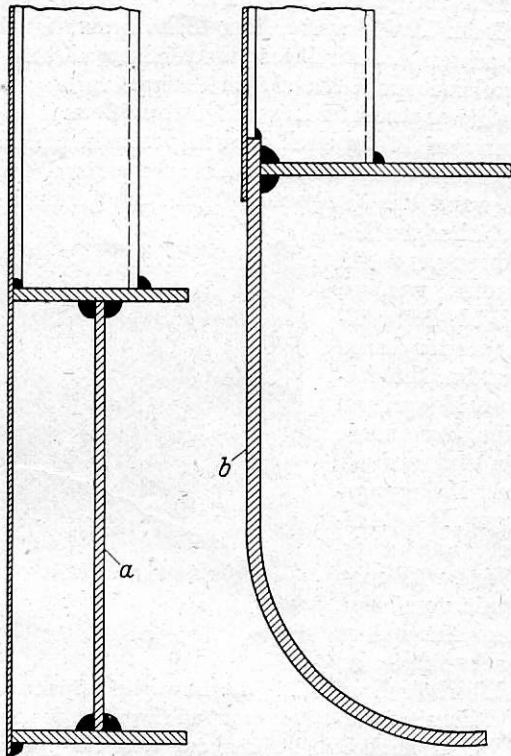


Bild 14. Langträgerquerschnitte.  
a = I-Langträger. b = J-Langträger.

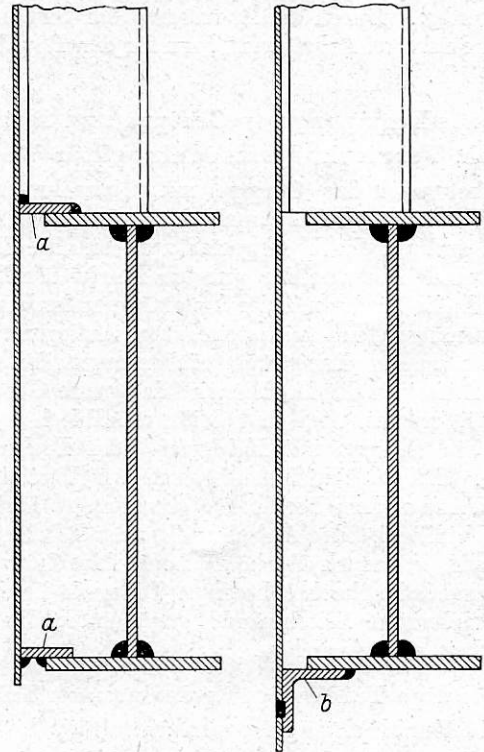


Bild 15. Ausgleichbeilager für Langträger.  
a = Flacheisen. b = Saumwinkel.

immer einfach zu erreichen, da hier die durchlaufenden Profil langträger als Bezugsebene fehlen. Deshalb müssen die geschweißten I-Langträger sehr genau ausgerichtet werden, damit die äußeren Gurtkanten parallel zueinander liegen und in Längsrichtung genau fluchten. Dieses Ausrichten der Langträger ist für einen guten Anschluß der Seitenwand ausschlaggebend, da Beilagen unzulässig sind. Aus Bild 14 sind zwei Langträgerquerschnitte für Triebwagen ersichtlich, von denen der J-Trägerquerschnitt vorwiegend ausgeführt wird. In beiden Fällen ist das Seitenwandblech unmittelbar mit dem Langträger ver-

Langträgerquerschnitt mit J-Profil wird zweckmäßig ohne Unterbrechung zwischen den Hauptquerträgern durchgeführt. Von geschweißten Einzelausführungen abgesehen, wird man dieses Trägerprofil ausschließlich als Walzträger herstellen, so daß besondere Richtarbeiten nicht erforderlich sind. Die Säulen sind hier ebenfalls stumpf aufgeschweißt, während das Seitenwandblech überlappt aufgesetzt wird. Gegenüber dem J-Profil als Langträger bietet der I-Querschnitt den Vorteil, daß, wenn erforderlich, die Gurtkanten nach dem Zusammenbau noch gerade abgearbeitet werden können, während beim J-Profil diese Möglichkeit nicht gegeben ist.

### b) Seitenwand und Vorbau.

Bei der heute üblichen Bauart des Wagenkastens sind die Seitenwände als tragende Bestandteile anzusehen. Dabei werden die Säulen meist stumpf auf das Untergestell aufgesetzt. Es ist deshalb für eine einwandfreie Kraftübertragung

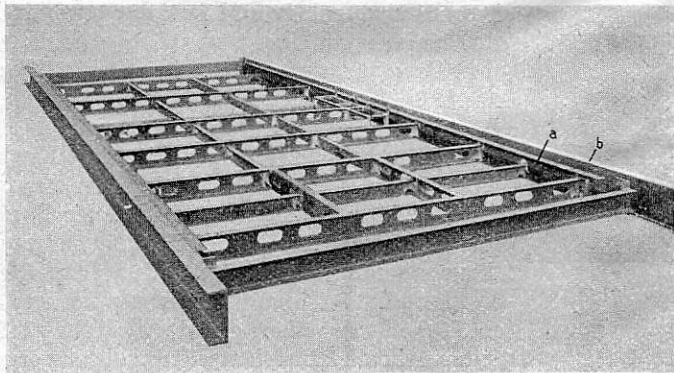


Bild 16. Langträger mit Hilfsträger verspannt.  
a = Langträger, b = Hilfsträger.

notwendig, daß die Seitenwände selbst und die Anschlüsse zwischen Untergestell und Seitenwand gut zusammengepaßt und ausgeführt werden. Bei der Seitenwandfertigung muß demnach auf genügende Festigkeit der Schweißverbindungen und dazu noch auf gutes Aussehen des Seitenwandbleches geachtet werden. Durch die Anordnung der Säulen auf dem Langträger sind zwei Arbeitsverfahren für den Bau der Seitenwände möglich.

#### 1. Getrennte Fertigung von Gerippe und Seitenwandblech, Verblechung an senkrechter Wand.

Zunächst wird das Gerippe mit Oberrahmen in einer kräftigen Vorrichtung maßgerecht zusammengebaut, in sich geschweißt und auf das Untergestell aufgebracht. Dabei wird die Seitenwandebene von der geraden Flucht der Langträger bestimmt, da die Säulen mit der Langträgeraußenkante bündig abschließen müssen, um später ein saftiges Anliegen des Seitenwandbleches an den Langträger sicher zu stellen (Bild 14). Nach dem Aufsetzen des Daches wird das ganze Gerippe genau ausgerichtet, zuletzt wird das Seitenwandblech aufgebracht und mit dem Gerippe mit Kehlnaht- oder Lochschweißung verbunden. Dieses Verfahren besitzt den Vorteil, daß das Gerippe selbst vor dem Verblechen genau ausgerichtet werden kann. Nachteilig ist das Aufschweißen des Bleches an senkrechter Wand, was stark überhöhte Lochschweißungen und damit zeitraubende Nacharbeit bedingt. Die nach diesem Arbeitsverfahren gebauten Seitenwände genügen erfahrungsgemäß auf Festigkeit und Aussehen.

#### 2. Vollständige Teilfertigung der ganzen Seitenwand mit Verblechung in waagerechter Lage.

Das Gerippe selbst wird in der oben beschriebenen Weise hergestellt und anschließend in waagerechter Lage verblecht, so daß auf das Untergestell bereits die vollkommen fertige Wand aufgebaut werden kann (Bild 17). Senkrechtschweißungen sind dabei nicht mehr erforderlich. Dieses Verfahren soll besonders wirtschaftlich sein und sich gut für Massenfertigung eignen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß das Ausrichten der Seitenwand erhebliche Schwierigkeiten bereiten kann. Werden nach dem Aufbau in der Wand größere Beulen festgestellt, die sich über einzelne Gerippeteile ausdehnen, so muß das Gerippe zusammen mit dem Blech ausgerichtet werden, was ein Stauchen oder Strecken des Bleches und damit schlechte Wände verursacht.

Sind die Seitenwände durch doppeltürige Einstiege in

einzelne Teile aufgelöst, wie bei den S-Bahnwagen, so kommt hierfür nur die reine Teilfertigung in Frage.

Um beim Aufsetzen des Gerippes oder der ganzen Seitenwand auf das Untergestell umständliche Anpaßarbeiten der Säulenenden möglichst zu vermeiden, müssen diese bei der

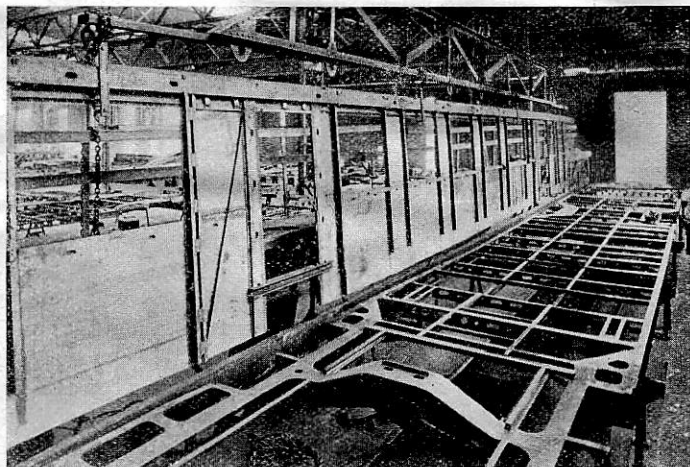


Bild 17. Aufsetzen einer vollständigen Seitenwand mit Verblechung auf das Untergestell.

Vorbereitung genau auf Maß abgelängt werden und die Vorrichtung muß ein genaues Ausrichten der Säulenenden ermöglichen. Beim Aufschweißen der Seitenwand ist besonders darauf zu achten, daß die Bleche an der Schweißstelle mit Hilfe von Schraubzwingen satt auf dem Gerippe aufliegen. Werden die Bleche in waagerechter Lage aufgeschweißt, so ist eine bewegliche Spannvorrichtung nach Bild 18 vorzuziehen. Die Frage, ob die Kehlnaht- oder die Lochschweißung für das Befestigen der Seitenwand das geeignetere Verbindungsmittel ist, kann nach den bisherigen Betriebserfahrungen dahin beantwortet werden, daß sich beide Schweißverbindungen für diesen Zweck gut bewährt haben. Ausschlaggebend für das eine oder andere Verfahren sind nur die jeweiligen Fertigungsbedingungen. Beim Aufschweißen an senkrechter Wand wird man die Kehlnaht vorziehen, da in dieser Arbeitslage die Lochschweißung zu starke Überhöhungen ergibt und damit übermäßige Schleifarbeit verursacht. Wird das Seitenwandgerippe bereits vor dem Aufbau auf das Untergestell, also in waagerechter Lage verblecht, so bietet die Lochschweißung gewisse Vorteile. In diesem Fall kann mit Manteldraht geschweißt werden, mit dem sich glatte Lochschweißungen ausführen lassen.

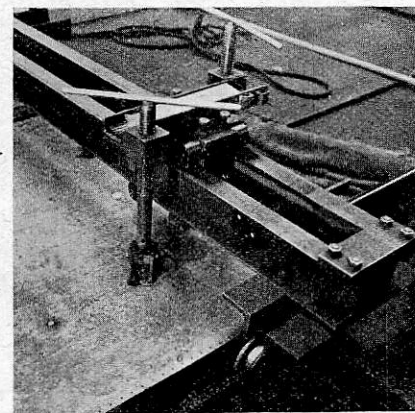


Bild 18. Bewegliche Spannvorrichtung für das Aufschweißen des Seitenwandbleches auf das Gerippe mit Lochschweißung.

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Nacharbeit der Lochschweißstellen zu richten. Vielfach sind schlechtausschende Wände auf unsachgemäßes Nachschleifen dieser Schweißungen zurückzuführen. In der Regel wird diese Arbeit nach dem Schweißen des Wagenkastens vorgenommen. Dabei sollen nur die überstehenden Schweißstellen überschleifen

werden, dagegen nicht das in der Nähe der Schweißstelle liegende Seitenwandblech. Da die heute gebräuchlichen Preßluft-Schleifmaschinen oft bis zu 10 kg wiegen und der Arbeiter meist freihändig schleifen muß, so ist eine rasche Ermüdung des Arbeiters und damit das Abrutschen der Schleifscheibe in das Blech nicht zu vermeiden. Eine wirksame Abhilfe bringt eine bewegliche Aufhängung der Schleifmaschine mit Gegengewicht an einer Rollenlaufbahn. Dadurch wird der Arbeiter von dem Gewicht der Schleifmaschine entlastet und er hat nur den notwendigen Anpreßdruck aufzunehmen. Sehr gut haben sich auch die wesentlich leichteren elektrischen Schleifmaschinen bewährt.

Neuerdings wurde mit wechselndem Erfolg versucht, die an sich bewährte Punktschweißung (elektrische Widerstandschweißung) für die Verbindung von Seitenwandblech mit Gerippe anzuwenden. Von Ausnahmen abgesehen, ist dieses Verfahren bei uns über das Versuchsstadium nicht hinausgekommen. Die Ursache liegt vor allem in der verhältnismäßig geringen Stückzahl von Fahrzeugen, die in einer Serie aufgelegt werden können. Die Punktschweißung verlangt sehr leistungsfähige Maschinen, die äußerst kurze Schweißzeiten gestatten. Außerdem müssen umfangreiche Vorrichtungen vorhanden sein, die eine leichte, schnelle und dazu genaue Einstellung der Seitenwand unter die Elektroden gestatten. Es kann aber mit Sicherheit erwartet werden, daß sich in absehbarer Zeit auch bei uns das Punktschweißen, entsprechende Stückzahlen von zu bauenden Fahrzeugen vorausgesetzt, weitgehend einführen wird.

Nach der Schweißfertigung des Wagenkastens muß die Verblechung ausgerichtet werden. Diese Arbeit erfordert sehr viel Sachkenntnis und Erfahrung. Grundsätzlich beruht das Richten mit Wärme darauf, daß mehrere Punkte oder schmale Streifen im Blech bis zur Rotglut erwärmt werden, wodurch ein teilweises Stauchen der Wärmezonen verursacht wird. Beim Richten ohne Vorrichtung dürfen diese Wärmestellen und deren Ausmaß nicht wahllos, sondern müssen unter Berücksichtigung der vorhandenen Beulen angesetzt werden. Um beim Erkalten das Strecken dieser gestauchten Stellen hintanzuhalten, werden die Wärmestellen künstlich (Preßluft, Wasser, Kupferschienen oder kombiniert) rasch abgekühlt. Auf diese Weise gelingt es, die Beulen herauszuziehen und das Blech zu spannen. Auch in diesem Fall sind Vorrichtungen, die die zu erwärmenden Zonen begrenzen, sehr nützlich. Aber letzten Endes ist gerade beim Richten die Geschicklichkeit des Facharbeiters für den Erfolg ausschlaggebend.

An dieser Stelle sei auch auf die Herstellung der Vorbauten hingewiesen. Die neuerdings geforderten, windschnittigen, nach oben eingezogenen Bauformen, oder die nahezu über die ganze Vorbaubreite reichenden Fensterauschnitte beeinflussen die Fertigung sehr weitgehend. Vielfach wird noch, um Vorrichtungen zu sparen, das Gerippe aus seinen einzelnen Bestandteilen auf das Untergestell ohne wesentliche gegenseitige Verspannung aufgebaut, geschweißt und ausgerichtet. Das folgende Anschweißen des Bleches bedingt jedoch nicht nur im Blech, sondern auch im Gerippe Verziehungen, deren Beseitigung äußerst mühsam und zeitraubend ist. Beim Ausrichten muß nun das Gerippe teilweise mitgerichtet werden, was zwangsläufig ein Strecken oder Stauchen des Bleches und damit ein schlechtes Aussehen der Vorbauten zur Folge hat. Auf Grund dieser Erfahrung ist es vorteilhaft, den Vorbau zunächst für sich allein mit Verblechung und Dachkappe in einer kräftigen, zweckentsprechenden Vorrichtung herzustellen und als ganzes auf das Untergestell aufzusetzen.

### c) Dach.

Das Dach ist ein Bestandteil des Wagenkastens und stellt ein mehr oder weniger starres Bindeglied zwischen den beiden

Seitenwänden dar. Ihm ist die Aufgabe zugewiesen, die senkrechte Stellung der Seitenwände zum Untergestell auch bei stärkster gewaltsamer Beanspruchung sicher zu stellen. Entsprechend diesen hohen Anforderungen muß das schachbrettförmig angeordnete Dachgerippe in sich genügend steif und mit dem Dachblech einwandfrei verbunden sein. Besonderes Augenmerk ist auch hier wieder auf gute Paßarbeit zwischen Quer- und Längsversteifungen zu richten. Ebenso muß die Verbindung zwischen Dach und Oberrahmen festigkeitsmäßig ausreichen und sachgemäß ausgeführt sein, um Verformungen des Kastenquerschnittes auszuschalten. Auch für die Dachherstellung hat sich wie beim übrigen Wagenteil die Schweißfertigung als vorteilhaft erwiesen. Dabei wird vorwiegend die Loch- und Kehlnahtschweißung angewendet. Die Punktschweißung ist über Versuche nicht wesentlich hinausgekommen. Die Voraussetzungen für gute Schweißverbindungen ist das satte Aufliegen des Dachbleches auf dem Gerippe. Die einzelnen Dachblechstöße werden stumpf geschweißt oder genietet. Letzteres Verfahren wird bei der Dachfertigung wegen der schwachen Blech- und Profilstärken noch vielfach angewendet. Die Dachblechstöße müssen vollkommen wasserdicht sein. Deshalb ist eine Dichtigkeitsprüfung der Schweißnähte, die vorwiegend als Autogen- oder Lichtbogennähte ausgeführt werden, mit Petroleum und Schlammkreide notwendig.

Wie aus Bild 19 hervorgeht, ist das Dach an der Anschlußstelle mit dem Oberrahmen meist mit einem besonderen ringsumlaufenden Profilrahmen ausgerüstet. Aus Festigkeitsgründen kann zwar das Dach auch ohne eigenen Rahmen, also das Dach mit dem einzelnen Dachspriegel unmittelbar auf den Oberrahmen befestigt werden, aber das Aufsetzen des Daches auf den Oberrahmen, das als Einzelteil gleichlaufend mit dem Wagenkasten gefertigt wird, ist sehr schwierig. Die Steifigkeit des Dachbleches mit dem Gerippe allein ist für den Transport am Kran nicht genügend. Ganz davon abgesehen, daß das Anpassen der Spriegel an den Obergurt im Gesamtverband des Daches wesentlich schwieriger ist, als das Anpassen der losen Spriegel an den Dachrahmen. Muß aus Gewichtsgründen von einem besonderen Dachrahmen abgesehen werden, so sind für das Umsetzen des Daches geeignete Hilfsabstützungen vorzusehen, die nach dem Aufsetzen wieder entfernt werden können.

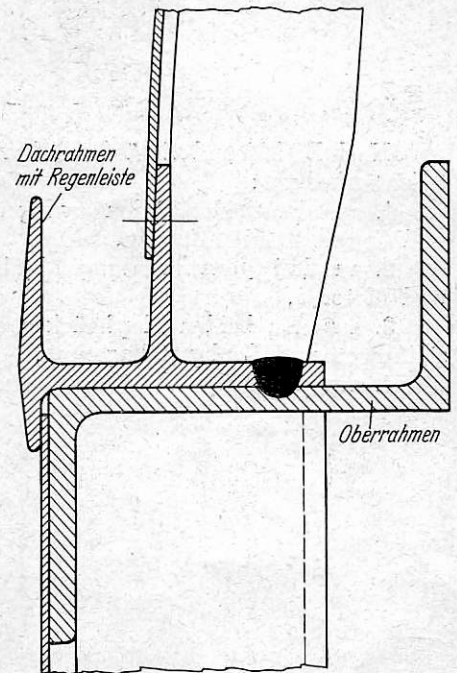


Bild 19. Verbindung zwischen Dach und Oberrahmen.

### Hauptrahmen für die elektrische Schnellzuglokomotive E 18.

Der erste Rahmen dieser Lokomotivreihe wurde bereits im Jahre 1934 auf Veranlassung der Deutschen Reichsbahn in geschweißter Bauart hergestellt. Zunächst hatte man zwar noch Bedenken, einen Rahmen für eine Lokomotive von 4300 PS-Stundenhöchstleistung und mit einer Geschwindigkeit von 150 km/h vollkommen geschweißt auszuführen. Aber die ersten überschlägigen Gewichtsberechnungen ergaben, daß die ge-

nietete Bauart und das durch die verstärkte Bremse bedingte Mehrgewicht die zulässigen Achsdrücke bei der gewählten Achsanordnung 1 Do 1 überschreiten würde. Somit wurde also durch den Zwang, an den übrigen Bauteilen erheblich an Gewicht zu sparen, der Entschluß zum geschweißten Rahmen eine Notwendigkeit. Als brauchbares Konstruktionsvorbild stand damals nur die Lokomotive E 44, Achsanordnung Bo' Bo', zur Verfügung. Die mit dieser Lokomotive seit dem Jahre 1931 gemachten guten Betriebserfahrungen beeinflussten die Entscheidung, den 1' Do 1'-Rahmen zu schweißen, ganz wesentlich.

und die vollkommen fertiggeschweißten Rahmen maßgerecht nachgearbeitet werden können. Diese vielseitigen Bearbeitungsmöglichkeiten sind durch die Forderungen bedingt, die im Lokomotivbau üblich sind. So müssen bei den Drehgestellen und Rahmenwangen sämtliche Blechkanten, auch Ausschnitte und Schweißkanten, nach dem Brennschneiden maschinell nachgearbeitet werden. Die Kehlnahtflächen sind zunderfrei zu überschleifen, so daß durch diese weitgehende Vorarbeit alle Voraussetzungen für eine gute Schweißarbeit gegeben sind. Dazu verfügt der Lokomotivbau im Durchschnitt über gut

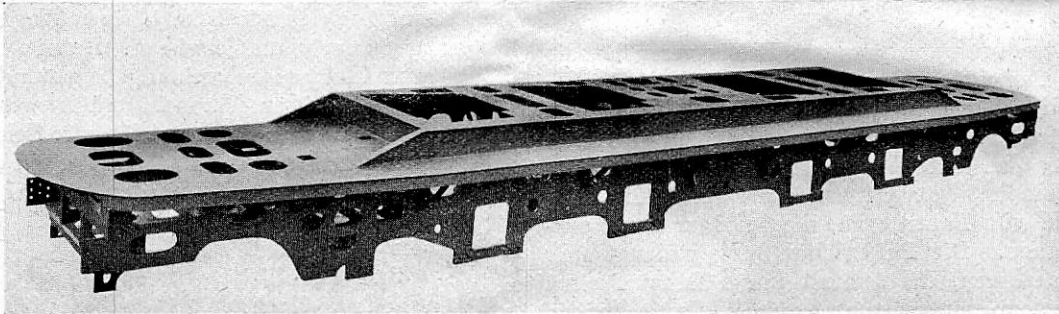


Bild 20. Geschweißter Rahmen für 1' Do 1'-Lokomotive.

Nach Bild 20 und 21 ist der Rahmen aus folgenden Einzelteilen aufgebaut:

1. aus den beiden Rahmenwangen  $a_1$  und  $a_2$  mit Längs- und Senkrechtversteifungen,
2. aus drei Querverbindungen  $b_1$ ,  $b_2$  und  $b_3$  für Umspanner und Motoren,
3. aus den beiden Kopfstücken  $c_1$  und  $c_2$  mit Endaustei- fungen und Lenkgestellagerung,
4. aus den beiden Umläufen  $d_1$  und  $d_2$  für die Seitengänge.

ausgebildete Arbeitskräfte, vor allem über geübte Schlosser. Dieser gute Ausbildungsstand der Facharbeiter ist in der rein maschinenbaumäßigen Gestaltung und Arbeitsweise begründet. Gegenüber dem Wagenbau liegen hier die Fertigungsverhältnisse insofern noch günstiger, als bei Lokomotivrahmen Blechstärken unter 10 mm kaum Verwendung finden, während für Wagenuntergestelle im allgemeinen Bleche oder Profile von 4 bis 6 mm Wandstärke ausreichend sind. Beim Schweißen dieser geringen Blechstärken können bekanntlich sehr erhebliche Ver-

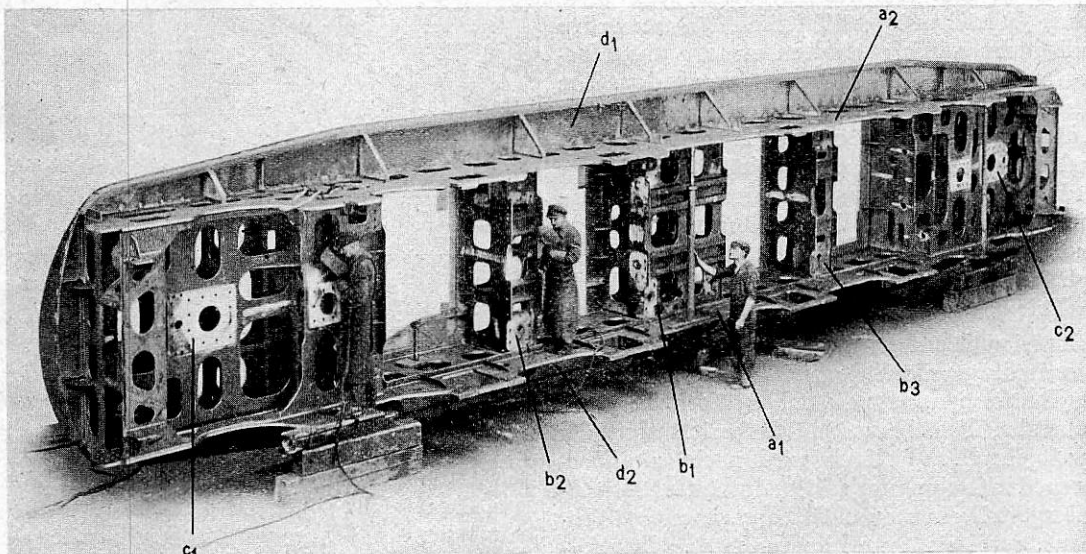


Bild 21. 1' Do 1'-Rahmen, Ansicht von unten.

- $a_1 a_2$  = Rahmenwangen mit Aussteifungsrippen.  
 $b_1$  = Querverbindung für Umspanner.  
 $b_2 b_3$  = Querverbindung für Motorauflängung.

- $c_1 c_2$  = Kopfstücke mit Endaustei- fungen und Lenkgestell-  
 lagerung.  
 $d_1 d_2$  = Umläufe für die Seitengänge.

Vor der Baubeschreibung des Rahmens sei zunächst auf die allgemeinen Arbeitsbedingungen im Lokomotivbau hingewiesen. Auf diesem Teilgebiet des Fahrzeugbaues stehen durchweg gut eingerichtete, mechanische Bearbeitungswerkstätten zur Verfügung, die eine maßhaltige und auch wirtschaftliche Bearbeitung der geschweißten Fahrzeugteile gestatten. Verschiedentlich sind sogar größere Bohr- und Fräswerke vorhanden, auf denen die Einzelteile im Paket genau vorgearbeitet

ziehungen auftreten, die nach dem Zusammenbau umfangreiche Richtarbeiten zur Folge haben.

Das im Wagenbau allgemein übliche Schweißen in drehbaren Vorrichtungen zur Verbilligung der Fertigung ist im Lokomotivbau von Ausnahmen abgesehen, so gut wie unbekannt, obwohl sich die Rahmeneinzelteile dafür ebensogut eignen würden. Hierfür sind in der Hauptsache zwei Gründe maßgebend:



1. Die Lokomotivwerkstätten verfügten bereits zu Beginn des Schweißbaues über große Spannplatten, die sich für die Herstellung geschweißter Rahmen mit größeren Wandstärken sehr gut eignen und besondere Schweißvorrichtungen als entbehrlich erscheinen ließen.

2. Im Lokomotivbau war zu Beginn des Schweißbaues die Blankdrahtschweißung vorherrschend. Dafür waren und sind heute noch die waagrecht angeordneten Spannplatten ausreichend, da diese Elektroden für Kehlnähte keine Schräglage benötigen.

Auf diesen mit Spann-Nuten versehenen Platten nach Bild 5 und 7, die entweder im Boden oder in sich fest verankert sind, können die Werkstücke entsprechend den zu erwartenden Schrumpfungen zweckmäßig vorgespannt werden. Auch die notwendigen Kalt- und Warmarbeiten können auf diesen Platten ausgeführt werden, ohne daß deren Ebenheit darunter leidet. Wird ausnahmsweise mit Manteldraht geschweißt, so müssen diese Platten auf einer entsprechenden Unterlage schräg aufgebaut werden, falls sie nicht drehbar ausgebildet sind, was aber in den meisten Fällen ohne weiteres möglich ist. Neuerdings sind auch im Lokomotivbau vereinzelt drehbare Schweißvorrichtungen zu finden.

In dem nachfolgend beschriebenen Bau des in Bild 20 und 21 wiedergegebenen Lokomotivrahmens sind bereits die Erfahrungen aus einer größeren Reihenfertigung berücksichtigt. Entsprechend der oben erwähnten Unterteilung des Rahmens ist der Arbeitsgang eindeutig vorgeschrieben.

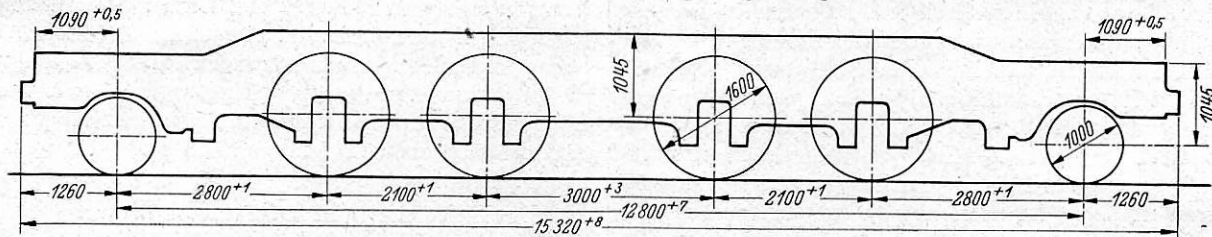


Bild 22. Längsschrumpfmaße für den 1' Do 1'-Rahmen.

#### a) Rahmenwangen.

Für das Vorbereiten der Wangen ist zu untersuchen, ob die Achsausschnitte zweckmäßig vor dem Schweißen oder am fertigeschweißten Rahmen ausgefräst werden. Hierfür ist neben der Maschinenfrage auch die wirtschaftliche Seite maßgebend. Das Bearbeiten der Achsausschnitte im Blechpaket ist zweifellos billiger als das Ausfräsen am fertigen Rahmen. Dagegen verlangt die Paketbearbeitung eine genaue Berücksichtigung der Längsschrumpfungen zwischen den Achsen, die für die 1' Do 1'-Wangen im Bild 22 angegeben sind. Im anderen Fall genügt eine ungefähre Schrumpfungszugabe, da die genauen Achsabstände erst nach dem Schweißen festgelegt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen können beide Arbeitsverfahren angewendet werden. Auf die vorgearbeiteten Wangen werden die waagerechten und senkrechten Aussteifungsrippen aufgeschweißt (Bild 21). Sind entsprechend lange Spannplatten vorhanden, so können die Rippen auf die 15320 mm langen Wangen wie bei den Drehgestellwangen in Bild 5 aufgebaut und geschweißt werden. Die Rippenstellen sind durch Unterlegen von Blechstreifen hohl zu spannen. Bei beschränkten Platzverhältnissen werden zwei Wangen gegeneinander gelegt und die Schweißstellen durch entsprechende Blechstreifen hohl gespannt. Die Kreuzungsstellen der Rippen sind zweckmäßig erst nach dem Richten der Wangen zu verschweißen. Bei größerer Stückzahl kann das wiederholte Anreißen der Wangen für den Aufbau der Rippen durch entsprechende Anschläge vermieden werden.

#### b) Querverbindungen.

Da für diese Einzelteile von der Baufirma durchweg Mantelelektroden vorgeschrieben sind — reichsbahnseitig

werden auch Blankdrähte zugelassen —, müssen die Werkstücke mit Spannplatte in Schräglage aufgebaut werden. Das Breitenmaß einschließlich Schrumpfungszugabe für die Anschlüsse an die Rahmenwangen wird in diesem Fall durch mechanische Bearbeitung nach dem Schweißen sichergestellt. Bei Verwendung der geringschrumpfenden Blankdrähte können die einzelnen Bleche bereits vor dem Zusammenbau vorteilhaft im Paket auf genaue Breite bearbeitet werden. Dabei ist jedoch die Gesamtschrumpfung der Querverbindung zu berücksichtigen.

#### c) Zusammenbau.

Für den ruhigen Fahrzeugbau ist es erforderlich, den Zusammenbau von Lokomotivrahmen hinsichtlich Maßgenauigkeit in jeder Richtung, wie Drehzapfenabstand, Längen- und Breitenmaß, gerade Flucht der Wangen, gleiche Höhe der Auflagepunkte usw., mit größter Sorgfalt durchzuführen. Die Erfüllung dieser Bedingungen hängt im wesentlichen davon ab, ob die Zusammenbauvorrichtung selbst genügend genau gearbeitet ist und ob sie gegen die für die Genauigkeit nachteiligen Einflüsse wie Verzug durch Schweißwärme oder elastische Verformungen durch Spannkraften, genügend widerstandsfähig ist. Es ist nicht möglich, ein Fahrgestell maßgerecht und eben zusammenzubauen, wenn schon bei den entsprechenden Einrichtungen die Voraussetzungen hierzu nicht gegeben sind. Von den Zusammenbauvorrichtungen muß also verlangt werden, daß sie der Schweißtechnik angepaßt und selbst genügend genau gearbeitet sind, um ein einwandfreies Arbeiten

zu ermöglichen. Für diesen Zweck haben sich die bereits erwähnten geschlossenen Spannplatten als vorteilhaft erwiesen. Besonders für größere Lokomotivrahmen in Blechkonstruktion sind derartige Auflagetische mit den dazugehörigen Hubvorrichtungen Vorbedingung.

Beim Zusammenbau des 1' Do 1'-Rahmens (Bild 21) werden zunächst auf eine waagrecht liegende Rahmenwange sämtliche Querverbindungen aufgebaut und ausgerichtet. Dabei sind die Längsschrumpfungen zu berücksichtigen. Anschließend wird die zweite Wange aufgesetzt. Dabei ist auf gute Ebene der Wange selbst und auf genaue Parallelität zur unteren Wange in den Achsausschnitten zu achten. Nun wird der gesamte Verband geheftet und die jeweils gegenüberliegenden Achspartien der Wangen müssen durch Druckschraube ausgesteift werden. Nach dem Aufbau des zugehörigen Umlaufes mit Konsolen auf die obliegende Wange werden die Grundnähte an den Anschlüssen der Querverbindungen mit der unteren Wange geschweißt. Nun wird der Rahmen mit eingebauten Wendekonsolen zum Schutze des bereits eingebauten Umlaufes um 180° gedreht, so daß der zweite Seitengang mit Konsolen aufgebaut und die Grundnähte an den jetzt unterliegenden Querträgeranschlüssen geschweißt werden können. Jetzt wird der Rahmen durch Drehen um 90° in die Normallage gebracht und die Abdeckbleche und Obergurte auf die Wangen aufgeheftet. Nach dem Einbau der notwendigen Aussteifungen wird der Rahmen fertiggeschweißt. Bei Verwendung von Mantelelektroden muß der Rahmen in die geeignete Schweißlage gebracht werden. In Bild 20 ist der ausgerichtete Rahmen, fertig zum Aufbau des Führerhauses, dargestellt.

In vorstehenden Ausführungen wurde versucht, einen



Überblick über die wichtigsten und zur Zeit üblichen Arbeitsverfahren beim Bau geschweißter Schienenfahrzeuge zu vermitteln. Es ist daraus zu entnehmen, daß die Fertigung der Gestaltung genau angepaßt werden muß. Um dabei die bestmögliche Güte und Wirtschaftlichkeit zu erreichen, müssen die

Werkstatteinrichtungen, wie Arbeits- und Hubvorrichtungen, Werkzeugmaschinen, Meßtische usw. noch mehr als bisher ausgebaut und verbessert werden. Auch die Ausbildung der Arbeitskräfte, sowohl des Ingenieurs wie der Schlosser und Schweißer muß noch weiter vervollkommen werden.

## Rangieranlagen für die Reisezugbildung.

Von Prof. Theodor Zoche, Reichsbahndirektionsvizepräsident a. D.

Hierzu 4 Abb. auf Tafel 2.

### 1. Allgemeines.

Bei der Zusammenstellung und Auflösung der Reisezüge ist bisher von den Grundsätzen und Werkzeugen der neuzeitlichen Rangiertechnik nicht Gebrauch gemacht worden, sei es, daß ab und zu im Abstoßverfahren gearbeitet wird, bei dem eigentlich kein Wagen abgestoßen, sondern von einem Triebfahrzeug durch Stoßen beschleunigt und unter Abbremsung des Antriebsmittels frei weiterläuft, sei es, daß in der Regel das Bewegen der Wagen oder Wagengruppen in fester Verbindung mit dem Triebfahrzeug erfolgt. Man hat offenbar die großen, bei den Ablaufbergen der Verschiebebahnhöfe üblichen Geschwindigkeiten gescheut und eine ungünstige Wirkung der mit der Verwendung neuzeitlicher Bremsmittel (Balkenbremsen) verbundenen starken Verzögerung auf gewisse Personenwagen mit kostspieliger und empfindlicher Ausrüstung befürchtet.

Nachdem an verschiedenen Stellen der Deutschen Reichsbahn in großen Verkehrsmittelpunkten die Zusammenlegung mehrerer Einzelbahnhöfe zu einer, höchstens zwei Gesamtanlagen im Werden ist und damit eine große Zusammenballung von Zugbildungsaufgaben eintritt, dürfte sich, auch aus wirtschaftlichen Gründen, eine Prüfung empfehlen, ob und in welchem Umfange bei der Bildung der Reisezüge eine Mechanisierung des Verfahrens im Sinne der neuzeitlichen Rangiertechnik möglich ist, und welche Gesichtspunkte dabei maßgebend sein sollten.

Um von sicheren Erfahrungstatsachen auszugehen, soll zunächst erörtert werden, welche Gleichheit oder Ähnlichkeit und welche Unterschiede zwischen Güter- und Personenwagen oder zwischen Güterzügen und Reisezügen bestehen, da die Verhältnisse der Verschiebearbeit bei der Güterzugbildung und ihrer Rangiertechnik geklärt und erprobt sind.

### 2. Laufwiderstände der Güterwagen.

Maßgebend für die Ausbildung der Rangieranlagen, sei es daß es sich um die Höhe des Ablaufberges und die Ausgestaltung seiner Rampen oder um die Bemessung der Balkenbremsen handelt, sind die Laufwiderstände des Gutläufers und des Schlechtläufers bei mittlerer und tiefer Temperatur. Die Unterschiede zwischen Gutläufer und Schlechtläufer rufen die Laufzeitunterschiede hervor, und diese bedingen die Größe des Steilgefälles, damit in der Weichenzone für die Umstellung der Weichen der nötige Raumabstand zwischen dem vorauslaufenden Schlechtläufer und dem folgenden, aus derselben Weiche dem Nachbargleis zustrebenden Gutläufer hergestellt wird. Je größer der Unterschied der Widerstandswerte ist, um so größer werden die Laufzeitunterschiede, um so größer muß die Geschwindigkeit  $V_1$  in m/s des Schlechtläufers in der Trennungsweiche sein, um so mehr muß der Schlechtläufer beschleunigt werden, daher um so größer das Steilgefälle. Die Geschwindigkeit in der Trennungsweiche ist angenähert

$$V_1 = \frac{l_z + a}{\frac{L_w}{V_0} - t_w - \Delta t}; v_0 \text{ bedeutet die Abdrückgeschwindigkeit,}$$

$L_w$  die Wagenlänge,  $a$  den Achsstand,  $l_z$  die Länge der Weichenzone in m,  $t_w$  die Weichenumstellzeit und  $\Delta t$  den Laufzeit-

unterschied zwischen dem Schlechtläufer und dem Gutläufer in Sekunden. Nach einem durchgerechneten Beispiel betragen für die Ablaufanlagen eines Verschiebebahnhofs der Güterzugbildung bei einer Abdrückgeschwindigkeit von 1,0 m/s, normaler Temperatur und einem Gegenwind von 6 m/s Geschwindigkeit am Ablaufkopf die Laufzeitunterschiede in 150 m Entfernung vom Ablaufpunkt 5,80 Sek. und für die etwa an dieser Stelle liegende Weiche die erforderliche Geschwindigkeit des Schlechtläufers 4,5 m/s. Mit zunehmenden  $\Delta t$  nimmt auch die erforderliche Geschwindigkeit zu.

Nach dem Schrifttum\*), das die Ergebnisse vieler Ablaufversuche verwertet, ist für Güterwagen bei normaler Temperatur der Grundwiderstand des Schlechtläufers (ohne Krümmungs- und Luftwiderstand)  $W_{g2}$  kg/t das 1,5fache des Grundwiderstandes des Gutläufers in der Ablaufzone  $W_{g1}$  kg/t und dieser das 1,25fache des Wertes  $W_g$  kg/t im Beharrungszustande (etwa nach einem Fahrweg von 4 km). Die Widerstandswerte bei tiefer Temperatur sind etwa zum 1,75fachen des Wertes bei normaler Temperatur anzunehmen. Die Anlaufwiderstände, die für eine Abrollanlage (Einfahrgeleise mit parabolischem Längsschnitt zum selbsttätigem Anlauf der Wagen) maßgebend sind, können etwa dreimal so hoch angesetzt werden, wie die obigen Grundwerte.

Der Luftwiderstand beträgt nach den angegebenen Quellen bei frontalem Gegenwind (in der Richtung der Achse des Ablaufberges  $\alpha = 0$ )  $w_l = \frac{0,94}{16} \cdot V_1^2 \cdot \frac{F}{G}$ .

Aus den obigen Werten ergeben sich unter Hinzurechnung der Luftwiderstände für den Ablaufberg Höhen von 4 m und mehr, für die Ablauframpen Gefälle von 66,60/00 (1:15) bis 40/00 (1:25) und Höchstgeschwindigkeiten von 7 bis 8 m/s.

### 3. Laufwiderstände der Personenwagen.

Für die Personenwagen ist der Unterschied zwischen Schlechtläufer und Gutläufer erheblich niedriger anzusetzen, und zwar etwa mit dem 1,2fachen, da diese Wagen gleichmäßig gut unterhalten, in den Betrieben besser als die Güterwagen gepflegt werden, einheitlicher in Form und Bauart sind und geringe Gewichtsunterschiede aufweisen, weil alle unbeladen sind. Daher sind die  $\Delta t$  klein. Das Steilgefälle wird entbehrlich. Für die Anlaufwiderstände ist das Zweifache des Grundwiderstandes anzunehmen. Die übrigen Beiwerte der Güterwagen können beibehalten werden.

Für die Ermittlung des Grundwiderstandes im Beharrungszustande ( $W_g$  kg/t) können die umfangreichen Versuche des Reichsbahnzentralamtes in Berlin zur Ermittlung der Zugwiderstände in Reisezügen herangezogen werden. Eine gute Auswertung haben diese Versuche in der von Santhof aufgestellten Formel gefunden\*\*). Diese lautet:

\*) Verkehrstechn. Woche, 8. Sonderheft März 1935 und 9. Sonderheft, April 1936, Seite 27 u. f. Angaben über Widerstandswerte.

\*\*) Dr. Ing. Friedrich Santhof: Die Bewegungswiderstände der Eisenbahnwagen unter besonderer Berücksichtigung der neuen Versuche der Reichsbahn. Selbstverlag des Verfassers. 1933. Druck VDI-Verlag.

$w = a + b \cdot V_f + 0,0041/G (n + 2,1) f \cdot V_R$  in kg/t, wobei  
 $a = 1,9$  kg/t für Wagen in mittlerem Unterhaltungszustande,  
 $b = 0,0025$  für vierachsige Wagen,  
 $= 0,0040$  für dreiachsige Wagen,  
 $= 0,0070$  für zweiachsige Wagen,  
 $V_f$  Fahrgeschwindigkeit in km/h,  
 $V_R$  Relativgeschwindigkeit in km/h,  
 $G$  Zuggewicht in Tonnen,  $n$  Anzahl der Wagen,  
 $f = 1,45$  m<sup>2</sup> für D-Zugwagen neuer Bauart,  
 $= 1,55$  m<sup>2</sup> für D-Zugwagen alter Bauart,  
 $= 1,15$  m<sup>2</sup> für Personenwagen beliebiger Gattung.

Die ersten beiden Glieder stellen den Grundwiderstand  $W_g$  kg/t dar, wobei  $a$  hauptsächlich den Achs- und Rollwiderstand, das zweite Glied mit dem linearen Widerstandsanteil die kleinen störenden Bewegungen berücksichtigen soll. Das letzte Glied ist für unsere Untersuchung ohne Belang, da die Luftwiderstände, die für einzeln ablaufende Wagen und Gruppenläufe in Frage kommen, nach den weiter oben gemachten Angaben zu berechnen sind.

Für die Ermittlung des Grundwiderstandes im Beharungszustande  $w_g$  kg/t ist eine Geschwindigkeit  $V_f = 15$  km/h (4,166 m/s) angesetzt, die etwa der beim Ablauf entstehenden entspricht. Dann ist

$w_g = 1,94$  kg/t für den vierachsigen Wagen,  
 $= 2,05$  kg/t für den zweiachsigen Wagen.

Die für den Ablauf und die Ablaufzone maßgebenden Widerstandsgrößen ergeben sich entsprechend den Werten für Güterwagen nach den früheren Angaben wie folgt:

Bei normaler Temperatur:

$w_{g1}$  des Gutläufers  $= 1,2 \cdot w_g = 2,33$  (2,46) kg/t,  
 $w_{g2}$  des Schlechtläufers  $= 1,2 \cdot w_{g1} = 2,80$  (2,95) kg/t;

bei tiefer Temperatur:

$w_{g3}$  des Gutläufers  $1,75 \cdot w_{g1} = 4,08$  (4,31) kg/t,  
 $w_{g4}$  des Schlechtläufers  $1,75 \cdot w_{g2} = 4,90$  (5,16) kg/t;

mittlere Anlaufwiderstände:

unter der Annahme, daß  $\frac{1}{5}$  der Wagen Schlechtläufer sind,

bei normaler Temperatur:

$w_{a1} = 0,8 \cdot 2 \cdot w_{g1} + 0,20 \cdot 2 \cdot w_{g2} = 4,89$  (5,08) kg/t;

bei tiefer Temperatur:

$w_{a2} = 0,8 \cdot 2 \cdot w_{g3} + 0,20 \cdot 2 \cdot w_{g4} = 8,56$  (9,05) kg/t.

Die Zahlen ohne Klammern beziehen sich auf den vierachsigen Wagen, die eingeklammerten Zahlen auf den zweiachsigen Wagen.

Die entwickelten Zahlen sind ein Versuch, um Unterlagen für die rechnerische Untersuchung der Ablaufverhältnisse bei Personenwagen zu gewinnen. Sie bedeuten wahrscheinlich die obere Grenze der Widerstandswerte und werden bei der notwendigen Nachprüfung durch Versuche voraussichtlich verringert werden können.

Ebenso werden die Krümmungswiderstände kleiner sein als die nach üblichen Formen für Güterwagen angesetzten, da bei den vierachsigen Wagen die Drehgestelle, bei den zwei- und dreiachsigen die Lenkachsen oder verschiebbare Achsen für Kurvenbeweglichkeit wirken. Mangels ausgeführter Versuche steht nur diese Formel zur Verfügung.

#### 4. Ablaufberg und Ablauframpe.

Unter Benutzung der oben ermittelten Widerstandszahlen sind im nachfolgenden die Hauptabmessungen der Ablaufanlagen, nämlich die Höhe des Ablaufberges und die Gefälle für den Ablauf von Personenwagen errechnet. Die Rechnung ist durchgeführt für den zweiachsigen Wagen, dessen Widerstandswerte größer sind als die der anderen Wagengattungen, unter der Annahme tiefer Temperatur und Windstille und unter der

Voraussetzung, daß bis zum nahen Laufziel  $l_{min} = 350$  m vier Weichenbögen und ein Gleisbogen von 80 m Länge und 190 m Halbmesser zu durchlaufen sind.

H (Höhe des Ablaufberges)

$$= \frac{l_{min}}{1000} \cdot w_{g4} + \frac{(4 l_w + l_r) 520}{1000 (190 - 55)}$$

$$= \frac{3 \cdot 50 \cdot 5,16}{1000} + \frac{4 \cdot 21 + 80 \cdot 520}{1000 \cdot 135} = 2,44 \sim 2,50 \text{ m.}$$

Diese Höhe kann in einer einheitlichen Rampe von 150 m Länge und einem Gefälle von  $16,66\frac{0}{100}$  (1:60) untergebracht werden, an deren unterem Ende die Talbremse angeordnet wird, das Steilgefälle fällt weg. Die Weichenzone wird wie beim normalen Flachbahnhof in die Waagerechte gelegt, um hinter der Talbremse jede Beschleunigung eines Wagens auszuschließen und dem Bremser die Abstandsbremsung nicht zu erschweren.

Es bleibt noch zu untersuchen, ob die errechnete Höhe des Ablaufberges und die Verteilung des Gefälles in der Ablauframpe ausreichen, um eine dem Hochbetriebe entsprechende Zuführungsgeschwindigkeit von  $V_0 = 1,5$  m/s zu gestatten.

Zwischen der Zuführungsgeschwindigkeit  $V_0$  und der Geschwindigkeit des Schlechtläufers  $V_1$  in der letzten Weiche

besteht die Beziehung:  $V_0 = \frac{L_w}{\frac{l_z + a}{V_1} + t_w + \Delta t}$  mit  $L_w$  Länge

des zweiachsigen Wagens über den Puffern  $= 13,92$  m,  $a$  (Achstand)  $= 8,5$  m,  $l_z$  (Weichenzungenlänge)  $= 6,2$  m,  $t_w$  (Weichenumstellzeit)  $= 0,8$  Sek. Zur Bestimmung der Laufzeitunterschiede  $\Delta t$  müssen die Geschwindigkeiten und die Laufzeiten des Gutläufers und des Schlechtläufers in den Längenabschnitten nach den Formeln

$$V_n = \sqrt{\frac{2 \cdot (s - w) \cdot \Delta l_n}{1000 g'} + V_{n-1}^2} \text{ und } t_n = \frac{2 \cdot \Delta l_n}{V_n - V_{n-1}}$$

errechnet werden, wobei  $V_n$  durch die Gleichung bestimmt wird  $G (s - w) \Delta l_n = \frac{V_n^2 - V_{n-1}^2}{2} \cdot G \cdot \frac{1000}{g'}$ .

Die berichtigte Erdbeschleunigung  $g_1$  ist für den zweiachsigen Wagen auf 20 t Gewicht  $9,4$  m/s<sup>2</sup> und  $\frac{1000}{g'} = 107$  kgm/s<sup>2</sup>. Die Werte von  $V$  und  $t$  bei tiefer Temperatur und Windstille sind in der nachstehenden Tafel 1 zusammengestellt:

Für die Spitze der letzten Weiche, von dem Tangentialpunkt am Ablaufberg 293 m entfernt, ist  $\Delta t = 75,31 - 73,45 = 1,86$  Sek. und die Geschwindigkeit des Schlechtläufers am Ende des Bogens dieser Weiche  $3,29$  m/s und die des Gutläufers an demselben Punkte  $3,80$  m/s; daher darf die zulässige Abdrückgeschwindigkeit sein

$$V_0 = \frac{13,92}{0,8 + 1,86 + \frac{6,2 + 8,5}{3,29}} = 1,95 \text{ m/s}$$

oder genau

$$V_0 = \frac{13,92}{0,8 + 1,86 + \frac{8,5}{2 \cdot 3,8} + \frac{2 \cdot 6,2 + 8,5}{2 \cdot 3,29}} = 2,06 \text{ m/s.}$$

Die Höhe des Ablaufberges und das Gefälle der Rampe entsprechen also den gestellten Ansprüchen. Die regelmäßige Abdrückgeschwindigkeit wird  $1,25$  m/s betragen und bei Hochbetrieb  $1,5$  m/s nicht übersteigen.

#### 5. Abrollanlage.

Wenn irgend die örtlichen Umstände und Höhenverhältnisse es zulassen, wird für die Einfahrleise die Form einer

Tafel 1.  
Schlechtläufer

	$\Delta l$ m	W kg/t	$V_n$ m/s	$t_n$ Sekunden	Summe Sekunden
1	41	16,66 — 5,16 = 11,5	$\sqrt{\frac{2 \cdot 11,5 \cdot 41}{107} + 1,2^2} = 3,20$	$\frac{2 \cdot 41}{3,20 + 1,2} = 18,64$	Spitze der letzten Weiche 75,31
2	21	11,50 — 3,8 = 7,70	$\sqrt{\frac{2 \cdot 7,70 \cdot 21}{107} + 3,2^2} = 3,64$	$\frac{2 \cdot 21}{3,64 + 3,20} = 6,14$	
3	24	16,66 — 5,16 = 11,5	$\sqrt{\frac{2 \cdot 11,5 \cdot 24}{107} + 3,64^2} = 4,29$	$\frac{2 \cdot 24}{4,29 + 3,64} = 6,05$	
4	21	11,5 — 3,8 = 7,7	$\sqrt{\frac{2 \cdot 7,7 \cdot 21}{21} + 4,29^2} = 4,63$	$\frac{2 \cdot 21}{4,63 + 4,29} = 4,71$	
5	43	16,66 — 5,16 = 11,5	$\sqrt{\frac{2 \cdot 11,5 \cdot 43}{107} + 4,63^2} = 5,54$	$\frac{2 \cdot 43}{5,54 + 4,63} = 8,45$	
6	21	— 5,16 — 3,8 = — 8,96	$\sqrt{\frac{-2 \cdot 8,96 \cdot 21}{107} + 5,54^2} = 5,12$	$\frac{2 \cdot 21}{5,12 + 5,54} = 3,94$	
7	122	— 5,16	$\sqrt{\frac{-2 \cdot 5,16 \cdot 1,22}{107} + 5,12^2} = 3,79$	$\frac{1 \cdot 122}{3,79 + 5,12} = 27,38$	
8	21	— 5,16 — 3,8 = — 8,96	$\sqrt{\frac{-2 \cdot 8,96 \cdot 21}{107} + 3,79^2} = 3,29$	$\frac{2 \cdot 21}{3,29 + 3,79} = 5,93$	

## Gutläufer

1	41	16,66 — 4,9 = 11,76	$\sqrt{\frac{2 \cdot 11,76 \cdot 41}{107} + 1,2^2} = 3,23$	$\frac{2 \cdot 41}{3,23 + 1,2} = 18,51$	Spitze der letzten Weiche 73,45
2	21	11,76 — 3,8 = 7,96	$\sqrt{\frac{2 \cdot 7,96 \cdot 21}{107} + 3,23^2} = 3,68$	$\frac{2 \cdot 21}{3,68 + 3,23} = 6,08$	
3	24	16,66 — 4,9 = 11,76	$\sqrt{\frac{2 \cdot 11,76 \cdot 24}{107} + 3,68^2} = 4,34$	$\frac{2 \cdot 24}{4,34 + 3,68} = 5,98$	
4	21	11,76 — 3,8 = 7,96	$\sqrt{\frac{2 \cdot 7,96 \cdot 21}{107} + 4,34^2} = 4,68$	$\frac{2 \cdot 21}{4,68 + 4,34} = 4,66$	
5	43	16,66 — 3,8 = 11,76	$\sqrt{\frac{2 \cdot 11,76 \cdot 43}{107} + 4,68^2} = 5,60$	$\frac{2 \cdot 43}{5,60 + 4,68} = 8,37$	
6	21	— 4,9 — 3,8 = — 8,70	$\sqrt{\frac{-2 \cdot 8,7 \cdot 21}{107} + 5,60^2} = 5,29$	$\frac{2 \cdot 21}{5,29 + 5,60} = 3,86$	
7	122	— 4,9	$\sqrt{\frac{-2 \cdot 4,9 \cdot 1,22}{107} + 5,29^2} = 4,10$	$\frac{2 \cdot 122}{4,10 + 5,29} = 25,99$	
8	21	— 4,9 — 3,8 = — 8,70	$\sqrt{\frac{-2 \cdot 8,70 \cdot 21}{107} + 4,1^2} = 3,80$	$\frac{2 \cdot 21}{3,80 + 4,10} = 5,32$	

Abrollanlage mit parabolischem Längsschnitt zum selbsttätigen Ablauf der Wagen zu wählen sein, damit die großen Kosten der Abdrücklokomotiven gespart werden. Für die Berechnung des Längsschnittes empfiehlt es sich, auf die Berücksichtigung der elastischen Verformung des Zuges, d. h. auf die Speicherung der Längskräfte durch die Zusammendrückung der Pufferfedern zu verzichten, da bei der Verwendung harter Puffer mit großer Vorspannung (z. B. von Hülsenpuffern mit Ringfedern und 4,5 t Vorspannung) und bei den verhältnismäßig kurzen Zügen die Zusammendrückung der Pufferfedern und daher die Kraftspeicherung nur gering ist. Die Gleichung\*) dieser Ablauflinie ergibt schnell die für den Längsschnitt maßgebenden Werte. Sie lautet:

$$y = \frac{x(x \cdot e + f)}{gx + h} \text{ mit } e = d \cdot w_e,$$

\*) Siehe 10. Sonderheft der Studiengesellschaft für Rangier-  
technik. Verkehrstechn. Woche. 31. Jahrgang. Berlin im März 1937,  
Seite 12.

$$f = 4 L_w \left[ \frac{V_e^2}{2g} + l_a \cdot w_a + (l_v - l_u) w_e \right],$$

g = 2 d und h = l\_v · l\_w und den Zahlenwerten für den  
zweiachsigen Personenwagen,  
d = 0,05 m (mittlere Pufferlücke bei den an den Trennungs-  
stellen lang gemachten Kupplungen),  
w\_e = 5,16 kg/t (ermäßigter Anlaufwiderstand nach dem  
Durchlaufen eines Anrückweges von l\_a = 0,5 m, gleich  
dem Widerstande des Schlechtläufers bei tiefer Tempe-  
ratur),  
w\_a = 9,05 kg/t (mittlerer Anlaufwiderstand bei tiefer Tempe-  
ratur),  
L\_o = 13,92 m (Länge des zweiachsigen Wagens),  
l\_a = 0,5 m (Anrücklänge der Ermäßigung des Anlaufwider-  
standes),  
l\_v = 1,00 m (Anlauflänge, an deren Ende die Geschwindig-  
keit v\_1 erreicht sein soll),  
V\_t = 0,25 m/s (Anlaufgeschwindigkeit nach einem Weg l\_v),

$$g' = 9,4 \text{ m/s}^2 \text{ (berichtigte Endbeschleunigung eines Wagens von 20 t Gewicht),}$$

$$e = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 5,16}{1000} = \frac{0,516}{1000}$$

$$f = 4 \cdot 13,92 \left[ \frac{0,25^2}{2 \cdot 9,4} + \frac{0,5 \cdot 9,05}{1000} + \frac{(1,00 - 0,5) \cdot 5,16}{1000} \right] = 0,582,$$

$$g = 2 \cdot 0,05 = 0,10, \quad h = 4 \cdot 1,00 \cdot 13,92 = 55,68,$$

$$y = \frac{z(0,516z + 582)}{100z + 55680}$$

In den Abb. 3 und 4 ist der dieser Gleichung entsprechende Längenschnitt punktiert dargestellt. Bei der praktischen Ausführung wird es sich empfehlen, von der Ordinate 0,404 zur Abszisse 40 m nach dem Ende der Rampe zu ein stärkeres Gefälle etwa  $12\frac{0}{100}$  (1:83,3) einzulegen, damit auch ein sehr schlechter Läufer, der am Ende steht, in Bewegung gerät und abläuft (Länge der Rampe  $\frac{0,404}{12} = 33,7 \text{ m}$ ).

Sobald eine größere Anzahl von Einfahrgleisen vorhanden ist, wird es nicht möglich, nur Zulaufbremsen anzuordnen, für jedes Gleis eine, da der Höhenverbrauch zu groß wird. Man wird Zulaufbremsen in kleiner Zahl, bei Doppelablauf vier, sonst zwei Zulaufbremsen, damit immer schon ein Zug in einer Zulaufbremse steht, ehe der vorhergehende ganz abgelaufen ist, und ununterbrochener Wagenablauf möglich wird) kurz vor dem Ablaufpunkt und dahinter in jedem Gleis eine Haltebremse anwenden müssen, eine sehr kostspielige Anordnung angesichts des hohen Preises der Balkenbremsen. Ein Ausweg bietet sich insofern, daß an der Stelle der Haltebremse der Zug durch Anziehen der Bremsen der letzten beiden Wagen oder durch Hemmschuhe mit entfernbarem Bock (Bauart Minssen, Erler, Thyssenbütte oder Hafenbetriebsgesellschaft m. b. H., Wanne-Herne) festgehalten wird, nach Lösen der handbedienten Bremsen oder nach der Entfernung des Bockes über die Sohle, die fest auf der Schiene liegen bleibt, abrollt und in der Zulaufbremse bis zum weiteren Ablauf gestellt wird. Die Haltekraft eines gebremsten 20 t-Wagens kann zu 2,9 bis 4,00 t, einer hemmschuhgebremsten Achse zu 1,45 bis 2,00 t, die Längskraft (Schubkraft eines solchen Wagens auf dem Abrollrücken mit einem Durchschnittsgefälle von  $8\frac{0}{100}$  (1:125) zu  $\frac{20(8-2,6)}{1000} = 0,1 \text{ t}$  angenommen werden. (Über Anlage von

Halte- und Zulaufbremsen sowie die Berechnung der Bremsleistung siehe 10. Sonderheft der Studiengesellschaft für Rangiertechnik, Verkehrstechnische Woche, 31. Jahrgang, März 1937, Anhang: Grundsätze für die Ermittlung der günstigsten Neigung auf Gefällbahnhöfen, Seite 17 u. f.)

Bei jeder bedeutenden Bahnhofsanlage ist eine größere Anzahl von Einfahrgleisen notwendig, die ganz verschieden lang sein können, von 200 m und darunter bis 400 m. Die Gleisentwicklung bringt es mit sich, daß die kurzen Gleise vom Ablaufpunkt aus gesehen weiter nach hinten liegen. Bei einer Abrollanlage müssen auch diese kurzen Gleise den für sie erforderlichen Längenschnitt erhalten, damit das Abfließen bestimmt eintritt. Daraus wird unter Umständen ein gebrochener Längsschnitt entstehen, wie in den Abb. 3 und 4 angedeutet ist.

## 6. Bremsen.

Die Regelung der Geschwindigkeit muß mit Rücksicht auf den Wert der Wagen und ihrer Ausstattung sehr sorgfältig und sanft erfolgen. Namentlich auf die Laufzielbremsung ist besonders zu achten, damit am Schluß des Ablaufs eine Haltbremsung nicht notwendig wird, aber auch unter keinen Umständen ein Abfließen auf stehende Wagen mit unzulässiger Geschwindigkeit, also mit weniger als 1 m/s, stattfindet. Eher ist eine Lückenbildung in Kauf zu nehmen. Es muß in zwei Staffeln gebremst werden, in einer Talbremse am Ende der

Rampe und in einer Laufzielbremse hinter den Verteilungswweichen der Ablaufzone. Die Talbremse wird immer eine Balkenbremse sein, die Laufzielbremse eine ferngesteuerte Hemmschuhbremse, bis die Industrie eine leichte, billige Balkenbremse ohne Gewichtsautomatik herausgebracht haben wird.

Die Talbremse wird zur Vergrößerung der Sicherheit im Ablaufbetriebe so zu bemessen sein, daß sie einen Wagen oder eine Wagengruppe auf Halt bremsen kann, obwohl dies grundsätzlich nur von der Summe der Bremskraft der Talbremse und der Laufzielbremse zu fordern ist. Bei Verwendung einer Thyssen-(Frölich-)Bremse wird zur Erzielung einer möglichst sanften Bremsung empfohlen, die Bremse in größerer Länge als sonst üblich zu bauen und nicht ein Drittel, sondern einen geringeren Teil des in der Bremse wirksamen Achsgewichtes in Bremskraft umzusetzen. Auch die Wirbelstrombremse kann in Frage kommen, da sie ein besonders ruhiges, sanftes Bremsen gewährleistet und die Wagen auf einem fest gelagerten Gleis durchrollen läßt, wenn auch höhere Bau- und Betriebskosten entstehen.

Die größte Geschwindigkeit, die ein im graden Gleis ohne Gleiskrümmungen durchlaufender vierachsiger Wagen am Fuße des Ablaufberges erreicht, beträgt

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot (16,66 - 2,33 - 0,33) \cdot 150}{107} + 1,2^2} = 6,4 \text{ m/s}$$

und die Bremsleistung bei einer Haltbremsung dieses 45 t schweren Wagens  $\frac{45}{1000} \left( \frac{6,4^2 \cdot 1000}{2 \cdot 9,4} + 16,60 \cdot 15 \right) = 110 \text{ tm}$  oder je Achse 27,5 tm. Bei dem zweiachsigen Wagen, mit einem Gewicht von 20 t, ist

$$V = \frac{20}{1000} \left( \frac{6,4^2 \cdot 1000}{2 \cdot 9,4} + 16,66 \cdot 15 \right) = 48,8 \text{ tm}$$

oder je Achse 24,40 tm, wobei die Nutzlänge der Bremse zu 15 m angenommen ist. Es genügt, die Talbremse nach der halben Bremsleistung, die die Haltbremsung des vierachsigen Wagens erfordert, zu bemessen, da die Bremskraft an vier Achsen wirksam wird gegenüber zweien am zweiachsigen Wagen.

Für die Laufzielbremsung ist die Verwendung einer Hemmschuhbremse nicht zu beanstanden, da der Stoß, den die Wagen beim Auflaufen auf den Hemmschuh angeblich erleiden, auch für Wagen mit Personenwagenachslagern, deren Lagerschalen weniger weit um den Achsschenkel herumgreifen als bei den Güterwagen, unschädlich ist. Von der Kraft, die bei dem Auflaufen in Frage kommen kann, läßt sich durch die Überlegung eine Vorstellung gewinnen, daß dies die Kraft ist, die den Hemmschuh auf die Geschwindigkeit der heranrollenden Achse zu beschleunigen hat. Ihre Größe hängt von der Zeit ab, in der die Beschleunigung eintritt. Sie wird auf  $\frac{1}{10}$  Sek. geschätzt, ein Zeitmaß, in der sich das Rad von der Spitze des Hemmschuhes bis zum Bock bewegt (bei einer Länge des Hemmschuhes von 0,4 m und einer Wangengeschwindigkeit von  $4 \text{ m/s}$   $\frac{0,4}{4} = 0,1 \text{ Sek.}$ ). Die Kraft beträgt  $P = \frac{m \cdot dv}{dt} = \frac{6}{9,81} \cdot \frac{4}{0,1} = \text{rund } 24 \text{ kg}$  und wird verringert mit der abnehmenden Wangengeschwindigkeit. Eine so kleine Kraft, die gegenüber den bremsenden Kräften jeder Bremsung fast verschwindet, dürfte auf das Untergestell, Achsbuchshalter und Gehäuse, den Wagenkasten und die Ausrüstung keinen gefährlichen Einfluß ausüben können. Auch die Verzögerung bleibt gering, da niemals auf Halt gebremst wird, und daher der letzte Anstieg von  $\mu$  bis auf 0,37 kurz vor dem Halt unterbleibt. Um flache Stellen in dem Radreifen des freien Rades einer mit Hemmschuh gebremsten Achse zu verhindern, empfiehlt es sich, Maßnahmen zur Vergrößerung der Schienenreibung an dem hemmschuhfreien Rade zu treffen, etwa durch Anordnung einer inneren

Zwangsschiene, die durch Federn an den Radkranz gedrückt wird, damit die Achse auch nach dem Auflaufen möglichst lange im Rollen bleibt. Im übrigen sei nochmals hervorgehoben, daß schädliche Rangierstöße, die beim Rangieren über Ablaufberge besonders häufig vorkommen sollen, mit dem Bremsmittel, namentlich dem Hemmschuh, nichts zu tun haben. Die gegenteilige Ansicht scheint an manchen Stellen immer noch ausrottbar zu sein. Die sogenannten Rangierstöße werden durch das Auflaufen von Wagen auf stillstehende hervorgerufen und stehen mit dem benutzten Bremsmittel, dem Hemmschuh höchstens in dem Zusammenhange, daß es schlecht angewendet wurde.

Die Hemmschuhbremse hat den Nachteil, daß sie, namentlich bei Gruppenabläufen, sehr lange Bremswege erfordert. Besser am Platze wäre eine kurze, leichte Balkenbremse, die auch einseitig sein kann, dann aber bei einseitig wirkender Bremskraft keine Überbeanspruchung des Fahrzeugetrahmens hervorrufen darf. Da die Gewichte der Personenwagen wenig voneinander abweichen (der Wagen mit zwei Drehgestellen rechnet als zwei Wagen), kann auf die Gewichtsautomatik, d. h. auf die Begrenzung der Bremskraft durch das Gewicht des Wagens zur Vereinfachung der Bremse verzichtet und die Bremskraft von vornherein ein für allemal unveränderbar festgelegt werden, wobei die Bremswirkung durch die Bremsdauer zu begrenzen sein wird. Es wäre sehr erwünscht, wenn die Industrie eine solche leichte, kurze und billige Bremse herausbrächte. Vielleicht lohnt es sich, auf frühere Vorschläge zurückzugreifen, z. B. auf die elektromagnetische Rangierbremse (Bremschuh), die seinerzeit von der Studiengesellschaft für Rangiertechnik nicht ungünstig beurteilt worden ist\*).

### 7. Der Zwangsablauf.

Die beim freien Ablauf von Personenwagen wegen der günstigen Widerstandsverhältnisse sich ergebenden geringen Geschwindigkeiten lassen sich noch unterschreiten bei Anwendung des Baselerischen Zwangsablaufs in der Zerlegung der Züge, ohne daß eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage eintritt\*\*).

Die aus den Einfahrgleisen bei der Aufteilung des eingefahrenen Zuges kommenden Wagen oder Wagengruppen werden mittels eines Seilwagens, der mit zwei ausschwenkbaren Armen den Achshalter des zu bewegenden Wagens umfaßt, an ein endloses Seil gekuppelt und durch dieses in gleichmäßiger Geschwindigkeit und in unveränderlichem Abstände ein Stammgleis entlanggeführt, aus dem in den hintereinanderliegenden Weichen ein Gleis der Aufnahmegruppe nach dem anderen abzweigt. Aus dem Ablauf wird der Einfluß der Witterung (normale oder tiefe Temperatur) und der unterschiedlichen Widerstandsgrößen des Gutläufers und des Schlechtläufers ausgeschaltet. Beschleunigung und Bremsung verschwindet. Die Zerlegung des Zuges geht bei dem Fehlen jeder Geschwindigkeitsänderung mit der denkbar größten Sicherheit vor sich. Nur am Beginn der einzelnen Aufnahmegleise wird unter Umständen eine Laufzielbremse notwendig.

Die Zuführungsgeschwindigkeit und damit die Leistungsfähigkeit ist beim Zwangsablauf nicht geringer als beim freien Ablauf, und zwar mit der zu empfehlenden Mittelgröße von 1,25 m/s und der oberen Grenze von 1,5 m/s. Die Seilgeschwindigkeit kann mit 3 m/s angenommen werden. Damit wird für die sich folgenden Wagen ein mehr als ausreichender Raumabstand für die Umstellung der Weichen gewonnen, da Laufzeitunterschiede zwischen dem Schlechtläufer und dem Gutläufer nicht eintreten.

\*) Siehe Org. Fortschr. Eisenbahnwes. Jahrgang 1929, Heft 13, Seite 227 u. f.

\*\*) Siehe Verkehrstechn. Woche, Jahrgang 1940, Heft 32/33, Seite 215 u. f. „Zwangsablauf“ in dem Aufsatz Zoche, Sichtbeschränkungen im Ablaufbetriebe.

Die Hauptteile des Zwangsablaufs sind das umlaufende endlose Seil mit dem Antrieb am Ende des Stammgleises und dem Spannwerk am entgegengesetzten Ende, je einer Schiene für den belasteten Hinlauf und den leeren Rücklauf des Seilwagens, die untere (am Ende des Hinlaufs) und die obere (am Ende des Rücklaufs) Umkehrung des Seilwagens, die Einrichtung zur Verbindung des Seilwagens mit dem Eisenbahnwagen, die Kuppelung des Eisenbahnwagens durch den Seilwagen an das Seil und schließlich das Magazin, in dem die Seilwagen nach einmaligem Umlauf zwischen der oberen Seilumkehrung und der Verbindungsstelle des Seilwagens und Eisenbahnwagens für den wieder beginnenden Umlauf gesammelt und vorbereitet werden. Bedeutsam ist die Stelle, an der der Eisenbahnwagen durch den Seilwagen an das Seil gekuppelt wird. Unmittelbar vor ihr muß der Eisenbahnwagen durch besondere Einrichtungen von der Zulaufgeschwindigkeit auf die Seilgeschwindigkeit beschleunigt oder verzögert werden, damit beim Ankuppeln kein Stoß auftritt. Je nach den Einrichtungen, die dazu benutzt werden sollen, ist das Gefälle zwischen der Zulaufbremse oder dem Ablaufpunkt bei dem üblichen Abdrückbetrieb und der Kuppelstrecke zu wählen. Wird eine der üblichen Balkenbremsen oder eine selbsttätige Rampenbremse angewendet, die mit Vorrichtungen versehen ist, wie sie Professor Dr. Ing. Raab, Karlsruhe, für die selbsttätige Abstandsregelung erfunden hat, und die dem einzelnen Wagen für die Kuppelungsstelle eine bestimmte, dem Seil gleiche Geschwindigkeit aufzwingt, so muß das Gefälle so groß sein, daß die Geschwindigkeit des unbeeinflussten Wagens vor der Kuppelstrecke über der Seilgeschwindigkeit liegt, in unserem Falle etwa  $10\%_{00}$  (1:100), wobei der unbeeinflusste Gutläufer bei normaler Temperatur eine Geschwindigkeit von 5,2 m/s, der unbeeinflusste Schlechtläufer bei tiefer Temperatur eine solche von 4,1 m/s erreichen würde. Das Gefälle ist niedriger zu wählen, wenn den Geschwindigkeitsausgleich ein Beschleunigungsantrieb, ähnlich wie der von Pösentrup-Heinrich erfundene, jedoch mit Kraftübertragung nicht auf die Wagenachse sondern auf den mit dem Eisenbahnwagen inzwischen gekuppelten Seilwagen, bewirken soll, da die Geschwindigkeit des anrollenden Wagens unter der Seilgeschwindigkeit liegen muß, etwa bei 2,0 bis 2,5 m/s.

Zur Verminderung der erforderlichen Seilkraft und zum Ausgleich der Wagenwiderstände empfiehlt es sich, das Stammgleis (Randweichenstraße) in ein Gefälle zu legen, das nach einem mittleren Widerstandswert bei tiefer Temperatur und 80% Gutläufern zu bestimmen ist:

$$w_m = 4,31 \cdot 0,8 + 5,16 \cdot 0,2 = 4,5 \text{ kg/t}$$

also das Gefälle  $4,5\%_{00}$  (1:222,2) oder abgerundet  $5\%_{00}$  (1:200). Dieses Gefälle soll zusammen mit der Seilgeschwindigkeit dem am Seil geführten Eisenbahnwagen so viel lebendige Kraft geben, daß er beim Ausscheren aus der Gabel des Seilwagens unbedingt die Weiche durchläuft und sie freigibt. Die Erreichung dieses Zieles kann noch dadurch gefördert werden, daß die äußere Schiene des Stammgleises (der Randweichenstrecke) überhöht wird [etwa in der Neigung 10% (1:10)], wodurch das Durchfahren des Weichenbogens erleichtert wird.

Wie weit das Gefälle in die abzweigenden Gleise über die Weiche hinausgeführt werden soll, hängt von der geforderten Laufweite des Schlechtläufers ab. Daran schließt sich bis zum Gleisende eine geringes Gefälle an, das möglichst unter dem niedrigsten Laufwiderstande des Gutläufers liegt, etwa  $2\%_{00}$  (1:500) bis  $3\%_{00}$  (1:333), damit dieser nach dem Durchlaufen der Laufzielbremse nicht wieder beschleunigt wird.

### 8. Länge und Anzahl der Einfahrgleise.

Wenn nicht gerade Militärzüge berücksichtigt werden müssen, wird eine größte Zuglänge von etwa 400 m ausreichen. Ein Zug für 1000 Mann, wie er bei Aufmärschen üblich ist,

wird bei Verwendung von Ci-Wagen etwa folgende Größen aufweisen:

Anzahl der Plätze eines Wagens bei einer 0,8-Besetzung  
 $58 \cdot 0,8 = 46$

Anzahl der Wagen  $\frac{1000}{46} \dots = 22$

Gewicht der Wagen  $2 \cdot 20 \dots = 440 \text{ t}$

Belastung  $\frac{46 \cdot 75 \cdot 22}{1000} \dots = 76 \text{ ,,}$

Personenzuggepäckwagen  $\dots = 13,6 \text{ t}$

Gesamtgewicht  $532,6 \text{ t}$

2 Lokomotiven  $2 \cdot 23 \dots = 46 \text{ m}$

22 Wagen  $22 \cdot 13,92 \dots = 332 \text{ ,,}$

Gepäckwagen  $\dots = 13 \text{ ,,}$

Gesamtlänge  $391 = \text{rund } 400 \text{ m.}$

Auch für jeden D-Zug wird diese Länge völlig ausreichen, da zwei Lokomotiven und 16 Wagen (Wagenlänge über den Puffern 21,72) mitgeführt werden können, was wohl wegen des hohen Wagengewichtes niemals eintreten wird.

Daneben wird immer eine größere Anzahl von kürzeren Zügen, von etwa 200 m Länge und weniger, vorhanden sein, so daß es sich empfiehlt, die Einfahrgleise abzustufen. Falls eine Abrollanlage erstellt werden soll, müssen auch die kürzeren, weiter nach oben liegende Gleise den für sie erforderlichen Längenschnitt erhalten, damit das Anlaufen der Wagen gesichert ist. Es wird dann unter Umständen ein gebrochener Längenschnitt entstehen, wie er in Abb. 1 angedeutet ist.

Die Anzahl der Einfahrgleise wird durch die Zugzahl und die Behandlungsdauer des einzelnen Zuges nach der Einfahrt also durch die Aufenthaltsdauer im Einfahrgleis bestimmt. Zu berücksichtigen ist nicht der Tagesdurchschnitt, sondern im Tage die Stunden der stärksten Betriebsbeanspruchung. Ist die Zahl der Züge  $Z$  in dieser Zeit der stärksten Belastung, (der dichtesten Zugfolge), die  $T$  Minuten andauere, und die Aufenthaltsdauer eines Zuges  $t$  Minuten, so ist die Zahl der Einfahrgleise  $n = \frac{z \cdot t}{T}$ . Denn in der Zeit  $T$  kann ein Gleis

$\frac{T}{t}$ -mal besetzt werden; es muß also  $n \cdot \frac{T}{t} = z$ , woraus sich der Wert von  $n$  ergibt. Dazu ist ein kleiner Zuschlag von ein bis zwei Zügen zu machen, um eine noch etwa eintretende weitere Zusammenballung von Zügen zu berücksichtigen.

Falls die Notwendigkeit vorliegt, zwei Züge gleichzeitig ablaufen zu lassen, um die eingelaufenen rechtzeitig zu behandeln, sind zwei Gleise über die Rampen des Ablaufberges zu führen mit entsprechender Ausgestaltung der Weichenverbindungen.

### 9. Die Aufnahmegruppe.

Die Gleisgruppe, in der die vom Ablaufberg anrollenden Wagen der zerlegten Züge aufgenommen werden, im folgenden Aufnahmegruppe genannt, richtet sich, was Gesamtanlage, Zahl und Länge der Gleise anbelangt, zunächst nach dem beabsichtigten Betriebe. Für die Ausgestaltung des Gefalles gilt das am Schluß des Zwangsablaufs Gesagte.

Während es sich bei der Güterzugbildung darum handelt, aus einer Anzahl eingelaufener Züge und den Ortswagen neue Züge zu bilden, sind bei der Bildung der Reisezüge die eingelaufenen Züge zunächst von den Wagen zu betreiben, die nach dem Zugbildungsplane nicht in den Zug hineingehören, wie außerplanmäßige Verstärkungswagen, ferner die Wagen, die eine besondere Behandlung erfordern, wie Schlaf- und Speisewagen, Postwagen, Eilgut-, Expreßgutwagen und sonstige Güterwagen und schließlich Schad- und Untersuchungswagen. Sodann sind die einzelnen Wagen an die vorgeschriebenen

Plätze im Zuge zu bringen. Grundsätzlich bleiben also die Wagen (Stammwagen) in dem Zuglaufe, in den sie einmal eingestellt sind, bis sie wegen einer fälligen Untersuchung oder einer Ausbesserung dem Ausbesserungswerk zugeführt werden müssen.

Es ist auch eine andere Betriebsart möglich, indem die eingelaufenen Züge nach der Gattung und Art der Wagen vollständig zerlegt werden und so jeder Zug von Grund aus neu zu bilden ist. Die Wagen kommen also nicht wieder in denselben Zug.

Welche Arbeitsweise im einzelnen Falle anzuwenden ist, bedarf eingehender Untersuchung. Grundsätzlich dürfte der Gesichtspunkt maßgebend sein, daß dem Verfahren der Vorzug zu geben ist, das die geringste Rangierarbeit erfordert, und das wird in der Regel das zuerst genannte Verfahren sein. Die völlige Zerteilung des Zuges wird sich nur in ganz besonders gearteten Fällen empfehlen, es sei denn, daß aus wagenwirtschaftlichen Gründen eine gleichmäßigere Benutzung der Wagen erzielt werden soll. Der Gleisbedarf der Aufnahmegruppe wird durch die Anzahl der Wagenarten und ihrer Wagenmengen bestimmt mit Hinzurechnung ausreichender Verstärkungs- und Reservewagen.

Im folgenden soll nur das zuerst erwähnte Verfahren berücksichtigt werden. Die Aufnahmegruppe wird zunächst aus einer Anzahl von Gleisen für die Stammwagen bestehen (möglichst für jeden Zug ein Gleis). Ihre Anzahl richtet sich ähnlich wie bei der Einfahrgleisgruppe nach der Anzahl der in einem bestimmten Zeitraum zu behandelnden Züge und der Zeitdauer der Bildung des neuen Zuges. Dazu kommen je ein oder mehrere Gleise, entsprechend der zwischen zwei Bedienung anfallenden Menge der Schad- und Untersuchungswagen, ferner der Wagen, die außerplanmäßig als Verstärkungswagen liefern, sodann der Wagen, die eine besondere Behandlung an anderer Stelle im Bahnhof erfahren sollen, wie Speise- und Schlafwagen, der Wagen, die nach anderen Bahnhöfen oder Bahnhofsteilen zu überführen sind, wie Post-, Eilgut-, Expreßgut- und sonstige Güterwagen, und schließlich der Wagen, die eine andere Stelle im Zuge erhalten sollen, wie Pack-, Kurs- und Heizwagen.

Grundsätzlich kann, im Gegensatz zur Bildung der Güterzüge, sofort nach der Zerteilung des Zuges mit der Umbildung begonnen werden, vorausgesetzt, daß die Zugbildungsgruppe aufnahmefähig ist. Aufnahmegruppe und Zugbildungsgruppe stehen immer in einem klaren Verhältnis zueinander. Je kleiner die eine, um so größer muß die andere sein.

Wenn nach der Anlage des Ablaufberges und der Ausgestaltung der Weichenzone die Möglichkeit besteht, daß zwei Züge gleichzeitig ablaufen können, so muß die Aufnahmegruppe symmetrisch in zwei Hälften die nötige Anzahl der Gleise enthalten und dazu wahrscheinlich auch noch eine doppelte Verbindung nach der Zugbildungsgruppe, damit auch hier gleichzeitig zwei Züge gebildet werden können.

Mit der Aufnahmegruppe ist folgerichtig eine Anzahl von Gleisen zu verbinden, die zur Aufstellung von Wagen für außergewöhnliche Verstärkung und für den Ersatz der wegen Beschädigungen oder der fälligen Untersuchung ausgeschiedenen Wagen dienen. Die Wagen sind womöglich nach Gattung und Art zu trennen. Die Aufstellgleise finden ihren zweckmäßigsten Platz an den Außenseiten der Aufnahmegruppe, oder sie werden aus dem Verbindungsgleis zwischen Aufnahme- und Zugbildungsgruppe abgezweigt. Diese Verknüpfung von Aufnahmegruppe und Aufstellgleisen empfiehlt sich zur Beschleunigung und Erleichterung der Zusammenstellung der neuen Züge in der anschließenden Zugbildungsgruppe.

Die bauliche Ausgestaltung der Aufnahmegruppe und der mit ihr verbundenen Gleisen, namentlich was die Gleisentfernung anbelangt, hängt davon ab, wie die einzelnen Wagen

oder Wagengruppen aus ihren Gleisen nach dem Zugbildungs-gleis gebracht werden sollen. Besorgt dieses Geschäft eine normale Lokomotive, indem sie unter Benutzung des Zugbildungs-gleises als Ausziehgleis, auf dem der zu bildende Zug später aufgestellt werden soll, die Wagen nacheinander in der vom Zugbildungsplan vorgeschriebenen Reihenfolge vorzieht, so braucht die Gleisentfernung das vorgeschriebene Maß von 4,5 m bis 4,75 m nicht zu überschreiten. Im übrigen hätte diese Lokomotive auch die Wagen, die beim Ablauf zu früh stehengeblieben sind, nach hinten abzuziehen. Bei diesem Verfahren werden die Wagen sehr geschont, da sie immer von einem Treibfahrzeug bewegt werden, niemals frei laufen und bei sorgfältigem Arbeiten weder auflaufen noch zusammenstoßen. Es hat den Nachteil, daß die Rangierabteilung mit dem fortschreitenden Zusammenholen der Wagen immer länger und schwerfälliger wird. Das Abziehen der einzelnen Zugteile aus den verschiedenen Gleisen erfordert ein fortgesetztes Vorziehen und Zurückdrücken und verbraucht viel Zeit.

Ein anderes Verfahren, das den amerikanischen Gedanken des Rangierens mit dem Stoßbaum in abgeänderter Form wieder aufleben läßt und verschiedene von anderer Seite stammende Vorschläge verwertet, ist in folgender Form denkbar: Innerhalb der Aufnahmegruppe werden die Gleise immer paarweise zusammengefaßt. Die Gleisentfernung eines solchen Paares muß mindestens so groß sein, daß ein regelspuriges Gleis dazwischen geschaltet werden kann. Da diese Anschlußweiche zwischen den Weichen des Gleispaars Platz finden soll, so müssen die Knotenpunkte dieser letzteren Weichen um die doppelte Länge der zu verwendenden Weichen auseinander liegen. Die Gleisentfernung hängt am Anfange von der Weichenlänge und dem Weichenwinkel ab. Die Reichsbahnweiche 49 — 190 — 1:9 hat eine Länge von 27,139 m, der Anfangsgleisabstand muß also  $\frac{2 \cdot 27,138}{9} = 6,031$  m betragen. Weiter-

hin kann er dann auf das kleinste Maß von 5,03 m (Breite eines gewöhnlichen Radsatzes von Außenkanten zu Außenkante zuzüglich dem Abstand des Regellichtraumes von der Gleismitte in der unteren Stufe  $(1,360 + 2 \cdot 0,135 + 2 \cdot 1,70 = 5,03)$ ) abnehmen. Die übrigen Gleisentfernungen können die Regelmaße 4,50 m oder 4,75 m aufweisen. Nach oben endet das Zwischen-gleis stumpf. Die zwischengeschalteten Gleise sind auf den Gleisplänen der Abb. 1 und 2 punktiert angedeutet.

Auf diesem Gleis bewegt sich ein regelspuriges Fahrzeug, das nach der Reihenfolge des Zugbildungsplanes die Wagen oder Wagengruppen nach dem Zugbildungs-gleis stößt oder die oben zu früh stehengebliebenen Wagen nach unten schiebt. Ein Vorziehen und Zurückdrücken von Rangierabteilungen wird vermieden. Nur das Rangiermittel muß hin- und herfahren.

Das Rangierfahrzeug selbst kann ein Speichertriebwagen oder ein Triebwagen mit Verbrennungsmotor, am besten wohl eine dieselektrische Speicherlokomotive sein, vorausgesetzt, daß in dem engen, niedrigen, zur Verfügung stehenden Raum der Speicher und der Maschinensatz sich einbauen lassen. Der Regellichtraum des Gleispaars muß freigelassen werden. Die Zug- oder Stoßkraft wird je nach dem örtlichen Bedarf so zu bemessen sein, daß ein halber Zug von 275 t oder ein doppelt so schwerer ganzer Zug bewegt werden kann. Ein Zug von 550 t erfordert einschließlich einer Anfahrbeschleunigung von  $0,08 \text{ m/s}^2$  eine Zugkraft von  $\frac{550}{1000} \left( 5,16 + \frac{1000 \cdot 0,08}{9,4} \right) = 8,00$  t, die schon von einem zweiachsigen Fahrzeug mit 20 t Reibungsgewicht je Achse geleistet wird ( $40 \cdot 0,2 = 8,00$  t). Die Ausbildung der Stoßvorrichtungen wird große Schwierigkeiten machen, da das stoßende Fahrzeug zu dem gestoßenen verschiedene Stellungen einnehmen kann. Zunächst stehen beide in parallelen Gleisen mit gleichbleibendem Abstand der Angriffspunkte nebeneinander. Von der Weiche ab und in der

Weichenstraße verschieben sich die Angriffspunkte gegeneinander, bis schließlich das stoßende Fahrzeug hinter dem zu bewegenden Wagen steht und die Stoßkraft auf beide Puffer übertragen wird. Der Aufbau muß schließlich so gestaltet werden, daß bei einer Kraftwirkung auf beide Puffer eine Kupplung der Wagen mit dem stoßenden Fahrzeug möglich ist. Vorschläge für die bauliche Ausbildung eines solchen Fahrzeuges liegen nicht im Rahmen dieses Aufsatzes\*). Wahrscheinlich wird eine Verbindung von Stoßbaum und ausschwenkbaren Armen in Frage kommen. Die Arbeitsgeschwindigkeit wird bei Übertragung der Kraft durch einen Puffer höchstens 1 m/s (3,6 km/h) betragen dürfen, um schädliche Auflaufstöße zu vermeiden, da eine Geschwindigkeitsregelung des gestoßenen Wagens vom Treibfahrzeug aus nicht möglich ist. Bei Benutzung beider Puffer und Kupplung der Wagen mit dem Rangiermittel wird die obere Geschwindigkeitsgrenze bei 2,5 m/s (9 km/h) liegen dürfen, dies unter der Voraussetzung schneller und starker Bremsmöglichkeit. Ohne Belastung dürfte gegen Geschwindigkeiten von 4 bis 5 m/s (14 bis 18 km/h) nichts einzuwenden sein.

Auf den Abb. 1, 2, 3 und 4 sind Gleispläne der Ablaufanlage und der Aufnahmegruppe einschließlich der Weichenverbindungen nach der Zugbildungsgruppe mit den zugehörigen Längsschnitten skizzenhaft dargestellt, und zwar für einen Flachbahnhof und für einen Bahnhof mit Zwangsablauf, beide mit einer Abrollanlage in den Einfahrgleisen. Sollte statt dessen der übliche Abdrückbetrieb aus bestimmten Gründen zweckmäßiger sein, so wären die Einfahrgleise bis zum Gefälle, das die Talbremsen oder die Rampenbremsen enthält, waagrecht oder schwach geneigt, ja sogar steigend anzuordnen sein, je nach den örtlichen Verhältnissen. Bei den Gleisskizzen, die immer eine Hälfte des Bahnhofs darstellen, ist angenommen, daß gleichzeitig zwei Züge ablaufen und gebildet werden können.

#### 8. Die Gleisgruppen für Zugbildung, Reinigung und Bereitstellung.

Aus den in den Gleisen der Aufnahmegruppe stehenden Wagen ist der neue Zug zusammenzusetzen, zu reinigen, mit Betriebsstoffen zu versehen und nach Einfügung der Sonderwagen zur Abfahrt nach dem Personenbahnhof bereitzustellen. Für die Bau- und die Betriebskosten ist es von größter Bedeutung, ob und wie die Gleise, in denen diese Arbeiten vorgenommen werden, also die Gruppen der Zugbildung, der Reinigung mit den Wagenschuppen und der Betriebsstoffversorgung, die Gruppe der Aufstellung der fertigen Züge und ihrer Vereinigung mit den Schlaf-, Speise-, Post-, Eilgut- und Expressgutwagen miteinander zusammengefaßt oder gegeneinander abgegrenzt werden. Die Verselbständigung dieser Gruppen und ihre Hintereinanderschaltung kann, wenn es sich nicht um ganz große Betriebsverhältnisse handelt, zu einem allzu umfangreichen Gleisbedarf und überhöhten Betriebskosten führen.

Es wird stets zu untersuchen sein, ob nicht in den Zugbildungs-gleisen ohne wesentliche Betriebsbehinderung zum Teil die Reinigung und Versorgung im Freien vorgenommen werden kann und ob nicht nur ein Teil der Züge, namentlich nur die D- und Eilzüge, durch die Wagenschuppen geführt werden müssen. Es ergäbe sich dann eine gewisse Zusammenlegung der Zugbildungs- und Reinigungsgleise zu einer Gruppe, an die die Wagenschuppen so anzuschließen wären, daß die bereits behandelten Züge außen um die Wagenschuppen nach den Ausfahrgleisen gebracht werden können. Hier werden die oben erwähnten Sonderwagen und sonstige Güterwagen z. B. Leichenwagen zugestellt, soweit dies früher, etwa bei Speisewagen oder Schlafwagen z. B. im Reinigungsschuppen, ge-

\*) Siehe Witte, Friedrich, im „Voraus“, Jahrgang 1940, Heft 19, von dem der Verfasser nachträglich Kenntnis erhielt.

schehen ist. In den Ausfahrgeleisen werden auch die letzten Untersuchungen des Zuges (Bremsen, Kupplungen) durchgeführt.

Neben diesen, dem regelmäßigen Verkehr dienenden Anlagen sind noch Gleise für die Aufstellung von Bereitschafts- und Reservewagen und zur Bildung von Sonderzügen notwendig, in gutem Zusammenhange mit den Ausfahrgeleisen nach dem Personenbahnhof.

Der Vollständigkeit wegen sei noch erwähnt, daß Gleise und Einrichtungen für die Pflege und Versorgung der Mitropawagen (Speise- und Schlafwagen) nicht fehlen dürfen, im Zusammenhange mit den übrigen Eisenbahnanlagen hergerichtet, mit guten schienenfreien Zugängen von der Außenwelt zum Verkehr mit den Lieferanten.

### 9. Schlußwort.

Wie die baulichen Anlagen und Gleise eines neuzeitlichen Zugbildungsbahnhofs für Reisezüge mit seinen vielen Bedürf-

nissen zu einem sinnvollen Ganzen zu gestalten sind, wie namentlich durch Einschaltung einer Wendekurve in die Reihenfolge der Gleisgruppen die Überleitung von der Einfahrt in die Ausfahrt ohne Rückwärtsbewegung und Richtungsänderung (Kopfmachen) erstrebt wird, geht über den Rahmen unseres Aufsatzes hinaus. Jedenfalls wird aus den vorstehenden Untersuchungen der Schluß zu ziehen sein, daß auch bei der Bildung von Reisezügen manche Mechanisierung der Rangieranlagen möglich ist. Die eine oder andere der angeführten Zahlen wird vielleicht nicht mehr ganz richtig sein; dem gewollten Sinn der Ausführungen wird hoffentlich dadurch kein Abbruch getan.

Bemerkung. Abb. 1 auf Tafel 2: Gefälle der Aufnahme- gruppe  $2\text{‰}$  (1:500). Abb. 2 auf Tafel 2: Zwischen Seilwagen- magazin und Kuppelstrecke fehlt Bedienungsstand. Bezüglich des Zwischengleises siehe Leibbrand, Verkehrstechn. Woche 1938, Seite 113 u. ff.

## Rundschau.

### Neuere Lokomotiven der Elsaß-Lothringischen Eisenbahnen.

Die Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen haben wie das Land selbst eine wechselvolle Geschichte hinter sich. Die ersten Strecken Mühlhausen—Thann und Straßburg—Basel wurden als Privatbahnen gebaut und bildeten später einen Bestandteil der französischen Ostbahn-Gesellschaft. Als die beiden Gaue mit dem Frankfurter Frieden des Jahres 1871 ins Reich heimkehrten, übernahm dieses die auf ihrem Gebiet liegenden Strecken in eigene Verwaltung, während der gesamte Lokomotiv- und Wagenpark an die Ostbahn-Gesellschaft zurückgegeben wurde. Daher mußten von der deutschen Verwaltung neue Fahrzeuge beschafft werden, was zu einer großen Vielfältigkeit der Bauarten bei den neuen Reichseisenbahnen führte.

Die Entwicklung des Lokomotivparkes der Bahnen unter der deutschen Verwaltung von 1871 bis 1918 ist im zweiten Bande der „Entwicklung der Lokomotive im Gebiet des VMEV.“ (Verlag

gelangten neben zahlreichen ehemals preußischen Lokomotiven als Gattung S 9 Bahn Nr. 982 bis 986 auch fünf Stück  $2\text{C}n4v$  S-Lokomotiven der bayerischen Reihe S  $3/5$  auf das Netz.

Als Gattung S 14 Bahn Nr. 1301 bis 1350 wurde sodann die  $2\text{C}1h4v$  S-Bauart der französischen Staatsbahn beschafft. Diese Maschine besitzt Plattenrahmen, Triebwerk nach de Glehn und einen Kessel mit trapezförmigen Rost.

Ihre Hauptabmessungen sind:

$$\text{Tr} = 2 \times \frac{420}{640} / 650 / 1940 \text{ mm}; \quad \text{R} = 4,27 \text{ m}^2; \quad \text{Hf} = 211,97 \text{ m}^2; \\ \text{Hü} = 63,5 \text{ m}^2; \quad \text{p} = 16 \text{ atü}; \quad \text{Gr} = 55,7 \text{ t}; \quad \text{Gd} = 93,5 \text{ t}.$$

Unter der gleichen Gattung als Bahn Nr. 1351 bis 1370 wurden später von der Paris-Orléans-Bahn deren  $2\text{C}1h4v$  S-Lokomotiven Nr. 3660 bis 3679 in zwei Losen angekauft. Diese Maschinen waren auf ihrer Heimatbahn durch den weiteren Ausbau des elektrischen Betriebes überflüssig geworden. Sie unterscheiden sich von der Bauart der französischen Staatsbahn nur durch die Hauptabmessungen.

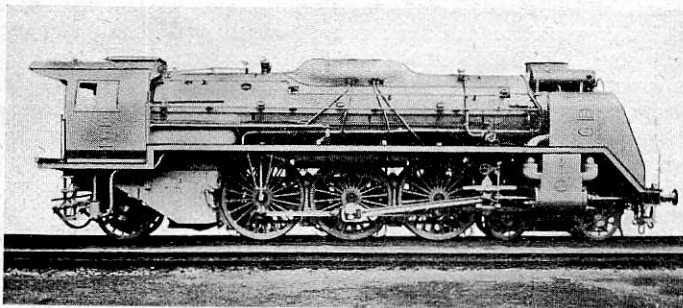


Bild: Reichsbahn Bildarchiv.  
Bild 1.  $2\text{C}1'$ -Schnellzuglokomotive S 16.

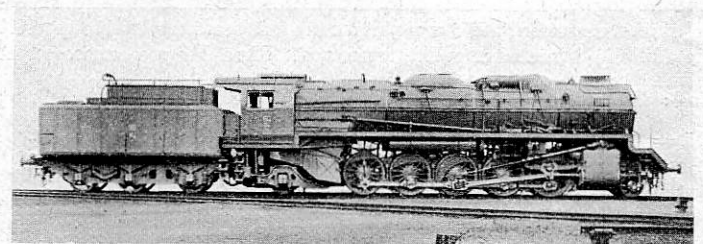


Bild: Reichsbahn Bildarchiv.  
Bild 2.  $1\text{E}1'$ -Güterzuglokomotive G 16.

Oldenbourg, München und Berlin 1937) eingehend geschildert. Die weitgehende Heranziehung des Werkes Grafenstaden der Elsässischen Maschinenbaugesellschaft mit ihren stark französischen Baugrundsätzen bei den Beschaffungen, hat der Entwicklung des Lokomotivparkes der Reichseisenbahnen eine besondere, von den übrigen deutschen Bahnen abweichende Note gegeben.

Als die Reichslande nach dem Weltkriege an Frankreich abgetreten werden mußten, wurden die Bahnen dort ebenfalls als eigenes selbständiges Netz verwaltet. Erst mit der Bildung der französischen Staatseisenbahngesellschaft am 1. Januar 1938 verlor das elsass-lothringische Netz seine Selbständigkeit und wurde mit der Ostbahn zur Gruppe Ost vereinigt. Erwähnt sei noch, daß in Elsaß-Lothringen auch unter französischer Verwaltung die alten deutschen Gattungsschilder an den Lokomotiven weiter erhalten blieben, und das Gattungsschema bei Neubeschaffungen weiter ausgebaut wurde.

Den nach dem Weltkriege aufgetretenen starken Lokomotivmangel konnte die französische Verwaltung zunächst aus der großen Zahl der abgelieferten deutschen Lokomotiven decken. So

Vor wenigen Jahren lieferte die Elsässische Maschinenbaugesellschaft als Gattung S 16 Bahn Nr. 1401 und 1402 zwei  $2\text{C}1h2$  S-Versuchslokomotiven, die deutlich zeigen, daß die Erfolge der deutschen Einheitslokomotiven in Frankreich nicht unbeachtet geblieben sind. Der gewaltige Kessel mit 5905 mm Rohrlänge hat einen breitausladenden Stehkessel von  $4,5 \text{ m}^2$  Rostfläche. Die Lokomotive besitzt Barrenrahmen. Die austauschbaren Zylinder haben Ventilsteuerung Bauart Caprotti. Ihr Antrieb erfolgt durch eine Kegelradwelle in Lokomotivmitte. Die eine der beiden Lokomotiven wurde versuchsweise an der Schleppachse mit einer Hilfsdampfmaschine ausgerüstet. Außerdem haben die Maschinen Doppelkamin mit Klychap-Blasrohr und einen Abdampfvorwärmer Bauart ACFI, der bei der Bahn in großem Umfange an Stelle des früher verwendeten Knorrvorwärmers eingeführt wurde. Die Hauptabmessungen dieser beiden Lokomotiven sind:

$$\text{Tr} = 575 / 720 / 1950 \text{ mm}; \quad \text{R} = 4,5 \text{ m}^2; \quad \text{Hf} = 223,7 \text{ m}^2; \\ \text{Hü} = 73,8 \text{ m}^2; \quad \text{p} = 20 \text{ atü}; \quad \text{Gr} = 60,0 \text{ t}; \quad \text{Gd} = 107,4 \text{ t}.$$

Der vierachsige Tender läuft auf zwei Drehgestellen. Bei einem Dienstgewicht von 67,3 t faßt er  $28,1 \text{ m}^3$  Wasser und 9 t Kohle. Er weist die übliche Bauform neuerer französischer Tender auf.



Die Personenzuglokomotive, also die Gattung mit einem Treibraddurchmesser zwischen etwa 1500 mm bis etwa 1800 mm, ist als Lokomotive mit Tender von der französischen Verwaltung nicht weiter entwickelt worden.

Für den Güterzugdienst gelangte als Gattung G 14 aus den Beständen der amerikanischen Militärbahnen in Frankreich nach dem Weltkrieg eine 1'D h 2 G-Lokomotive in zwei Spielarten auf das Netz.

Reihe 5701. Hauptabmessungen: Tr = 584/660/1440 mm; R = 3,17 m<sup>2</sup>; Hf = 184,0 m<sup>2</sup>; Hü = 42,5 m<sup>2</sup>; p = 12 atü; Gr = 63,5 t; Gd = 73,0 t.

Reihe 5801. Hauptabmessungen: Tr = 533/711/1420 mm; R = 3,03 m<sup>2</sup>; Hf = 173,0 m<sup>2</sup>; Hü = 39,0 m<sup>2</sup>; p = 13 atü; Gr = 68,0 t; Gd = 75,5 t.

Beide Spielarten zeigen durchaus amerikanisches Gepräge.

Vor etwa drei Jahren gelangte als Gattung G 16 Reihe 5901 eine 1'E 1'h 3 G-Lokomotive zur Beschaffung. Sie hat Barrenrahmen, Caprottsteuerung mit außenliegender Kegelradwelle, Doppelkamin mit Kylehap-Blasrohr und ACFI-Vorwärmer. Die hintere Deichselachse besitzt Außenrahmen und ist mit einem Hilfsantrieb versehen. Ihre Hauptabmessungen sind:

Tr = 3 × 575/720/1500 mm; R = 5,0 m<sup>2</sup>; Hf = 245,0 m<sup>2</sup>; Hü = 101,5 m<sup>2</sup>; p = 20 atü; Gr = 99,6 t; Gd = 134,9 t.

Der Dampfdruck von 20 atü bildet die Regel bei allen neueren französischen Lokomotiven.

Die seinerzeit von den Reichseisenbahnen als erste europäische 1'E n 4 v-Lokomotive beschafften Lokomotiven der späteren Gattung G 11 wurden von der französischen Verwaltung in 1'E 1'n 2 Gt-Lokomotiven für Verschiebedienst Gattung T 19 umgebaut. Dabei blieb der Kessel ungeändert. Das innere Triebwerk wurde entfernt. Die äußeren Niederdruckzylinder von 600 mm Durchmesser blieben nunmehr als Hochdruckzylinder erhalten. Ebenso blieb die äußere Steuerung nach Heusinger ungeändert. Die hinten angefügte Laufachse ist ebenfalls als Deichselachse ausgebildet. Außerdem wurden seitliche Wasserkästen und ein großer Kohlenbunker hinter dem nunmehr auch hinten geschlossenen Führerhaus aufgesetzt. Die Hauptabmessungen dieser umgebauten Lokomotive sind:

Tr = 600/650/1350 mm; R = 277 m<sup>2</sup>; Hf = 250,5 m<sup>2</sup>; p = 12 atü; Gr = 78,7 t; Gd = 96,5 t.

Für den Nah- und Vorortverkehr gelangte schließlich vor etwa 10 Jahren als Gattung T 20 eine 2'D 2'h 4 v Pt-Lokomotive zur Einführung. Die Bauart wurde von der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn übernommen, bei der sie sich sehr gut bewährt hat. Sie weist die übliche französische Bauform auf. Ihre Hauptabmessungen sind: Tr =  $2 \times \frac{420}{650} / 650 / 1650$  mm; R = 3,08 m<sup>2</sup>; Hf = 171,4 m<sup>2</sup>; Hü = 44,8 m<sup>2</sup>; p = 16 atü; Gr = 68,0 t; Gd = 123,3 t; Vorräte: 12 m<sup>3</sup> Wasser und 5 t Kohle. Dr. W. Lübsen, VDI.

### Neue Messungen am Dieselmotor.

Professor Dr. G. Eichelberg hat im Maschinenlaboratorium der technischen Hochschule Zürich Untersuchungen über die Möglichkeiten der Wärmeableitung von den Ventilen der Dieselmotoren angestellt. Nachstehenden Auszug aus einem Teilbericht hierüber entnehmen wir der Schweizerischen Bauzeitung vom 11. November 1939.

Die erste Versuchsreihe betraf die Ventil-Temperaturen eines Saurer-Dieselmotors. Es hat sich gezeigt, daß das Auslaßventil durchschnittlich etwa 200° C heißer ist, als das Einlaßventil; mit Thermolementen wurden in der Mitte des Ventiltellers Temperaturen bis zu 700° C gemessen. Dabei ist der Ventiltellerrand infolge des Wärmeabflusses nach dem Ventilsitz bis zu 300° C weniger heiß als die Ventilmitte, was natürlich entsprechende Wärmespannungen zur Folge hat. Auch der zeitliche Verlauf der Temperaturschwankungen während eines Arbeitsspiels an verschiedenen Stellen ist gemessen worden; beim Öffnen des Auslaßventils steigt die Temperatur im Ventiltellersitz scharf an, während sie gleichzeitig im viel weniger warmen Sitz des Zylinderkopfes abfällt; der Wärmeabfluß nach dem Kühlwasser überwiegt hier gegenüber der Beheizung durch die vorbeistreichenden Abgase. Eines der Diagramme zeigt sehr anschaulich das mit zahlreichen Thermolementen gemessene Temperaturfeld im ganzen Auslaßventil, so daß der Wärmeabfluß durch Sitz und Spindel verfolgt werden kann.

Die Einflüsse der Sitzbreite, der Spindelkühlung und der Motor-spülung auf die Ventiltemperatur werden noch weiter untersucht.

Schon im Jahre 1926 veröffentlichte die Firma Gebr. Sulzer A. G. in der „Revue Technique Sulzer“, Nr. 2, die außerordentlich aufschlußreichen Meßergebnisse über Temperaturschwankungen in Dieselmotoren, die nach den Anordnungen des damaligen Chefs des Studienbüros, Ing. Dr. G. Eichelberg, an einer 1350 PS-Zweitaktmaschine gefunden wurden. Weitere Ergebnisse Eichelbergs auf diesem Gebiet siehe „Schweiz. Bauztg.“ Bd. 109, S. 411. Die rapide konstruktive Entwicklung der letzten Jahre und vor allem der in dieser Zeit vollzogene Übergang von der Lufteinspritzung zur direkten Einspritzung des Brennstoffes veranlaßte die Geschäftsleitung, an einer einzylindrigen Versuchs-Zweitaktmaschine mit 720 mm Bohrung und 1250 mm Hub sich abermals durch exakte Messungen von der Zweckmäßigkeit der gewählten Konstruktionen zu überzeugen und neue Gesichtspunkte für die Weiterentwicklung zu gewinnen. Zwei Jahre intensiver Forschungsarbeit unter Zuziehung modernster Instrumente und Methoden zur Bestimmung zeitlich veränderlicher Temperaturen und Drücke zeitigten Ergebnisse, die Robert Sulzer erstmals im April 1938 in einem Vortrag in Rotterdam bekanntgab und die teilweise in der „Revue Technique Sulzer“ Nr. 2/1939 veröffentlicht wurden, von denen nun auch einige der wichtigsten hier wiedergegeben seien.

Im Vergleich zu den früheren Messungen mit Lufteinspritzung zeigen sich bei der direkten Einspritzung weit höhere Temperaturen an der Peripherie des Kolbenoberteils. Die thermische Beanspruchungen werden dadurch natürlich ganz andere und bedingen eine Änderung in der Formgebung der Kolben, wobei allerdings die Forderung nach einer günstigen Form des Verbrennungsraumes dem Konstrukteur wenig Freiheit läßt. Zunehmender mittlerer Druck führte durchwegs zu einem raschen Temperaturanstieg. Unter sonst gleichen Bedingungen ergab eine Reduktion der Drehzahl eine Temperaturerhöhung im Kolben, weil der Spülluftdruck und damit die Luftladung im Zylinder zurückgingen. Verblüffend ist die Tatsache, daß eine Änderung des Spülluftüberschusses von 10 ÷ 100 at fast die gleichen Temperaturen zeitigte. Es folgt daraus, daß schon bei kleinem Überschuß die Ausspülung tadellos war.

Zur Messung der Kolbenbodendeformation wurde ins Kolbenoberteil eine Hochfrequenzspule eingebaut, deren Ströme durch die veränderliche Entfernung zwischen Kolbenboden und Spule eine Modulation erfuhren. Es gelang, sowohl die statische Deformation des Kolbens infolge der Erwärmung, d. h. eine Erhebung der Bodenmitte um 0,9 mm, als auch eine ihr überlagerte Einsenkung von 0,3 mm wegen der Druckbeanspruchung zu bestimmen. Die Spannungen infolge Temperatur sind also rund dreimal so groß wie diejenigen, die durch den Gasdruck verursacht werden. Dank der hohen stationären Grundspannung hat der Kolben eine vermehrte Festigkeit gegen die Wechselbeanspruchung der Druckschwankungen. Druckmessungen hinter den Kolbenfedern zeigten, daß bei der Verwendung gasdichter Federn der Druck hinter dem ersten Ring ziemlich genau mit dem im Verbrennungsraum übereinstimmt, während hinter dem zweiten Ring nur noch 8 at gemessen und hinter den weiteren rasch abnehmende Druckschwankungen festgestellt wurden. Daß bei ungenügender Nutenweite die Kolbendeformation zu einem Festklemmen der Ringe führen kann, und daß diese dann ihren Dienst versagen, konnte ebenfalls nachgewiesen werden.

Einen Anhaltspunkt über die im Betrieb auftretenden Gestellbeanspruchungen lieferten die Messungen der Auslenkungen, die der Zylinderdeckel im Betrieb zeigte. Dieser bewegte sich bei der Zündung um rund 0,6 mm nach oben und ungefähr gleichviel seitwärts, quer zur Kurbelwelle. Die Seitenbewegung hat den Charakter einer gedämpften Schwingung, deren Frequenz sich mit guter Annäherung rechnerisch feststellen läßt. Wegen des momentanen Druckanstieges in der ersten Phase der Verbrennung treten im Triebwerk zusätzliche Deformationen und Spannungen mit Schwingungscharakter auf, deren Amplitude von der Steilheit der Drucklinie abhängt. Bei 35 at Kompression und 60 at Zünddruck würde z. B. bei vertikalem Druckverlauf in Funktion der Zeit die Maximalbeanspruchung einem Zünddruck von 80 at bei Gleichdruckverbrennung entsprechen.

Versuche mit verschiedenen Brennstoffen ergaben Vollastdiagramme, die sich, abgesehen vom veränderlichen Zündverzögerung,

wenig voneinander unterschieden, während dann aber im Leerlauf markante Unterschiede in den Diagrammen zum Vorschein kamen. So zeigten z. B. einige Brennstoffe ein schließendes Einsetzen der Verbrennung, während die anderen wieder schlagartig erfolgte. Es ist darum nicht ausgeschlossen, daß sich die Brennstoffe auf Grund der an Motoren dieser Größe gewonnenen Leerlaufdiagramme klassifizieren lassen.

E. H.

### Die neuen Triebwagen der Hamburger S-Bahn.

Als eine der ersten elektrisch betriebenen Vollbahnen in Deutschland wurde die Hamburger Vorortbahn im Jahre 1908 in Betrieb genommen. Damals hatte man sich entschlossen, die Bahn mit Oberleitung und Wechselstrom von 25 Hz. zu betreiben. Bei der jetzt notwendigen Erneuerung der ortsfesten Anlagen und Fahrzeuge hatte man die bisherige Betriebsweise beibehalten, wenn nicht das Städtebauprogramm eine teilweise Verlegung der Vorortbahn in Tunnel verlangte. Das bedingte eine weitgehende Lichtstromprofilbeschränkung. Die Folge war, Aufgabe des Oberleitungsbetriebes, Verlassen der hohen Wechselspannung und Übergang zum Gleichstrombetrieb mit dritter Schiene nach dem Berliner Vorbild.

Mit Rücksicht auf die technischen, die betrieblichen und die verkehrlichen Belange hat die neue Stadt- und Vorortbahn eine grundlegende Veränderung erfahren. Bei den ortsfesten Anlagen sind an die Stelle des Frequenzformers in Barmbeck Eisenroß gleichrichter getreten. Die Oberleitung wurde durch die Stromschiene ersetzt. Statt Wechselstrom dient jetzt Gleichstrom mit 1200 Volt zum Antrieb der Fahrzeuge.

Dementsprechend mußten auch die Fahrzeuge in maschinentechnischer Hinsicht grundlegende Änderungen erfahren. Betrieblich wurde an die S-Bahn die Anforderung einer weiteren Verkürzung der Fahrzeiten gegenüber dem Wechselstrombetrieb gestellt. Bei den kurzen Haltestellenabständen war dies nur durch größere Anfahrbeschleunigung und größere Bremsverzögerung zu erreichen.

Durch die Anfahrbeschleunigung von 0,9 m/sec<sup>2</sup> wurde eine Fahrzeitverkürzung von 15 bis 20% erreicht. Die für die Fahrzuges vorgesehene Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h wird bei dem jetzigen mittleren Haltestellenabstand von 1480 m nicht erreicht. Die bei S-Bahnbetriebe übliche Art mit gleichbleibendem Wagenstrom anzufahren, bei dem Motorstrom, Zugkraft und Beschleunigung auf den Parallelströmen auf den halben Wert zurückgehen, wurde zugunsten der Anfahr- und Beschleunigung des Motors verlassen. Zugkraft und Beschleunigung bleiben hierbei auf den Parallelströmen unverändert. Der spezifische Arbeitsverbrauch an der Motorwelle beträgt 41,2 Wh/tkm gegenüber 54,0 Wh/tkm bei gleichbleibendem Wagenstrom. Für die wirtschaftliche Bemessung der Unterwerke war diese Überlegung von ausschlaggebender Bedeutung.

Als wesentliche Neuerung ist bei der S-Bahn die Verwendung einer elektrischen Nutz- und Widerstandsbremse neben der elektrisch gesteuerten Luftbremse zu nennen. Der Vorteil dieser Bremse besteht nicht allein in dem geringeren Verbrauch an Bremsklötzen und in der stabileren Bremsung sondern in der theoretisch großen Energieerückgewinnung von 39% des Energieverbrauches. Sie kommt allerdings nur nach Abzug des Mehrverbrauchs für Erregung und erhöhte Last bei Strombedarf im Netz in Frage. Bei der Bremsung arbeiten die Motoren als Generatoren mit Fremderregung. Den Erregerstrom liefert ein besonderer Erregerformer. Bei hoher Geschwindigkeit beginnt die Bremsung mit nicht zu hoher Stromstärke. Sie nimmt mit fallender Geschwindigkeit bis zu 45 km/h zu und fällt bei 30 km/h auf Null. In dem Bereich von 35 km/h bis Null tritt an die Stelle der Nutzbremse die elektrische Widerstandsbremse. Die Bremskraft dieser Bremse fällt von 35 km/h gradlinig zum Nullpunkt. Innerhalb des Wirkungsbereiches der Nutzbremse werden durch sie bereits 67 bis 81% der lebenden Energie abgebremst. Ist das Netz nicht stromaufnahmefähig, so springt sofort die Widerstandsbremse ein. Beim Versagen der elektrischen Bremse oder zum Anhalten kann die Druckluftbremse benutzt werden. Ihr Einsatz schaltet die elektrische Bremse ab. Für die Größenbestimmung der Motoren war neben der Anfahrleistung auch der Stromverbrauch bei der Bremsung maßgebend. Aus dem quadratischen Mittelwert des Motorstromes ergab sich ein Motor mit einer Dauerleistung von 110 kW und

Bei den seit 1925 laufenden 2D1 (h4v)-Schneellokomotiven, Reihe 241, A 1 der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn\*) mußten die Niederdruckzylinder abweichend von der sonst in Frankreich üblichen Bauweise ihres großen Durchmessers wegen nach außen gelegt werden. Die Kropfachse muß daher die Arbeit der Hochdruckzylinder aufnehmen, die bis zu 2/3 der Gesamtarbeit ausmacht, und wird infolgedessen außerordentlich beansprucht. Bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h steigt beispielsweise der Leistungsanteil der Hochdruckzylinder bis auf 1800 PS. In diesem Umstand liegt auch der Grund für die besondere Achs- und Zylinderanordnung der Lokomotive. Um die durch die Zylinderkräfte schon sehr hoch beanspruchte Kropfachse wenigstens von den lautechnischen Beanspruchungen einer fühlenden Kropfachse zu entlasten, hat man sie an die zweite Stelle gerückt. Infolgedessen konnte für die außenliegenden Niederdruckzylinder nur noch der bei einer 2D1-Lokomotive sonst nie vorkommende Antrieb der ersten Kropfachse übrig bleiben, da der Antrieb sämtlicher Zylinder auf einen Kadsatz noch höhere Beanspruchungen der Kropfachse ergeben hätte und beim Antrieb der dritten Kropfachse die Treibstangen außerordentlich lang ausgefallen wären.

Trotz diesen baulichen Maßnahmen hat aber die Kropfachse in ihren ersten Ausführungsformen nicht befriedigt. Die erste Ausführungsform zeigte eine aus drei Teilen zusammengesetzte Achse. Die beiden äußeren Teile umfaßten je einen Achsschenkel mit Kurbel und Kurbelzapfen; sie waren mit der Verlagerung der Kurbelzapfen in das zweifach abgeköpfte Mittelteil eingepreßt. Trotz gewisser Bedenken, die von Anfang an gegen die geschmiedeten Außenteile bestanden, glaubte man doch mit der verhältnismäßig einfachen Ausführung einen Versuch machen zu sollen. Die Achsen mußten jedoch schon nach einer Laufleistung von 50000 km ausgebaut werden, weil sich sehr bald Artrisse in den Hohlkehlen A und B der Kurbelarme als den am wenigsten durchgeschmiedeten Teilen zeigten. Man versuchte nun, die Biegebeanspruchung in den Hohlkehlen dadurch zu verringern, daß man den Massenausgleich der Innenzyklen von den Gegengewichten in den Radkörpern nach

\*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1925, S. 415 und 1930, S. 174.

wenn die Schenkkelbunde mit den Filzpolstern in Berührung kommen.  
Die Unterkästen sind leicht abzuziehen, ohne daß die Befestigungsbolzen entfernt zu werden brauchen. Ein rundes Glasfenster läßt den Ölstand im Unterkasten erkennen.

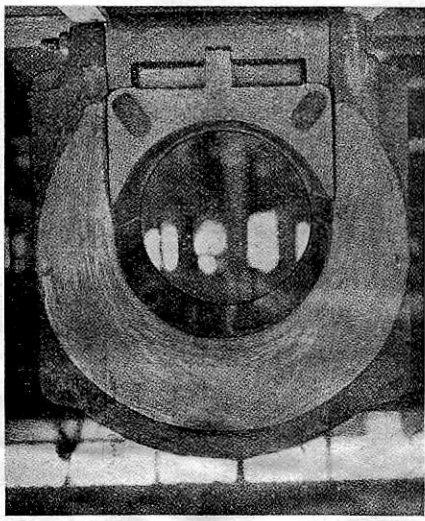


Bild 1. Filzpolster am Unterkasten, der durch Federn angedrückt wird und sich seitlich frei bewegen kann.

Versuche und Messungen haben im allgemeinen Lagertemperaturen von 20° C (?) und ausnahmsweise 50° C ergeben unter Betriebsbedingungen, bei denen die Rotgüblager mit Fettschmierung Temperaturen zwischen 93 und 175° C hatten. Die Southern Pacific errechnet sich durch die Einführung der Ölschmierung erhebliche wirtschaftliche Vorteile.

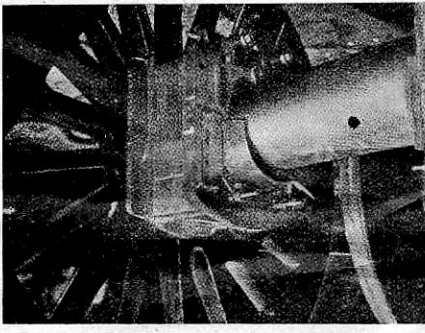


Bild 2. Achsbuchse mit Wasserschutz am Treibradsatz.

Außer den erwähnten Lagern sind auch noch die Achsbuchsenbleiplatten und die Stellkelle der Triebachslager an den mechanischen Öl angeschlössen.  
Das angebaute Lager mit einem Wasserschutz ist in Bild 2 dargestellt.  
Rly. Age.

**Holzkohlenagas-Triebwagen der Italienischen Staatsbahnen.**  
In Anbetracht der Wichtigkeit des Problems der Brennstoffversorgung für Italien haben die dortigen Staatsbahnen zum Versuchsweisen Betrieb drei Holzkohlenagas-Triebwagen, Reihe ALg 56, in Auftrag gegeben. Sie sind den drei Dieseltriebwagen, Reihe ALn 56, ähnlich und weisen folgende Hauptabmessungen auf:

Länge zwischen Puffer	22,36 m
Gesamter Achsstand	15,30 "
Achsend der Drehgestelle	3,50 "
Raddurchmesser	900 mm
Leergewicht	34 t
Größte Geschwindigkeit	120 km/h
Normalleistung bei 1500 Umdr./Min.	280 PS
Anzahl der Sitzplätze	56

den inneren Kurbelarmen verlegte. Zugleich wurden die Achsstummel besonders hergestellt und in die Kurbelarme eingepreßt, so daß die Achse jetzt aus fünf Teilen aufgebaut war. Diese Ausführungsform bewährte sich insofern besser, als der Lauf der Lokomotive ruhiger wurde und das Heißlaufen abnahm. Außerdem traten die Anrisse in der noch verbleibenden Hohlkelle B am Kurbelzapfen jetzt nicht mehr so rasch und stark auf, so daß diese Achse immerhin eine verdoppelte Laufleistung von 100 000 km erreichte. Als besonderer Mangel dieser Ausführungsform zeigte es sich jedoch, daß der Sitz des Achsstummels im Kurbelarm mit nur 100 mm Länge zu kurz war, um auf die Dauer die nötige Festigkeit zu behalten.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurde nun eine dritte Achse entworfen, bei der auch die Kurbelzapfen nicht mehr an die Kurbelarme angeschmiedet, sondern ebenfalls in sie eingepreßt wurden. Die Achse wurde also aus sieben Stücken aufgebaut und wies damit gar keine geschmiedeten Hohlkellen mehr auf. Zugleich wurde durch die Stärke des Kurbelarmes auf Kosten der Kurbelzapfenlänge von 100 auf 125 mm vergrößert und damit ein genügend fester Sitz für den eingepreßten Achszapfen wie auch für den neu eingepreßten Kurbelzapfen erzielt. Für den Sitz des Kurbelzapfens in dem mittleren Verbindungsstück waren keine besonderen Änderungen nötig, da dieses Stück schon vorher eine genügende Stärke von 170 mm aufwies. Nachteilig war es bei dieser dritten Ausführungsform, daß durch die erwähnte Verstärkung der Kurbelarme der Kurbelzapfen kürzer und damit der Druck auf die Flächeneinheit des Zapfens größer wurde. Man nahm diesen Nachteil aber in Kauf und suchte ihn durch bessere Ausgestaltung der Schmierung möglichst auszugleichen, indem man Schmierkissen aus Filz in die Lager einbaute. Ein weiterer, ebenfalls nicht vermeidbarer Nachteil war es, daß die Kurbellager durch die einseitige Verkürzung aus der Stangen- und Zylindermitte gerückt wurden; dieser Umstand konnte aber unbedenklich vernachlässigt werden.

Mehrere Achsen dieser dritten Ausführungsform sind im November 1933 eingebaut worden und sollen seither ununterbrochen laufen, ohne daß sie irgendwelche Anstände ergeben hätten. Es haben sich demnach in diesem Fall die aus einzelnen Teilen zusammengebauten Achsen den in einem Stück geschmiedeten überlegen gezeigt; damit ist allerdings noch nicht gesagt, daß nicht auch eine durchweg geschmiedete Kropfachse völlig befriedigen kann, wenn sie richtig entworfen und aus hochwertigen Baustoff sorgfältig hergestellt wird.  
(Rev. gen. Chem. de Fer.)  
R. D.

**Die Amerikaner kommen zur Ölschmierung.**

In den Vereinigten Staaten werden die Lokomotiven bekanntlich mit konsistentem Fett geschmiert. In der Absicht, die Lokomotivschäden, welche durch Heißläufer verursacht werden, zu mindern, ist von der Southern Pacific eine Ölschmierung entwickelt und in zwei 2' D 2'-Lokomotiven eingebaut worden. Zwei weitere Lokomotiven werden noch ausgetestet. Dabei wird an sämtlichen Achslagern die bisherige Fettschmierung durch Ölschmierung ersetzt, und zwar erhalten die Achslager des hinteren Lokomotivdrehgestells und die Tenderachslager Ölschmierung durch ein Webstoffpolster, welches durch Federn an den Achsschenkeln gedrückt wird, ähnlich wie bei den neueren Schmierpolstern in den Tenderachslagern der Reichsbahnlokomotiven. Die Achslager des vorderen Lokomotivdrehgestells und der Triebradsätze erhalten die gleiche Ölschmierung und werden außerdem mit der oberen Lagerschmierung an den mechanischen Öl angeschlössen.

Die Lagerunterkästen bedürften nur einer geringen Änderung um sie zur Aufnahme der Schmierpolster geeignet zu machen. Zur gleichmäßigen Verteilung des Öls und zur Minderung der Schäden bei Temperaturerhöhungen sind überall Weißmetallspiegel in den Rotgüblagern angeordnet worden.  
Zur Schmierung der Achsschenkkelbunde an den Triebradsätzen sind an den äußeren Flächen der Unterkästen je zwei Polster aus hartem Filz angebracht (Bild 1), die etwa 3 mm über die Seitenflächen herausragen und durch kleine Bohrungen vom Unterkasten her mit Öl versorgt werden. Die Unterkästen sind mittels Rollenfedern gehalten, die eine freie seitliche Bewegung gestatten,

Die Triebwagen besitzen zwei Gasmotoren von je 140 PS Normalleistung, zwei vierstufige, druckluftgesteuerte Myliusgetriebe mit druckluftgesteuerten Wendegetrieben und Zahnradantrieb der Treibachsen, ferner eine Einrichtung zur Beheizung des Wagens mittels des Kühlwassers der Motoren. Die Drehgestelle sind zweiachsig, mit einer Treib- und einer Laufachse. Sie sind vollständig geschweißt. Die Rollenlager liegen außen. Der Wagenkasten ist ebenfalls vollständig elektrogeschweißt und in drei Abteile zu  $2 \times 16$  und 24 Sitzplätzen eingeteilt. Führerräume von gleichen Abmessungen liegen an beiden Wagenenden. Die Achtzylindermotoren arbeiten nach dem Viertaktverfahren. Auf jedem

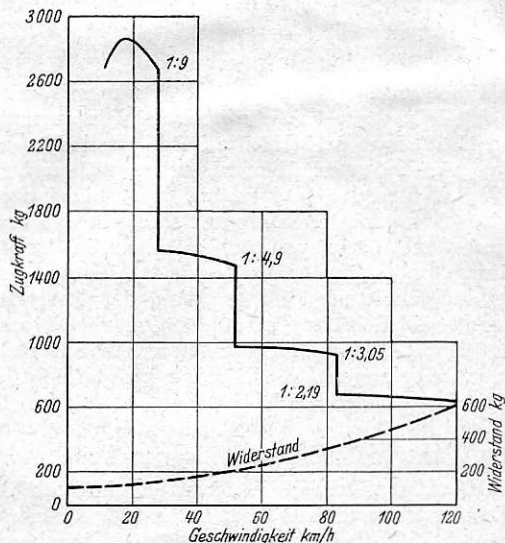


Abb. 1. Abhängigkeit der Zugkraft und des Fahrwiderstandes von der Fahrgeschwindigkeit.

Wagen sind in Wagenmitte zwei voneinander unabhängige Gasgeneratoren untergebracht, deren jeder einen Motor speist. Die Gasreiniger und die Elektro-Saugpumpen befinden sich dagegen in den Führerhäusern in besonders abgetrennten Räumen. Sie sind, wie die Generatoren, nur von außen zugänglich, um den Eintritt giftiger Gase ins Wageninnere tunlichst zu verhüten. Die Gaskühlrohre sind über dem Wagendach angebracht. Jeder Generator faßt etwa 300 kg Holzkohle. Die Reiniger sind von der nassen Bauart mit nachgeschaltetem Sieb und Schwamm. Die Elektro-Saugpumpen dienen zur Inbetriebsetzung. Je ein Wasserbehälter speichert das Wasser für den Gasreiniger und für den Generator. Ein Mischapparat gestattet die Vermengung des Gases mit Luft. Die Abhängigkeit der Zugkraft von der Fahrgeschwindigkeit ist für jede der vier Schaltstufen in Abb. 1 dargestellt, die auch den Widerstand des Wagens auf der Ebene ersehen läßt.

Ferr. y Tranv. 1940.

Schn.

### Zwei beachtenswerte Brücken Jugoslawiens.

Nach dem Kriege von 1914/18 begannen viele europäische Staaten sich vom Auslande möglichst unabhängig zu machen; so auch Jugoslawien auf dem Gebiete des Brückenbaues. Vor diesem Kriege bezog es viele seiner Stahlbrücken aus dem ehemaligen Österreich, nach dem Kriege brachten die deutschen Reparationsleistungen eine Reihe vorbildlicher Bauwerke ins Land. Aber gleich nach der Vergrößerung des Königreiches wurde damit begonnen, Stahlbrücken im Inlande herzustellen. Man fing mit kleinen Blechbrücken an und hat sich jetzt zu ansehnlichen Bauwerken emporgearbeitet, über die Professor Roš in Zürich, selbst ein Südslawe, in der Schweiz. Bauztg. 1940, Heft 22 und 23, mit berechtigtem Stolz berichtet, beruhte doch dabei alles auf inländischer Arbeit, von der Erzeugung des hochwertigen Baustahles angefangen bis zur Verkehrsübergabe.

Die südslawischen Behörden hatten ihren bedeutenden Landsmann zur Beratung, Prüfung, Mitarbeit und Vornahme der Verformungsmessungen herangezogen. Der Stahl wurde von der Krainischen Industriegesellschaft Jesenice-Fužine (KID) erzeugt und von der Ersten Jugoslawischen Waggon-, Maschinen- und Brückenbauanstalt Slavonski Brod verarbeitet und aufgestellt. Nur die 70 und 95 mm starken Bleche stammten aus Witkowitz.

### 1. Zweigleisige Eisenbahnbrücke über die Save bei Agram (Zagreb).

Beachtenswert sind die große Stützweite des versteiften Stab Bogens (Abb. 1), die mit 135,5 m die derzeit größte bei Eisenbahnbrücken dieser Bauweise für schweren Verkehr ist; die größer als sonst üblich ausgebildete Biegesteifigkeit des Bogens; die verschiedene Höhe des über vier Felder durchlaufenden Versteifungsbalkens (Mittelöffnung 3,5 m, Seitenöffnungen 3,0 m); endlich der hochwertige Baustahl KID St 52.

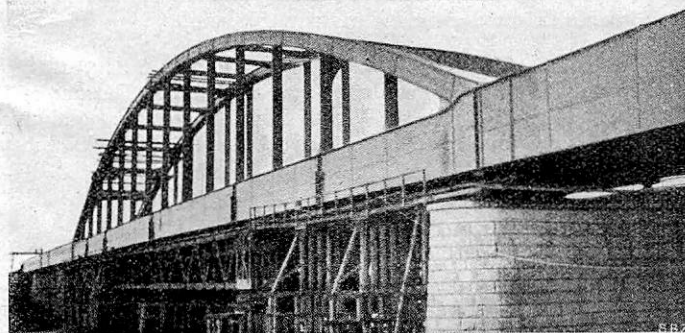


Abb. 1. Zweigleisige Eisenbahnbrücke bei Agram.

Die Seitenöffnungen haben auf dem linken Ufer 57,5, auf dem rechten Ufer 58,0 + 55,0 m Stw. und ein Gelenk in einer Endöffnung. Fahrbahn, Hängestangen, Wind- und Querverbände bestehen aus St 37 und sind geschweißt. Hingegen sind die Hauptträger genietet und bestehen aus einem hochwertigen, niedriggekohlten Stahl mit Molybdänzusatz. Dieser Baustahl ist den ausländischen von der Art St 52 (Deutschland), Pontofix (Protektorat Witkowitz) und Ac 54 (Frankreich) materialtechnisch vollkommen ebenbürtig. Er wurde unter Beachtung metallurgischer richtiger Grundsätze äußerst sorgfältig erzeugt und bei 600° C ausgeglüht, wodurch auch die Unempfindlichkeit gegen niedrige Temperaturen, gegen Oberflächenverletzungen und Alterung gewährleistet wird. Gesamtgewicht 2700 t.

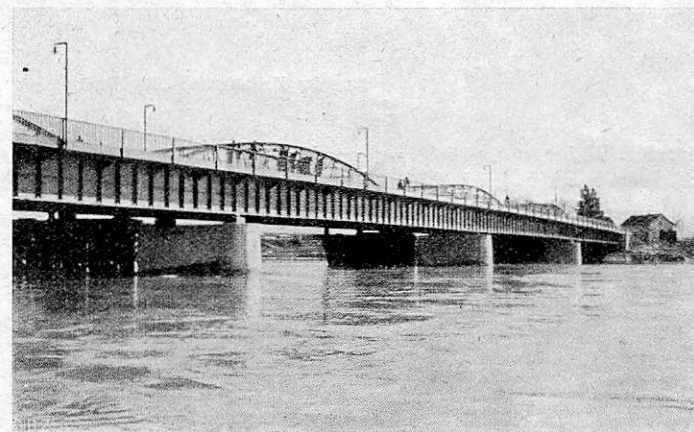


Abb. 2. Straßenbrücke bei Agram.

### 2. Straßenbrücke über die Save bei Agram.

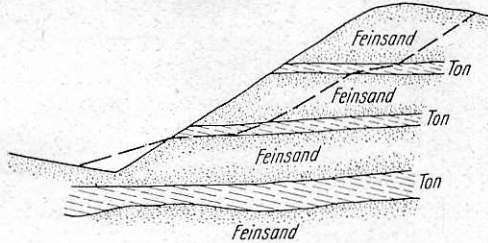
Vollwandiger, durchlaufender Träger von 54,6 + 55,1 + 55,1 + 54,6 m Stw. (Abb. 2), Fahrbahnbreite 5,0 m, in St 44 geschweißt, Stahlgewicht 620 t. Die Stehbleche der Hauptträger sind 2,0 bis 2,5 m hoch, die Gurtbleche 500 mm breit und 35,70 und 95 mm dick. Die Verwendung eines höhergekohlten SM-Stahles ohne Silizium von so großer Dicke bedingte schon bei der Stahlerzeugung, namentlich aber beim Schweißen in der Werkstätte und auf der Baustelle besondere materialtechnische und konstruktive Maßnahmen. Es wurde mit ummantelten Böhler-VDM-Elektroden geschweißt.

Wie bei der früher besprochenen Brücke wurde auch hier der Stahl während der Erzeugung thermisch und mechanisch richtig behandelt. Bei der Art und Anordnung der Schweißnähte, bei

ihrer Herstellung wurden alle neuen Erkenntnisse der Schweißtechnik verwertet, die Schweißarbeiten peinlich genau überwacht. Überkopfschweißungen wurden auch auf der Baustelle möglichst vermieden. Schließlich wurden die Schweißnähte gründlich untersucht, und zwar durch Ableuchten mit dem Binocularmikroskop, sie wurden durchflutet und geröntgent. Alle Zugstäbe, auch die auf Ermüdung beanspruchten, sind bei der Festigkeitsprüfung außerhalb der Schweißnähte gerissen. Selbst bei den 95 mm dicken Stumpfnähten waren nicht das Schweißgut, sondern der Stahl für die statische und dynamische Festigkeit der Schweißverbindung bestimmend. Professor Roš bewertet daher das Bauwerk als eine Höchstleistung der Schweißtechnik. Kern.

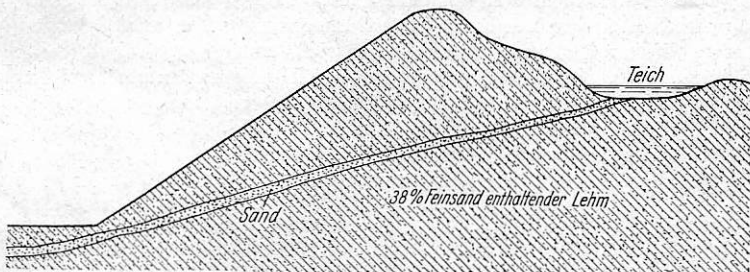
### Einige Böschungsrutschungen und ihre Beseitigung.

Werden bei der Herstellung von An- oder Einschnitten Schichten angefahren, die zur Wasserführung geeignet sind und gegen die Baugrube hin fallen, so treten besonders bei sehr hohen



Aus der Zeitschrift: „Die Bautechnik“.  
Bild 1.

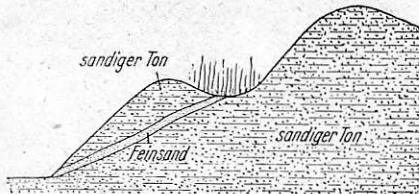
Böschungen leicht Rutschungen auf. Leider kommt es noch immer vor, daß man zunächst ihre Behebung mit unzulänglichen Mitteln versucht und erst, nachdem man Geld und Zeit vergeudet



Aus der Zeitschrift: „Die Bautechnik“.  
Bild 2.

hat, den Boden ordentlich untersuchen läßt. Hierfür werden in der Bautechnik 1940, Heft 21, S. 243 einige Beispiele gebracht.

1. Eine 18 m hohe Böschung (Bild 1) hielt so lange, bis starke Regen fielen, worauf die Erde zu rutschen anfang. Ursache: Das

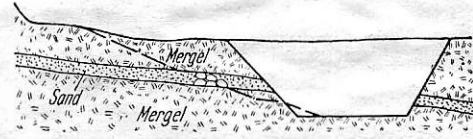


Aus der Zeitschrift: „Die Bautechnik“.  
Bild 3.

Regenwasser sickert durch den Sand bis auf die undurchlässigen Tonschichten, fließt auf diesen gegen den Anschnitt und schwemmt die untersten Teile der Sandschichten heraus, der darüberliegende Sand stürzt nach. Außerdem war die Böschung nicht durch Anpflanzungen geschützt und ihr Neigungsverhältnis 1:1 viel zu steil. Daher wurde die Böschung abgeflacht und mit Bermen versehen (gestrichelte Linie), Weidenpfähle gerammt, Weidenflechtwerk hergestellt, Weiden angepflanzt und Grassoden aufgelegt.

2. Eine 14 m hohe Böschung 1:1½ (Bild 2) begann gleich nach ihrer Herstellung zu rutschen. Erst als Abflachen der

Böschung, Rammen von Pfählen und Spundbohlen nichts half, fing man an, den Boden zu untersuchen, und fand eine beim Bau nicht angeschnittene Sandschicht, die von einem ¾ km weit entfernten Teich mit Wasser gespeist wurde. Der Teich wurde trocken gelegt, das Eindringen von Wasser in die Sandschicht verhindert.



Aus der Zeitschrift: „Die Bautechnik“.  
Bild 4.

3. Einen ähnlichen Fall zeigt Bild 3, nur mit dem Unterschied, daß das Wasser aus einer mit Schilf, Binsen und Weiden bewachsenen Mulde kam und daß die feinen Sandadern beim Bau angeschnitten wurden, weshalb auch schon während der Erdarbeiten größere Rutschungen eintraten. Auch hier hatte das Abflachen der Böschung keinen Erfolg, sondern erst das Entwässern der Mulde und das Anlegen von Sickerschlitzen in der Böschung.

4. In einer 8 m tiefen Baugrube wurde eine wasserführende Sandschicht angeschnitten (Bild 4). Auf der Bergseite dieser Schicht rutschte die Böschung ab und nahm eine 10 m entfernt liegende Straße mit. Das Grundwasser wurde mit Stollen und Sickerschlitzen abgefangen, die Böschung abgeflacht und mit Bermen versehen (gestrichelte Linie). Kern.

### Wirtschaftliche Vorteile selbsttätiger Federweichen.

Bei der Nordamerikanischen Südbahn sind auf einer eingleisigen Eisenbahnstrecke als Endweiche der Kreuzungs- und Überholungsgeleise 33 selbsttätige Federweichen eingebaut. Durch genaue Innehaltung der Fahrzeiten verkehren die Züge so pünktlich, daß die Kreuzungen und Überholungen der planmäßigen Züge ohne unnötigen Zeitverlust vor sich gehen und auch bei Einlegung von Sonderzügen der glatte Ablauf des Verkehrs in beiden Richtungen nicht gestört wird. Wenn 30 bis 40 Züge täglich auf einer eingleisigen Strecke behandelt werden müssen, erhöht sich die Zahl der Kreuzungen derartig, daß die hierfür verbrauchte Zeit erheblich ins Gewicht fällt. Näher untersucht ist der Verkehr am 18. Februar 1939, an welchem entsprechend dem herrschenden schwachen Verkehr drei Personenzüge und 13 Güterzüge in westlicher Richtung und drei Personenzüge und elf Güterzüge in östlicher Richtung liefen. Es wurde festgestellt, daß an diesem Tage Züge 71mal zwecks Kreuzung oder Überholung abgelenkt wurden. Eine weitere Untersuchung ergab, daß bei Vorhandensein einer selbsttätigen Ausfahrt-Federweiche ein abgelenkter Zug 8 Min. schneller auf die freie Strecke gelangte, als bei Vorhandensein einer handbedienten Weiche. Diese Zeitersparnis hat zur Folge, daß es vielfach einem überholten oder gekreuzten Zuge möglich ist, die nächste Haltestelle zur Überholung oder Kreuzung zu erreichen, was bei längerer Fahrzeit nicht möglich gewesen wäre. Das Vorhandensein der Federweiche hat also die gleiche Wirkung, als ob die beiden Haltestellen näher aneinander gerückt wären. Bei gekrümmten Gleisen ist es dem Lokomotivführer vielfach nicht möglich zu sehen, ob sein ausfahrender Zug die Ausfahrtweiche freigemacht hat. Ist letztere eine vom Zugpersonal bediente Handweiche, so muß der Zug so langsam ausfahren, daß der Zugbedienstete nach Umstellen der Weiche seinen Platz im Zuge wieder erreichen kann. Bei selbsttätigen Federweichen fällt dieses unnötige Langsamfahren weg, was sich besonders bei anschließenden Steigungen vorteilhaft auswirkt. Bei einer Zeitersparnis von je 8 Min. für jede Güterzug-Überholung oder Kreuzung ergab sich bei einer Zahl von 69 Güterzug-Ausfahrten aus Überholungsgeleisen am Beobachtungstag insgesamt eine Ersparnis von  $8 \cdot 69 = 552$  Min. oder 9 Stdn. 12 Min. Aus der Verkürzung der Fahrzeiten und dem Wegfall von Aufenthalt und dadurch geringeren Kohlen- und Wasserverbrauch ergab sich eine Ersparnis, die die Kosten des Einbaues der Federweichen in kurzer Zeit einbrachte. Sr.

Ryl. Age.

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