

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

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

93. Jahrgang

1. Juni 1938

Heft 11

Die Grundsätze für den Bau geschweißter Motortragrahmen für Triebwagen.

Von Reichsbahnrat Lippl, München.

Hierzu Tafel 15.

Mit dem Verbrennungsmotor hat das Eisenbahnfahrzeug einen neuen Bauteil erhalten: den Motortragrahmen. Seine Aufgabe besteht vor allem darin, den Motor so zu lagern, daß dieser fähig ist, das erzeugte Drehmoment an das Triebwerk abzugeben. Seine Gestalt hängt darum eng mit der Art der Kraftübertragung und seiner Aufhängung im Fahrzeug zusammen.

Bei der elektrischen Kraftumwandlung trägt er neben dem Verbrennungsmotor mindestens noch den Generator, bei den hydraulischen und mechanischen Übertragungen meist noch das Getriebe. Er ist nach der Anordnung der Kraftanlage verschieden ausgebildet, je nachdem diese

1. in das Drehgestell eingebaut,
2. unter dem Wagenkasten aufgehängt ist oder
3. auf einem Rahmen sitzt, der unmittelbar als großer Längsträger ohne Zusammenhang mit dem Wagenkasten auf beiden Achsen aufliegt.

Bei den letzten beiden Bauarten ist es üblich geworden, den größten Teil der Hilfsbetriebe, elektrische Regelgeräte, Luftpresser, Kühler, Heizung und dergl. ebenfalls im Motortragrahmen unterzubringen. Schließlich beeinflußt auch die Drei- oder Vierpunktaufhängung die endgültige Form des Tragrahmens.

Der Tragrahmen ist eine Hilfskonstruktion. Seine Platzansprüche beschneidet man darum bei den ohnehin gedrängten Verhältnissen auf das äußerste. Da er für eine Reihe von verschieden gestalteten Teilen, die zueinander in eine bestimmte Lage gebracht werden müssen, und die meist ungünstig zu lagern sind, das Fundament darstellt, so entsteht oft ein reichlich verwickeltes Gebilde, das obendrein seine zusätzliche Bedeutung durch möglichst leichte Bauweise ausgleichen soll. Der beschränkte Platz, der notwendige Leichtbau, die ungünstigen Formen und die Eigenart der Kräfte, die auf den Tragrahmen wirken, stellen an ihn Anforderungen, denen einige Bauarten der ersten Zeit nicht völlig gewachsen waren.

Abgesehen von der statischen Belastung durch Motor und Eigengewicht und durch die Aufnahme der Gegenkräfte des vom Motor abgegebenen Drehmomentes, wirken auf ihn stoßartige Kräfte in Gleisrichtung beim Anfahren und Bremsen und quer dazu beim Einfahren in Krümmungen und Weichen. Diesen bisweilen ganz erheblichen Beanspruchungen überlagern sich weitere zwei Kraftwirkungen dynamischer Art:

1. Einmal die stets wiederkehrenden Schläge beim Überfahren der Schienenstöße durch eine Achse. Sie wirken impulsartig in einer von der Schienenlänge und Geschwindigkeit abhängenden Frequenz und erregen die Eigenschwingungen des Motortragrahmens, der in den Bauarten 2. und 3. besonders schwingungsfähig sein kann. Die Impulse werden von jeder Achse ausgelöst und beanspruchen den Tragrahmen in einer den Achsabständen entsprechenden Folge. Bei einem zweiachsigen Triebwagen auf Schienen mit 9 m (6 m) Länge, wie sie zur Zeit auf Nebenbahnen noch eingebaut sind, treffen auf den Tragrahmen bei 80 km/h fast 5 (8) Impulse je Sekunde, mit denen die Rahmenschwingungen beim Überfahren der

Schienenstöße erregt werden. Sind diese Schwingungen auch durch geeignete elastische Auflager zu mildern, so haben sie doch Dauerbrüche an wichtigen Verbindungsstellen des Rahmens verursacht, die mangels nötiger Erfahrungen noch nicht dauerhaft genug gebaut waren.

2. Schwingbeanspruchungen, die unmittelbar auf den Motortragrahmen wirken, löst die Verbrennungsmaschine selbst aus. Man kann sie unterscheiden in solche, die vom Ungleichförmigkeitsgrad abhängen und in jene, die von der unvermeidlichen Unsymmetrie der umlaufenden Teile herrühren. Je nach Bauart und Längs- oder Quereinbau des Motors in den Rahmen verursachen die ersten Schwingbeanspruchungen in waagerechter und senkrechter Richtung; auch pulsierende Drehmomente üben sie auf das Fundament aus. Sie können durch Dämpfer stark gemildert werden. Gefährlicher wirkt sich eine unregelmäßig arbeitende Maschine (z. B. beim Aussetzen eines Zylinders) und die Unsymmetrie der Drehteile durch mangelhafte Auswuchtung oder durch schlagende Wellen aus.

Mitunter können auch beim Einlauf in Krümmungen durch Kreiselwirkungen der umlaufenden Massen, Schwungrad, Generatorläufer usw. Kräfte entstehen, die zu berücksichtigen sind.

Mit den Verdrehungskräften, die sich mit der Drehrichtung des Motors und des aus dem Getriebe abgeleiteten Momentes verändern können und jenen Kräften, die der Motortragrahmen aufzunehmen hat, wenn er einen Teil der inneren Motorgehäusekräfte und die Kräfte der Drehmomentstütze übernehmen soll, stellt er wohl das am vielseitigsten dauerbeanspruchte Stahlbauteil bei Eisenbahnfahrzeugen dar. Er unterliegt neben den statischen und stoßweisen Belastungen gleichzeitig mehreren sich überlagernden pulsierenden Beanspruchungen, die ihm die Eigenschaft eines mit einer Pulsatormaschine unter Vorlast und Stoßlast zu prüfenden Konstruktionsteiles verleihen.

Aus Abb. 1 sind die Kräfte ersichtlich, die auf Tragrahmen von Verbrennungstriebwagen allgemein wirken können. Diese sich überlagernden Kraftwirkungen lassen sich zahlenmäßig nur in umständlichen Rechnungen erfassen. Es liegen auch über die Dauerfestigkeit der angewendeten Schweißverbindungen noch zu geringe Erfahrungen vor. Soweit sich aber die Untersuchung lediglich auf die Formentwicklung geschweißter leichter Tragrahmen beschränkt, ist es heute bereits möglich, aus der Eigenart der Kräfte, ihrer annähernden Größe und ihren Angriffspunkten und aus dem Verlauf durch den Rahmen Kennzeichen und Grundregeln aufzustellen, die ein geschweißter leichter Stahlbauteil aufweisen muß, um dauerhaft zu sein. Dies wird im folgenden für Motortragrahmen versucht.

Die Vielfältigkeit der Rahmenbauarten war einmal durch die Neuheit der Aufgaben und die völlige Freiheit der Triebwagenbauart bei der Konstruktion bedingt. Die verschiedenen Schweißbauweisen vergrößerten die Zahl der Varianten noch weiter. Der Motortragrahmenbau hat sich dreier schweißtechnischer Stahlbauweisen bedient und zwar:

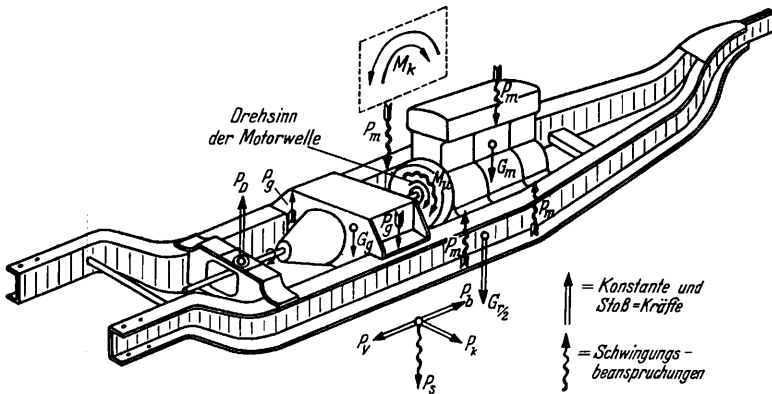
1. der geschweißten Profilkonstruktion,

- 2. der Schweißung mit gekanteten Blechen und neuerdings
- 3. der reinen schweißtechnisch vollkommensten Blechträgerbauweise.

Den genieteten Rahmen am nächsten stehen jene aus geschweißten Profilen. Es lag auf der Hand, daß für den Anfang, als das Schweißen lediglich als eine andere, das Nieten ersetzende Verbindungstechnik betrachtet wurde, von der man vorerst keinen weiteren Einfluß auf die Bauformen erwartete, auch die Motortragrahmenbauart eng an die herkömmliche Nietkonstruktion angeschlossen. Derartig geschweißte Tragrahmen haben sich nicht bewährt. In den Schweißnähten traten zwar weniger Brüche auf. Der Werkstoff aber riß unmittelbar neben den Nähten so häufig ein, daß eine Anzahl gebrochener Rahmen durch Neukonstruktionen ersetzt werden mußten oder kostspielige Ausbesserungen vorzunehmen waren. Dieser Mißerfolg konnte allerdings nicht der Schweißtechnik zugeschrieben werden. Denn inzwischen hatten sich eine Reihe von Schweiß-

Möglichkeiten eindeutig zuzuschreiben. Um so mehr muß der Konstrukteur jeder Besonderheit und Auswirkung des Verbindungsverfahrens nachgehen, da sich für die Werkstoff- und Elektrodenwahl, Fertigung und für den Entwurf von Schweißbauwerken klare Richtlinien ergeben, die späteren unangenehmen Überraschungen vorbeugen können.

Daß bereits Unstetigkeiten im Gefügebau des Werkstoffes seine Dauerfestigkeit herabsetzen können, ist bekannt. Versuchsstäbe, deren Prüfquerschnitte durch Hitzestraßen mit einem Autogenbrenner geschwächt waren, zeigen geringere Dauerfestigkeiten. Allerdings ist das Maß der Wärmeeinwirkung unbekannt geblieben, so daß eindeutige Rückschlüsse aus chemischen Umsetzungen und kristallinen Veränderungen in der Schweißung nicht gezogen werden können. Genaue Versuchsreihen, die Aufschluß über den Zusammenhang von örtlichen Gefügeänderungen und Dauerfestigkeiten geben würden, fehlen. Es liegt aber fest, daß eine Gefügeunstetigkeit im Werkstoff die Dauerfestigkeit längst nicht in dem Maße herabzusetzen braucht, wie die üblichen Fehler beim Schweißen oder ungünstig angeordnete Nähte es tun. Unter Umständen erzeugt die Schweißhitze sogar eine Feinvergütung des Mutterwerkstoffes in der Übergangszone, die z. B. bei mehrschichtig geschweißten Stumpfnähten auch noch auf die unteren Lagen übergreift. Derartige vergütete Schweißungen weisen auch bei wechselnden Kräften hohe Haltbarkeit auf. Diese Vergütung ist allerdings von Elektrode, Werkstoff, Elektrodenführung, Schweißgeschwindigkeit, Wärmeabfluß usw. abhängig. Stumpfnähte sind in dieser Hinsicht weniger empfindlich als aufgelegte oder Kehlnähte. Schweißfestigkeiten von Zugproben aus St 37 mit einseitig aufgelegter Schweißraupe senkrecht zur Kraftlinienrichtung ergaben 21 kg/mm², in einem anderen Fall 16,8 kg/mm². Diese Werte liegen bereits stark unter der Dauerfestigkeit des unbeschädigten Bleches (27 kg/mm²). Ihre große Streuung weist einmal darauf hin, daß die Tiefe des Einbrandes und damit Art und Ausmaß der Gefügeverschiedenheit beim Bewerten derartiger Proben nicht außer acht gelassen werden dürfen. Daß ein seichter Einbrand und eine schmale aufgelegte Raupe einen geringeren Einfluß auf die Haltbarkeit ausübt, liegt auf der Hand. Andererseits dürften bei dieser Art von Proben bereits die Mängel bei der Herstellung einer Schweißung eine Rolle spielen. Die ungünstigen mechanischen Verhältnisse in der Naht und im Übergang verschlechtern den Kraftfluß und erhöhen



- G_r = Rahmengewicht
 - G_m = Motorgewicht
 - G_g = Getriebe-gewicht
 - P_m = Gegenkräfte des Motor-Drehmomentes
 - P_b = Beschleunigungs-kräfte
 - P_v = Verzögerungs-kräfte (durch Bremsen)
 - P_k = Zentrifugalkräfte beim Einfahren in Krümmungen
 - P_s = Kräfte durch Schienenstöße
 - P_g = Gegenkräfte des Getriebe-momentes
 - $P_{1,2}$ = Kräfte durch Dreh-momentenstütze
 - M_u = Moment durch unsym-metrisch umlaufende Motor-teile
 - M_k = Kreiselmomente in vertikaler Rahmenlängsebene
- bezogen auf das Gesamt-gewicht (Aus-rüstung u. Rahmen)*
- ↑ = Konstante und Stoß-Kräfte
 ⚡ = Schwingsbeanspruchungen

Abb. 1. Kräfte auf den Motortragrahmen.

konstruktionen im Schienenfahrzeugbau hervorragend bewährt. Allerdings waren sie nach den Erkenntnissen gebaut, die der Schweißtechniker in die Konstruktionsbüros hineingetragen hatte. Es genügt eben nicht, sich vom Schweißer die Kenntnis des besten Schweißverfahrens anzueignen und dies für Bauwerke anzuwenden, die nach den Gesichtspunkten der Nietung zusammengestellt waren. Die beste Schweißnaht kann am falschen Platz Unheil anrichten. Die Mißachtung der gänzlich verschiedenen mechanischen Grundlagen, nach denen Schweiß- und Nietkonstruktionen gebaut werden sollten, mußte gerade bei den Motortragrahmen in kurzer Zeit zu überraschenden Brüchen führen, weil die angewendeten geschweißten Verbindungen nicht die nötige Widerstandsfähigkeit aufwiesen, wie sie gerade Motortragrahmen besitzen müssen.

Die Dauerfestigkeit geschweißter Verbindungen kann durch Einflüsse gemindert werden, die

- 1. metallurgischer.
- 2. herstellungstechnischer und
- 3. konstruktiver Art sind.

Die meisten Brüche entstehen zwar durch gemeinsames Zusammenwirken dieser Ursachen. Darum ist es auch oft schwer bei aufgetretenen Schäden die Schuld einer dieser drei

die Kerbempfindlichkeit und Dauerbruchgefahr. Schweißnähte lassen bei geringer Sorgfalt im unbearbeiteten Zustand an den Übergangsstellen Einbrandkerben, Schweißkrater, Poren, Blasen, Spritzkugeln, Überhitzung und schlechte Bindungsstellen als Quellen von Dauerrissen erkennen. Kehlnähte, die aufgelegten Raupen nahe kommen, sind besonders damit behaftet. Auch die Querschnittsverstärkungen durch die Raupen wirken im gleichen Sinne. Sie stören die gleichmäßige Verteilung der Kraftlinien, drängen sie an besonders gefährdeten Stellen zusammen und leiten ebenfalls den vorzeitigen Dauerbruch ein. Sie setzen die Biegeschwingsfestigkeit stark herab. Stumpfnähte, die in normaler Lage einfacher und sicherer zu schweißen sind, fordern an hochbeanspruchten Stellen eine Nacharbeit durch Überschleifen der Raupen, Übergänge und Einbrandkerben. Ihre von Schweißverbindungen anderer Art unerreichte Dauerfestigkeit steigt durch diese Maßnahme außerordentlich. So zeigte eine unbearbeitete Stumpfnah mit Wurzelverschweißung im Dauerzugversuch eine Haltbarkeit von 17 kg/mm². Einseitig bearbeitet, mit abgeschliffener Wurzel, zeigte die Stumpfnah eine Dauerfestigkeit von 18,2 kg/mm² und mit beiderseits abgearbeiteten Wulsten eine solche von 20,2 kg/mm².

Daß Nahtstücke in Längsrichtung eines Stabes sich sehr ungünstig verhalten, ist bereits durch Versuche des Staatlichen Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem festgestellt und in der Praxis zahlreich bewiesen worden (Bierett, Autogene Metallbearbeitung 1934, Heft 15/16). Ursächlich ist für eine geringere Haltbarkeit einer Schweißverbindung der unvollkommene Mechanismus verantwortlich, der sich besonders bei quer zur Krafrichtung verlaufenden Raupen oder Kehlnähten ungünstig auswirkt. Während des Erkaltes zieht die Schweißung sich wie Stahlguß zusammen und drückt dem Werkstoff Spannungen auf, die einen stetigen Kraftlinienfluß im beanspruchten Teil stören. In Abb. 2 a und b sind über einem durch aufgelegte Raupen geschwächten Querschnitt die Spannungen aufskizziert. Wenn der Stab eine bestimmte Zugkraft P aufzunehmen hat, so fällt der Druckteil D für die Nutzlast aus, der größte Teil der Kraft wird von dem „gestreckten“ Zugteil Z aufgenommen, wirkt also nicht mehr als gleichmäßig über den Querschnitt verteilt, sondern als unsymmetrische Last

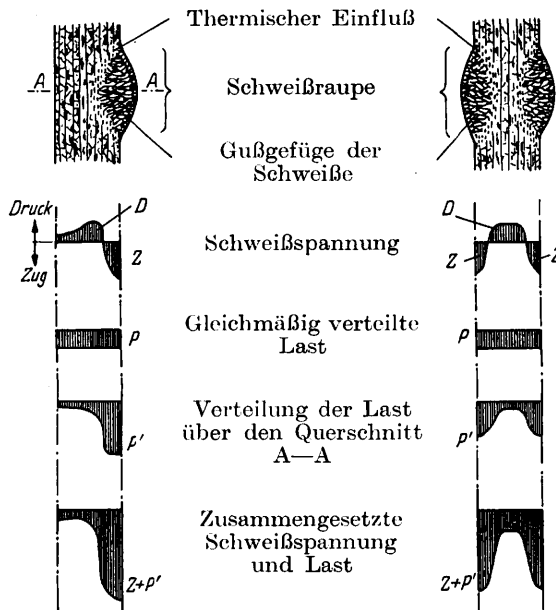


Abb. 2 a.

Abb. 2 b.

Spannungen über einen durch aufgelegte Schweißraupen geschwächten Querschnitt.

mit dem Höchstwert P' , die sich mit den Schweißspannungen zu einer hohen Spitzenbeanspruchung $Z + P'$ zusammensetzt. Aus dem Spannungsverlauf einer Doppelraupe über einem gezogenen Querschnitt kann man ohne weiteres ersehen, daß sich die Haltbarkeit eines derartigen Stabes nicht wesentlich gegenüber der einseitigen Raupe verschlechtern kann. Denn die Belastung bleibt symmetrisch und die Spitzenspannungen in den Raupen sinken sogar ab. Diesen Überlegungen tragen auch die entsprechenden Versuchsergebnisse Rechnung (Bierett, Elektroschweißung 1934, Heft 4, S. 68, Maschinenbau und Betrieb 1934, Augustheft).

Wie groß die übrigen bereits genannten ungünstigen Einflüsse der Fehlerquellen sein können, wobei hier die Kerbwirkungen hervortreten dürften, ist noch nicht genügend erforscht. Ein anderen Versuchen entnommener Dauerfestigkeitswert über doppelseitige Nähte mit 11 kg/mm^2 läßt erkennen, daß sogar ein starker Abfall auftreten kann, für den aber sichtlich sehr ungünstige Bedingungen herstellungstechnischer Art verantwortlich sein dürften, denn die gleiche Versuchsreihe gibt für einen Kreuzstoß mit vollkommen verschweißter Trennfuge 15 kg/mm^2 an, wobei man erwartet hätte, daß ein durch Schweißgut vollständig unterbrochener Querschnitt nicht ungünstiger sein könnte, als einer mit wenigstens

teilweise durchgehendem „gesundem“ Werkstoff. Auf jeden Fall sind diese Angaben insofern lehrreich, weil sie erkennen lassen, daß Bauteile mit aufgelegten Quernähten oder unterbrochenen Längskehlnähten und nur zum Teil durch Schweißung „gekerbten“ Werkstoff durchaus noch nicht mit einer von vornherein bestimmbar Dauerfestigkeit ausgeführt werden können. Sie sind stärker abhängig von allen die Schweißung beeinflussenden Faktoren und mehr angewiesen auf das Können und die erhöhte Aufmerksamkeit des Schweißers, als ein völlig durchgeschweißter Querschnitt eines Stumpfstoßes, bei dem Schrumpfspannungen in der Kraftlinienrichtung überhaupt vermieden werden. Werden

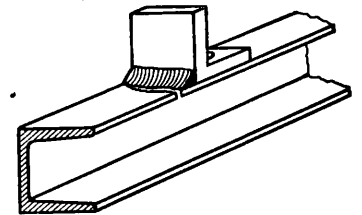


Abb. 3. Bruch an einem Längsträger mit aufgeschweißtem Eckwinkel.

Kehlnähte quer zum Kraftfluß angeordnet und außerdem noch belastet, so kann sich die Unsicherheit bei der Herstellung unheilvoll auswirken (Abb. 3 und 4). Obwohl die ungünstigen mechanischen Verhältnisse solcher Schweißverbindungen jetzt bekannt und die meisten Dauerbrüche an geschweißten Stahlbauten auf diese Art von Anschlüssen zurückzuführen sind, verleitet die einfache, aber auch kunstlose Herstellungsmöglichkeit, sie für dynamisch beanspruchte Bauteile zu verwenden. Dieser Optimismus muß aber regelmäßig mit Rückschlägen durch vorzeitigen Bruch erkaufte werden.

Schienenfahrzeuge, besonders Triebwagen, deren Stahlbauten auf die Schweißtechnik wegen ihrer leichten Ausführung angewiesen und deren Beanspruchungen vorwiegend dynamischer Natur sind, verlangen hochwertige Schweißverbindungen. Im besonderen Maße fordert dies der Bau von Motortragrahmen. Der Verlauf ihrer baulichen Entwicklung ist wegweisend für die Gestalt dynamisch beanspruchter Bauteile. Die vielseitige hohe Beanspruchung liefert in verhältnismäßig kurzer Zeit einwandfreie Ergebnisse über die Haltbarkeit von geschweißten Verbindungselementen.

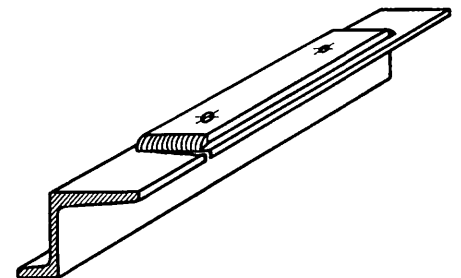


Abb. 4. Bruch an einem Längsträger mit aufgeschweißter Motorpaßleiste.

Da sie an praktisch ausgeführten Teilen gewonnen werden, sind sie insofern wertvoll, als Versuche an Probekörpern meistens nicht den wirklichen Verhältnissen entsprechend ausgeführt werden können.

Für den Bau der geschweißten Motortragrahmen mußten Grundsätze, die sich im wesentlichen auf die Beurteilung einer Konstruktion nach der rein statischen zulässigen Beanspruchung stützten, verlassen werden. Denn es stellt für deren Haltbarkeit keinen Maßstab dar, ob der gefährdetste Querschnitt 800 kg/mm^2 oder 1200 kg/cm^2 Belastung aufweist. Es ist durchaus möglich, daß ein Rahmen mit geringen Beanspruchungen und ungünstiger Formgebung weit eher zu Bruch geht, als eine hochbeanspruchte „schweißgerechte“ Konstruktion. Es besteht zwar noch keine einheitliche Auffassung über den Wert der verschiedenen Schweißbauweisen. Dafür gibt es, abgesehen von den geringen Versuchsunterlagen, zwei Ursachen: einmal werden sichere Erfahrungen erst nach längerer Betriebszeit gesammelt und dann nicht immer an Stellen, die am Entwurf unmittelbar mitwirken. Wesentlicher und am fühlbarsten ist der Mangel an einer Art schweißtechnischen Konstruktions-

gesinnung, die bei Schweißbauwerken ganz verschieden ist von den zur Selbstverständlichkeit gewordenen Grundsätzen der Nietbauweise. Diese stellt an das konstruktive Gefühl keine übermäßigen Anforderungen mehr. Ihrer Berechnung zugrunde gelegte gelenkige Anschlüsse decken sich mit der praktischen Ausführung, weil sie „weich“ sind und bei Wechsellast sich vor dem Bruch dem Rechnungszustand weiterhin nähern. Daß sich aber Nietverbindungen z. B. am Motortragrahmen überhaupt nicht eignen, zeigt der Rahmen (Abb. 1 der Taf. 15), der starken Schwingungen ausgesetzt war. Bei verhältnismäßig niedrigen Beanspruchungen lockerten sich die Niete an den beiden einen Untergurt darstellenden Winkeleisen und sprangen ab. Diese wurden entlastet, der schmale Steg sackte durch und riß infolge Überbeanspruchung seiner schmalen untersten Kante ein. Die geschweißte Neuentwicklung dieses Rahmens zeigt Abb. 2 der Taf. 15. Diese Gegenüberstellung kennzeichnet deutlich die Forderungen an schweißtechnisch einwandfreie dauerbeanspruchte Stahlbauwerke.

Davon ist die erste an sich nicht neu, nämlich daß die Kräfte unter möglichst gleichmäßiger zulässiger Beanspruchung durch die kraftführenden Bauglieder der Konstruktion geführt werden sollen. Dies konnte schon bei Gußteilen im besten Maße verwirklicht werden. Die Beanspruchung soll also nicht sprunghaft wechseln, sondern unvermeidliche Spitzen müssen allmählich an- und abschwelend übernommen werden. Die Nietung, deren Anschlüsse eine vollkommene Kräfteführung unmöglich machte, die außerdem auf querschnittstarre Profile angewiesen war, mußte sich hinsichtlich dieser Forderung darauf beschränken, daß an keiner Stelle die zulässige Beanspruchung überschritten wird. Sie kann die Belastung nur stufenweise aufnehmen und muß innerhalb der gleichmäßigen Querschnitte einen Belastungsabfall und an den Übergängen einen schroffen Kraftwechsel zulassen.

Die gleichen Eigenschaften müssen auch den Schweißbauweisen nachgesagt werden, die sich ausschließlich Profile, gekanteter Bleche und Kastenträger bedienen. Bei Laschen oder ähnlichen Kraftübertragungsmitteln treten zum unvermeidlichen unsymmetrischen Kraftangriff mit inneren Biegemomenten in der Naht und zum Belastungssprung auch noch schwer zu beherrschende Schweißspannungen in Krafttrichtung hinzu. Jeder schroffe Belastungswechsel setzt die Dauerfestigkeit empfindlich herab (siehe auch Dauerfestigkeitsversuche mit Schweißverbindungen, Bericht des Kuratoriums für Dauerfestigkeitsversuche im Fachausschuß für Schweißtechnik beim VDI, 1935, VDI-Verlag). Je leichter eine dauerbeanspruchte Konstruktion sein soll, um so mehr sind an ihr Umstände zu vermeiden, die einen frühzeitigen Dauerbruch einleiten können. Die Bereiche verschiedener schweißtechnischer Stahlbauweisen überschneiden sich an einem durch wirtschaftliche Erwägungen festgelegten Grenzgebiet, bei dem eine Bauart durch eine höherwertige abgelöst wird. Für dauerbeanspruchte Konstruktionen, die sehr leicht ausgeführt werden sollen, unterscheiden sich Niet- und Profilschweißbauweise kaum. Diese haben eine so geringe Lebensdauer, daß sie für den Stahlleichtbau kaum mehr in Betracht kommen. Dieser ist auf die Blechträger-Schweißbauweise angewiesen, weil sie in der Stumpfnahat jene Verbindung im Stahlbau verwendet, die als wohl einziges „Maschinenelement“ fähig ist, die Kräfte ohne Spannungspitzen und Beanspruchungswechsel wie im vollen Blechquerschnitt weiterzuleiten. Die einwandfrei ausgeführte Stumpfnahat kennt keine unsymmetrische Kraftübertragung, keine un stetige Kraftumlenkung und die daraus entstehenden Mängel.

Mit dieser ersten Forderung nach gleichmäßiger Beanspruchung steht im unmittelbaren Zusammenhang die zweite, die verlangt, daß die Dehnungsverhältnisse über alle die Hauptkräfte führenden Einzelabschnitte des Bauwerks mög-

lichst gleich sind, zumindest aber innerhalb einer kurzen Länge keine schroffen plötzlichen Änderungen aufweisen. Bisher hat die Betrachtung der Elastizität bei maschinentechnischen Stahlbauten keine überragende Rolle gespielt und wenig die Gestaltung von genieteten und geschweißten Konstruktionen beeinflusst. Bei den ersteren war es ohnedies überflüssig, denn

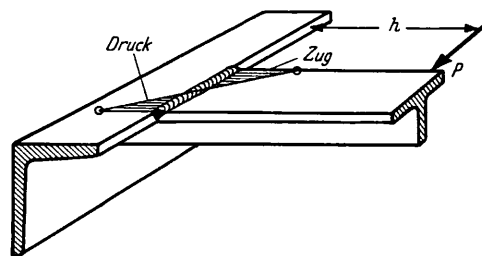


Abb. 5. Einspannwirkung einer Schweißnaht bei senkrechtem Anschluß.

die Nietanschlüsse gewährleisteten eine bei kleinsten Formänderungen wirkende Gelenkigkeit, so daß bei Stößen oder Schwingungen kurzzeitige hohe Einspannmomente an den Anschlußstellen nicht auftreten konnten. Dies ändert sich wesentlich beim Schweißen solcher Konstruktionen, die ihre Herkunft von der Nietbauweise nicht verleugnen können. Dort sind alle Anschlüsse auch für kleinste

Formänderungen starr. Jede Kräfte-wirkung löst an der ohnehin durch die oben besprochenen Verhältnisse geschwächten Kehlnahat ein bedeutendes Einspannmoment aus. Durch Fertigungs-ungenauigkeiten, Schweißspannungen und dergl. stehen bei

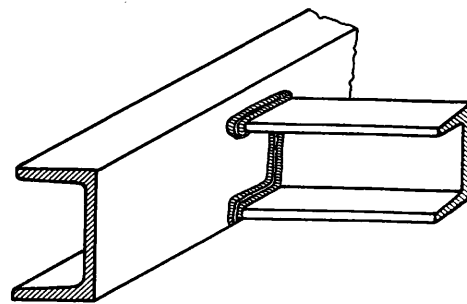


Abb. 6. Bruch in der Naht eines senkrechten Querträgeranschlusses.

einem geschweißten Stahlbauwerk die Anschlüsse bereits im Ruhezustand ohne Zweifel unter einem gewissen Dauerspannungszustand, der sich im Gegensatz zur Nietkonstruktion bei längerer Beanspruchung nicht in dem Maße ausgleichen wird, als es für die Dauerhaltbarkeit notwendig wäre. Weiter-

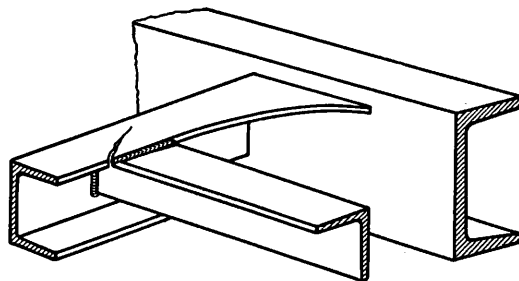


Abb. 7. Bruch eines Querträgers durch Einspannwirkung an einer Schweißnaht bei senkrechtem Trägeranschluß.

hin teilt sich jede stoß- oder schwingungsartige Beanspruchung, durch Hebelwirkung um ein Vielfaches verstärkt, unmittelbar den Anschlußstellen mit, die sie — mangels jeder Dehnungsfähigkeit — ohne jede Dämpfung aufnehmen müssen. Innerhalb der Schweißnaht löst dann die ungünstige Belastungsverteilung und die Kerbwirkung am Nahtende (Abb. 5) den Dauerbruch aus. Derartige Brüche treten regelmäßig an Querträgern auf, die senkrecht ohne Laschen auf die Längsträger aufgesetzt waren (Abb. 6). Bei starker Naht und gut ausgeführter Schweißung folgt der Dauerbruch nicht der Naht,

sondern geht vom Nahtanfang oder Endkrater auf den Werkstoff über, wie der Bruch in Abb. 7 zeigt. Eine Schweißbauweise, welche diese Wesensunterschiede zwischen Nieten und Schweißen bei der Gestaltung der Anschlüsse nicht berücksichtigt, ist gegen Stöße und Schwingungen empfindlich und eignet sich nicht für dauerbeanspruchten Leichtbau.

Die Aufgabe, die Anschlußstellen von schädlichen Einspannmomenten zu entlasten, löst die Blechträgerbauweise. Bei ihr liegen die Nähte entweder an völlig untergeordneter Stelle, wie z. B. die Längskehlnähte zwischen den Trägergurten und -stegen, oder es werden ihnen höchstens lineare Zug- oder Druckspannungen zugemutet, wie bei den Stumpf- und Kehlnähten. Die letzteren eignen sich dafür in besonderem Maß. Sie können überdies noch ohne Mehrgewicht in geringer beanspruchte Stellen gelegt werden. Sie sind von Einspannmomenten, wie sie bei Laschen oder unmittelbaren Profilanschlüssen von den Schweißnähten zu übernehmen sind,

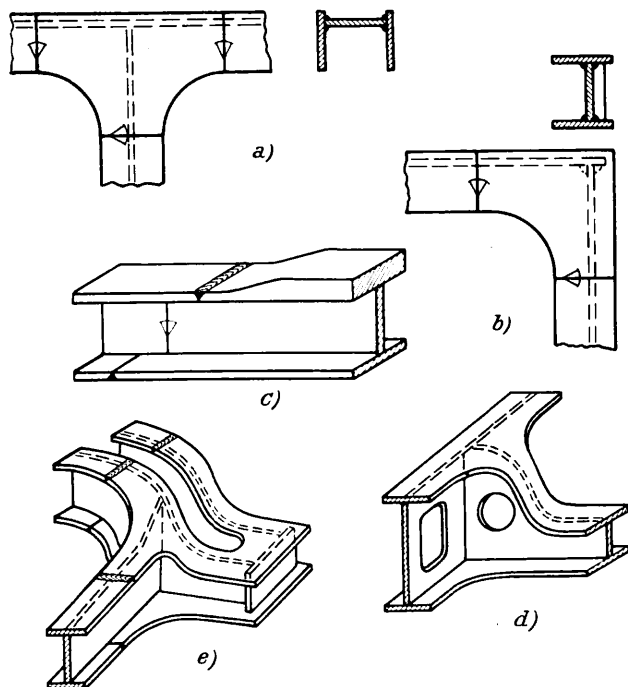


Abb. 8. Anschlüsse bei geschweißter Blechträgerbauweise.

- a) senkrechter biegesteifer T-Anschluß
- b) senkrechter biegesteifer L-Anschluß
- c) Stumpf- und Übergangstoß
- d) Anschluß verschieden hoher Träger
- e) Räumlich verwundene Trägerformen

entlastet. Die Eckanschlüsse werden bei der Blechträgerbauweise durch die ausgerundeten „Knotenbleche“ versteift, welche an den Längs- oder Querträgern in die Ober- oder Untergurte verlaufen. Um den Blechverschnitt zu vermeiden und die Schweißarbeiten zu vereinfachen, sieht man an geeigneten querschnittgleichen und knickfreien Stellen Stumpfstoße vor. Derartige Eckverbindungen und Anschlüsse sind in Abb. 8 gezeigt und in den Rahmen auf den Abb. 2, 3, 4, 5 und 6 der Taf. 15 verwendet. Die Stumpf- und Kehlnahtanschlüsse eines geschweißten Blechträgers haben auf die Querschnitts- und Dehnungsverhältnisse keinen ungünstigen Einfluß bezüglich der Dauerfestigkeit wie Laschen- oder senkrechte Profilanschlüsse. Dies mag an einem Beispiel veranschaulicht werden, das die Kerbwirkung an einer verhältnismäßig noch günstigen Laschenverstärkung (Abb. 9) aufzeigt*).

*) Hier folgt der Verfasser den Ausführungen von Miehle, „Die Kerbwirkung“ in: „Geschweißte Träger“ vom Juni 1936, Heft 4. Dort wird eine für die erste Annäherung genügende Veranschaulichung der Mechanik von Schweißverbindungen auf gezeigt.

Der Gurt ist einer Zugbeanspruchung unterworfen und sei für sich betrachtet. Er wird auf die Länge n durch die Schweißnaht und die Lasche an seiner normalen Dehnung verhindert. Das Nahtstück n ist gegenüber dem Gurt a als dehnungsunfähig anzusehen, da es dessen Dehnung nur in ganz beschränktem Maß folgen kann. Im Nahtbereich n wäre die Gurtdehnung:

$$d_g = \frac{p}{f d} \cdot \frac{n}{E} = \sigma_t \cdot \frac{n}{E}$$

f_d ist der dehnungsfähige Querschnitt des Gurtes. Innerhalb der Übergangsstelle d_n muß ein Ausgleich in der Spannung

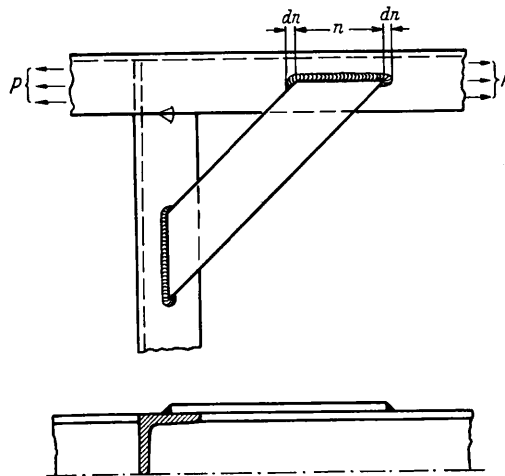


Abb. 9. Geschweißter Laschenanschluß.

erfolgen. Die Nahtbeanspruchung errechnet sich aus der Gleichheit der beiden Dehnungen im Übergang d_n . Also ist:

$$d_g = \sigma_t \frac{n}{E} = \frac{\sigma_n \cdot d_n}{E} = d_n: \quad \sigma_{d_n} = \sigma_t \cdot \frac{n}{d_n} = \sigma \cdot \frac{n}{d_n}$$

Nun habe n eine Länge von 150 mm, d_n ist höchstens 10 mm. Also würde am Nahtende d_n die 15fache Spannung wie im Gurt herrschen. Dies bedeutet bei einer Gurtzugspannung von 400 kg/cm² eine Kerblast im Übergang von 6000 kg/cm², die praktisch nur gemildert wird durch die beschränkte Dehnungsmöglichkeit der Naht.

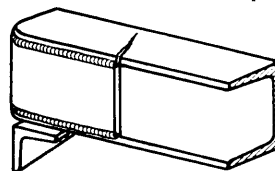


Abb. 10. Riß an einem Tragrahmenlängsträger, vom Ende einer Längsnaht ausgehend.

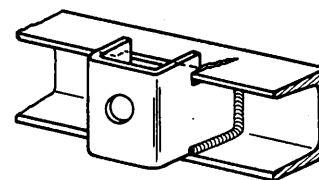


Abb. 11. Riß an einem Tragrahmenlängsträger von Quernähten ausgehend.

Ein Dauerbruch an einer solchen Stelle, die durch den Endkrater noch geschwächt ist und bei der noch die Spitzenspannung eines möglichen Einspannmomentes herrscht (Abb. 10), kann nur durch starke Überbemessung vermieden werden. Wenn Motortragrahmen aber so leicht als möglich gebaut werden sollen, so scheidet eine derartige Schweißverbindung naturgemäß aus, wenn gleiche Sicherheit gefordert wird.

Die dritte Forderung nach einem möglichst knickfreien, flüssigen Verlauf der Kraftleitung durch die Bauteile schließt sich eng an die vorausgehenden an. Jede scharfe Umlenkung kraftführender Teile erhöht die Gefahr einer Zusammendrängung von Kraftlinien und örtlichen Überbeanspruchungen. Unstetigkeiten in der Beanspruchung und im Dehnungsverlauf sind die Folge. Einen Bruch, der diesen Ursachen entspringen ist, zeigt Abb. 11. Es wurde bereits

darauf hingewiesen, daß die Bauteile für den geschweißten Leichtbau so wenig als möglich an konstante Querschnitte gebunden sein sollen. Einmal ist es nötig, daß ihr Querschnitt sich dem Verlauf der Biegemomente stetig anpassen kann.

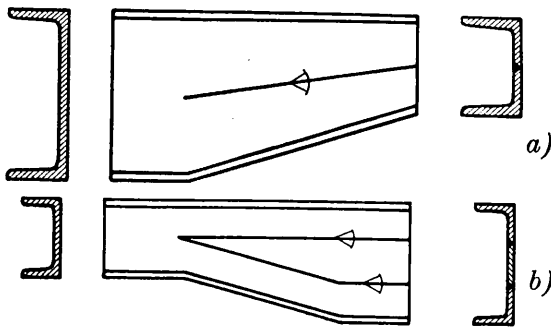


Abb. 12.

- a) Aufgeschlitztes verjüngtes Profil
- b) Aufgeschlitztes verbreitertes Profil

Dies ist bei Profilen nicht zu erreichen, während die Blechbauweise durch die allmähliche Veränderung der Steghöhe und Gurtbreiten und die Veränderung der Blechdicken zwanglos

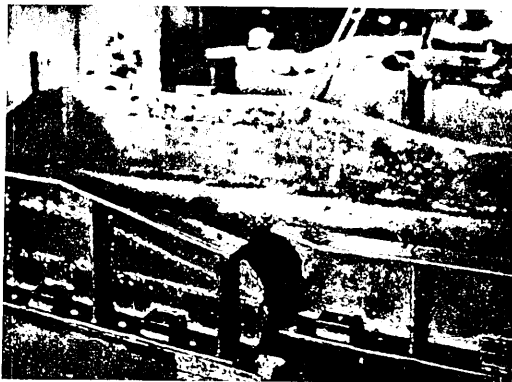


Abb. 13. Dauerbruch an einem geschlitzten Tragrahmenprofilträger.

der Beanspruchung folgen kann. Ferner sollen die Kräfte bei Richtungswechseln nur unter schwachen Neigungen und bei Umlenkungen nur mit großen Radien weitergeleitet werden.

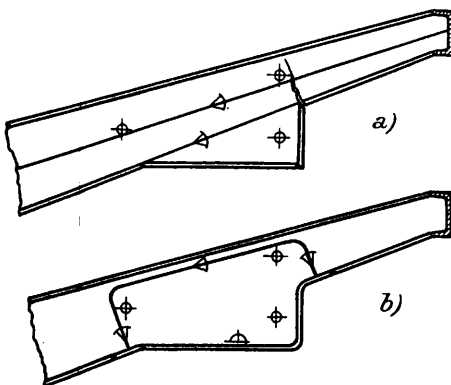


Abb. 14.

- a) Dauerbruch durch Kerbwirkung an einem Querschnittsübergang
- b) Schweißgerechte Ausbesserung des Bruches

Auch hier sind Profile im Nachteil. Ihre Bauteile können bei räumlichen Konstruktionen im wesentlichen nur in die aufeinander senkrecht stehenden Hauptrichtungen gelegt werden. Ihre natürliche Anschlußform ist die einer senkrechten Verbindung. Die Anpassungsfähigkeit ihrer Gestalt an die mannigfaltigen Anforderungen, die an den Motortragrahmen gestellt werden,

ist sehr gering. Entsprechend wird ihr Gewicht groß und die Anschlüsse, die auf Laschen angewiesen sind, nicht dauerhaft. Auch die vier Wege, die man eingeschlagen hat, um Profile anpassungsfähiger zu machen, haben keine sichere Lösung gebracht.

Das Aufschlitzen der Stege, um die Profilhöhen zu verändern (Abb. 12 a und 12 b), hat durch starke Überbeanspruchung des Baustoffes an den Biegestellen und Spannungen beim Schweißen der Zwischennähte große Kerbwirkungen hervorgerufen. Abb. 13 zeigt einen Dauerbruch durch das Ende eines aufgeschlitzten Profiles. Einen Bruch, der einer ähn-

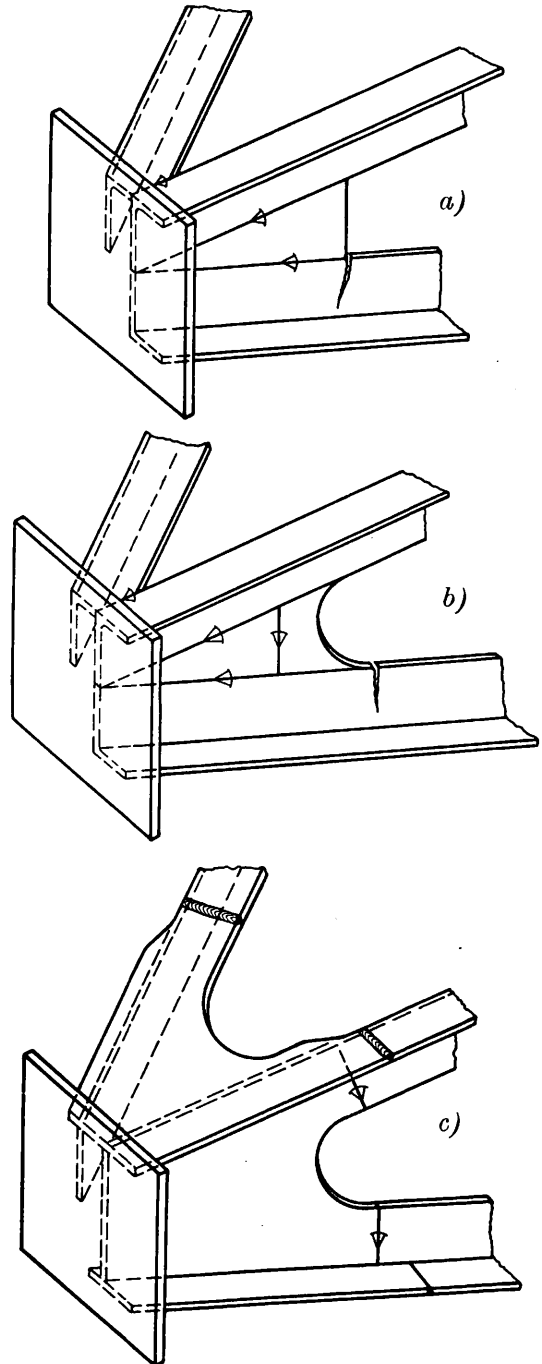


Abb. 15.

- a) Dauerbruch an Tragrahmenträgern mit eingeschweißten Eckblechen
- b) Fehlerhafte Ausbesserung
- c) Schweißgerechte Ausbesserung

lichen unvermittelten Profilquerschnittsänderung zuzuschreiben ist, zeigt Abb. 14 a. Die Gefahrstelle wurde durch Einsetzen eines durchgehenden Gurtes und durch ein Stegstück nach Abb. 14 b vermieden. Ein gleichgearteter Bruch ging von den eingeschweißten Blechecken (Abb. 15 a und b) des in Abb. 2 dargestellten Rahmens aus. Eine kraftflüssige Verbesserung war nur durch Ersatz der Ecken nach Abb. 15 c möglich.

Das Biegen der Profile führt nur in beschränktem Maß zur Verbesserung der Kraftführung. Es müssen dabei einige Nachteile in Kauf genommen werden. Beim Rahmen in Abb. 7 der Taf. 15 kann durch die gebogenen U-Profile eine gute Anpassungsfähigkeit an die Beanspruchung erzielt werden. Aber die dazwischen eingesetzten Stegbleche, die mit langen Stumpfnähten an die Schenkel der U-Profile angeschweißt

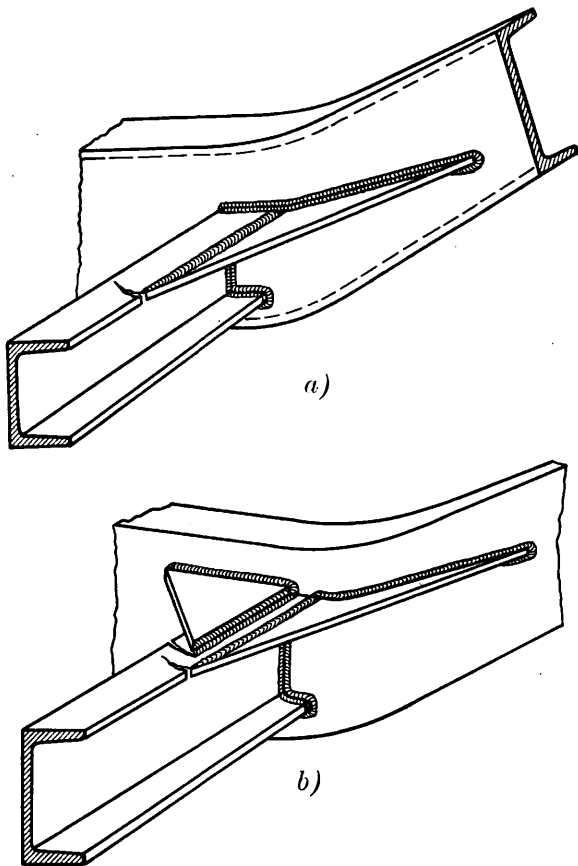


Abb. 16.

- a) Anriß an einer eingesetzten Querträgereckversteifung
- b) Anriß an einer aufgelegten Querträgereckversteifung

sind, erschweren die Herstellung in hohem Maße. Die Paßarbeiten sind sehr umfangreich und durch die starken Schrumpfspannungen der Stumpfnähte in Längsrichtung äußerst erschwert. Außerdem bleiben für die Anschlüsse von Querträgern nur mehr ungünstige Möglichkeiten übrig. Dies weist

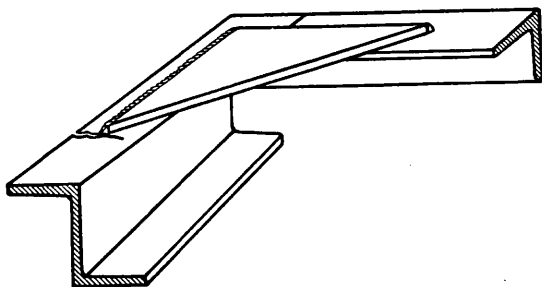


Abb. 17. Anriß an einem aufgelegten Eckblech.

sich besonders bei Rahmen mit hohen Profilen (Abb. 8 der Taf. 15) als nachteilig aus. Zu den hohen Kosten der Biegearbeit treten noch die ungünstigen Verbindungen und Kraftübergänge. Daß Laschen und Eckbleche beim Motortragrahmen nur schwere und wenig haltbare Anschlüsse ergeben, zeigt die angebliche Verbesserung des bereits angeführten Rahmens auf Abb. 8 der Taf. 15, dessen gebrochene senkrecht zu den Lastträgern geführten Querverbindungen durch Eck-

bleche nach Abb. 16a ausgesteift wurden. Es traten nunmehr an den Ecken der Aussteifungen regelmäßig Brüche auf.

Gleichgelagerte Brüche weisen Querträger mit zweiseitigen Eckversteifungen auf. Die Bruchmöglichkeiten wurden durch diese Eckversteifungen sogar vermehrt (Abb. 16 b). Eingesetzte oder aufgelegte Eckversteifungen zeigen kein unterschiedliches Verhalten. Sogar eine Eckverbindung mit der Schweißnaht in der neutralen Faser nach Abb. 17 löste Dauerbrüche aus. Auch die Risse am Rahmen nach Abb. 9 der Taf. 15 konnten mit einer Decklasche, wie Abb. 18 zeigt, nicht geschützt werden (siehe auch Abb. 7). Dieser riß an den Schweißstellen, ein Bruch ging sogar von der Nahtmitte aus.

Auch gekantete Bleche, wie sie die Rahmen auf Abb. 9 und 10 der Tafel 15 aufweisen, stellen für Motortragrahmen keine grundsätzlichen Verbesserungen dar. Zwar ist der Konstrukteur in der Wahl seiner Formen freier wie bei Profilen. Aber die Kosten für Biege- und Schmiedarbeiten, auch die Blechabfälle steigen mit starken räumlichen Ausladungen, ohne daß sich die Anschlußmöglichkeiten für Querträger, Eckverbindungen und dergl. gegenüber den Profilkonstruktionen verbessern. Die Anpassungsfähigkeit der gekanteten Bleche steigt Profilen gegenüber nicht entsprechend

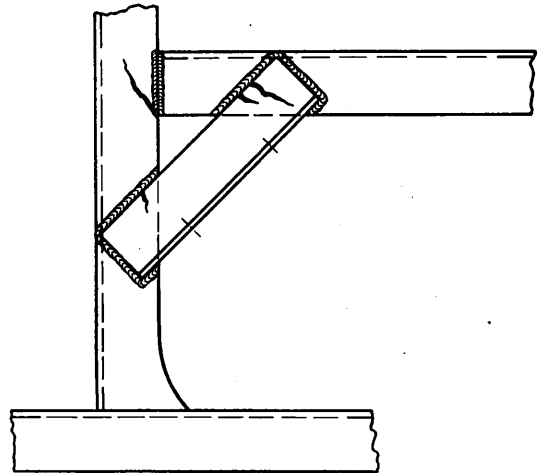


Abb. 18. Anriß an einer aufgesetzten Sicherungsblech.

dem nötigen Mehraufwand. Dazu tritt aber ein weiterer Nachteil, der sich auch schon bei Profilen bemerkbar macht, stark in den Vordergrund: Die Werkstoffverteilung, die bereits über die Trägerlänge nicht ideal ist, ist auch im Querschnitt ungünstig. Bei einem auf Biegung beanspruchten Träger wäre es selbstverständlich, bei gegebener Höhe möglichst viel Werkstoff an den äußersten stark beanspruchten Flanschen der Ober- und Untergurte anzuhäufen, denn der Steg trägt zum Widerstandsmoment nur wenig bei. Bei Profilen sind die Flansch- und Stegstärken durch die Walztabelle gegeben, die nicht für alle Verhältnisse die geeignetste Ausbildung vorsehen. Bei gekanteten Blechen hat Steg und Gurt gleiche Blechstärke. Mit dem geschweißten Blechträger kann man dagegen nicht nur der Länge nach, sondern auch im Querschnitt eine möglichst günstige Bauform erreichen. Wie aus Abb. 19 ersichtlich ist, kann ein geschweißter Blechträger im gleichen Raum bei gleichem Widerstandsmoment lediglich wegen seiner günstigeren Werkstoffanordnung im Querschnitt gegenüber einem U-Profil um 13% leichter gehalten werden. Gegenüber einem gekanteten Blech beträgt die Gewichtsersparnis sogar 15%.

Um die Querschnittsform bei Profilen und gekanteten Blechen zu verbessern, werden häufig die Gurte durch aufgeschweißte Lamellen verdoppelt, die mit Flanken- und Stirnkehlnähten auf das Grundprofil aufgeschweißt sind (Abb. 8, 9 und 10 der Taf. 15). Für den dauerbeanspruchten Leichtbau kommen jedoch derartige Zwischenlösungen aus

mehreren Gründen nicht in Frage. Die Dauerfestigkeit am Anfang einer Doppellamelle ist, wie bei einer Lasche, niedrig und auch bei Vermeidung einer reinen Stirnkehlnaht durch zugeschärfte Laschenenden gering*). Durch das Schrumpfen der Nähte in Quer- und Längsrichtung erhöhen sich die inneren Spannungen. In Querrichtung werden nach dem Erkalten der Nähte die Lamellen in Zug- und die Trägerflansche in

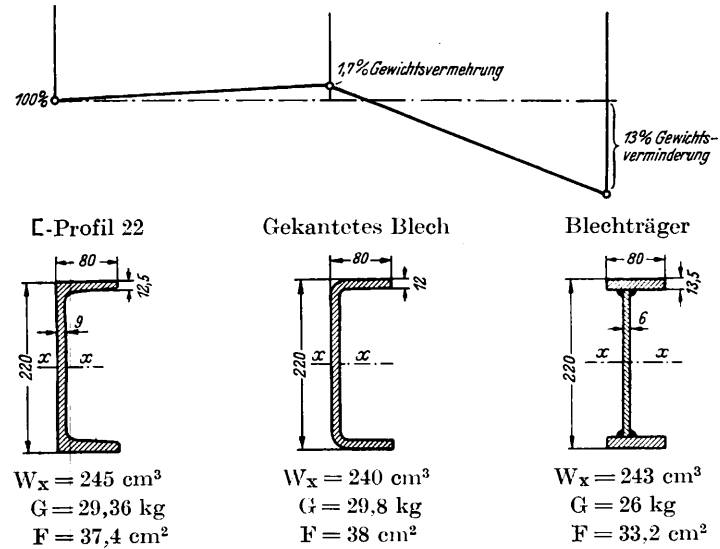


Abb. 19. Gewichtsverhältnisse verschiedener Trägerformen bei gleichen Widerstandsmomenten.

Druckspannungen versetzt. Außerdem wölben sich die Doppelungen so, daß kein dichtes Anschließen der Flächen möglich ist. Sie neigen daher beim Eindringen von Wasser zu starken Zersetzungen (Abb. 20). Auch in Längsrichtung treten erhebliche Schrumpfspannungen auf. Die zusammengesetzten Spannungen an einer derartigen Untergurtverstärkung, die durch Last noch auf Zug beansprucht wird, ergeben daher, abgesehen von dem Verstoß gegen gleichmäßige Querschnittsübergänge und Dehnungsverhältnisse am Lamellenende, ein völlig anderes Bild über den Wirkungsgrad von solchen Verstärkungen, da sich nie eine gleichmäßige Lastverteilung auf

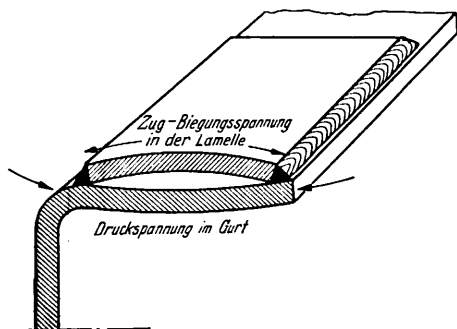


Abb. 20. Aufgeschweißter Doppelgurt.

Gurt und Lamelle einstellen wird. Eine Trägerform nach Abb. 20 bringt auch arbeitstechnisch gegenüber einem geschweißten Blechträger keine Vorteile. Die Kehlnähte sind von gleicher Anzahl und bei Doppellamellen eher schlechter zu

schweißen. Die Verwerfungen des Profilträgers beim Schweißen sind angenehmer auszurichten. Brüche an derartigen Doppelungen sind zahlreich (Abb. 4). Den Doppelungen kommen die auf den Langträgergurt vielfach aufgeschweißten Paßleisten für den Motor sehr nahe (Abb. 3 und 10 der Taf. 15). Die ungünstigste Anordnung zeigt Abb. 21 a mit Stirnkehlnähten und unterbrochenen Längsnähten von denen jeder Nahtbeginn mit Endkrater eine Gefahrstelle darstellt. Günstiger ist ein nach Abb. 21 b als Paßleiste aufgesetztes U-Profil mit dünnen durchgehenden Nähten,

*) Siehe „Anleitungsblätter für das Schweißen im Maschinenbau“, Berlin 1936, VDI-Verlag G. m. b. H., Seite 8.

wie es bei dem Rahmen nach Abb. 22 und 3 der Taf. 15 angewendet wird. Eine organisch in die Blechbauweise sich einordnende Ausführung zeigt Abb. 21 c. Dort ist aus dem stärker gehaltenen Obergurt eine Paßfläche herausgearbeitet, deren Oberfläche erst nach dem Schweißen und Richten des Rahmens auf Maß abgearbeitet wird. Eine solche Ausführung ist bei dem Rahmen nach Abb. 11 der Taf. 15 verwendet. Kleinere Paßflächen auf dem Obergurt werden besser angeschraubt, um

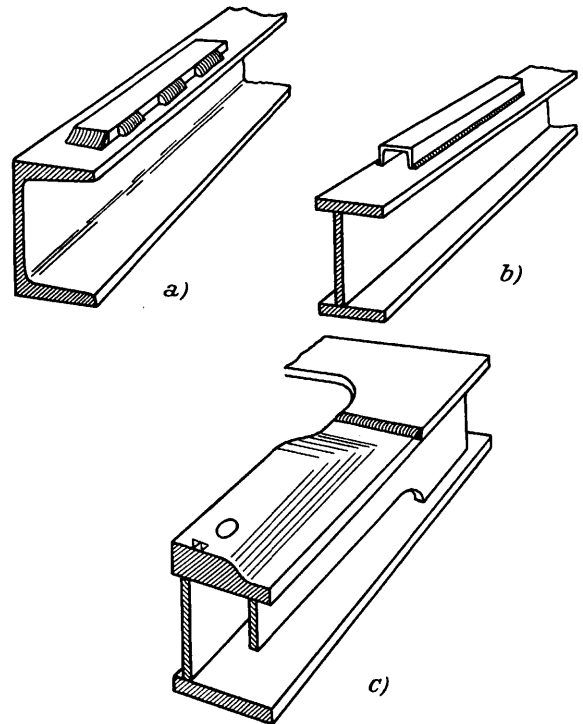


Abb. 21.

a) Mit Kehlnähten aufgeschweißte Paßleiste, b) Paßleiste aus einem U-Profil, c) Paßleiste aus einem Stück mit dem Obergurt.

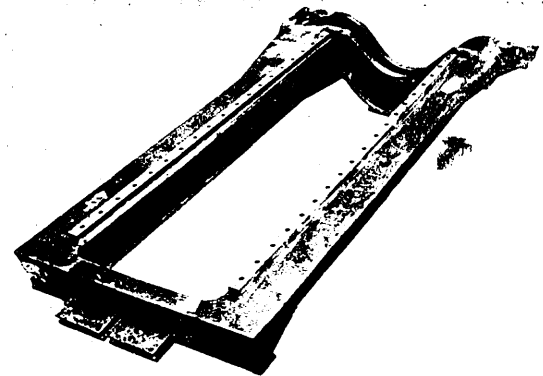


Abb. 22.

Tragrahmen für eine 360 PS-Maschinenanlage im Drehgestell.

die kraftführenden Teile durch ungünstige Nähte nicht unnötig zu schwächen.

Es ist ein Kennzeichen des modernen geschweißten Stahlbaues, daß die Schweißnaht als neues Verbindungselement dazu zwingt, jedes Bauwerk im gesamten Aufbau und in den Einzelheiten neu durchzudenken. Eine genietete Konstruktion kann nicht damit in eine geschweißte verwandelt werden, wenn auf den Zeichnungen: „Geschweißt statt genietet“ vermerkt wird*).

*) Siehe V. Walter. Wien: „Schweißtechnisches Denken als Voraussetzung für Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißverbindungen“ im „Autogen-Schweißer 1936“.

Gerade die Erfahrung aus dem Motortragrahmenbau zeigt, daß der dauerbeanspruchte Leichtstahlbau völlig neue Wege gehen muß, wenn er sich mit Erfolg des Schweißens bedienen will. Hier gilt es über den einmal notwendig gewordenen künstlichen Umweg der Nietprofilbauweise sich einer natürlichen Gestaltungsart zuzuwenden, die sinnvoll mit der zweckmäßigsten auch die formvollendetere Ausführung verbindet. Wie stark sich die geschweißte Blechbauweise dem organischen Wachstum in der Pflanzenwelt nähert, zeigt ein „Leichtbau“ aus der Natur: Der Ast,

Abb. 2 der Taf. 15 zeigen. Der erste wog 950 kg und mußte wegen ungenügender Haltbarkeit durch den zweiten ersetzt werden. Dieser ist aus Blechen „schweißgerecht“ durchgebildet wobei im Hinblick auf die trüben Erfahrungen mit dem Vorgänger sehr vorsichtig und mit zulässigen Beanspruchungen von weniger als 850 kg/cm² bei einer Stoßzahl von 1,5 gerechnet wurde. Die Durchbiegung zwischen Motor und Getriebeaufleger beträgt dabei nur 0,5 mm, welche die elastischen Kupplungen der

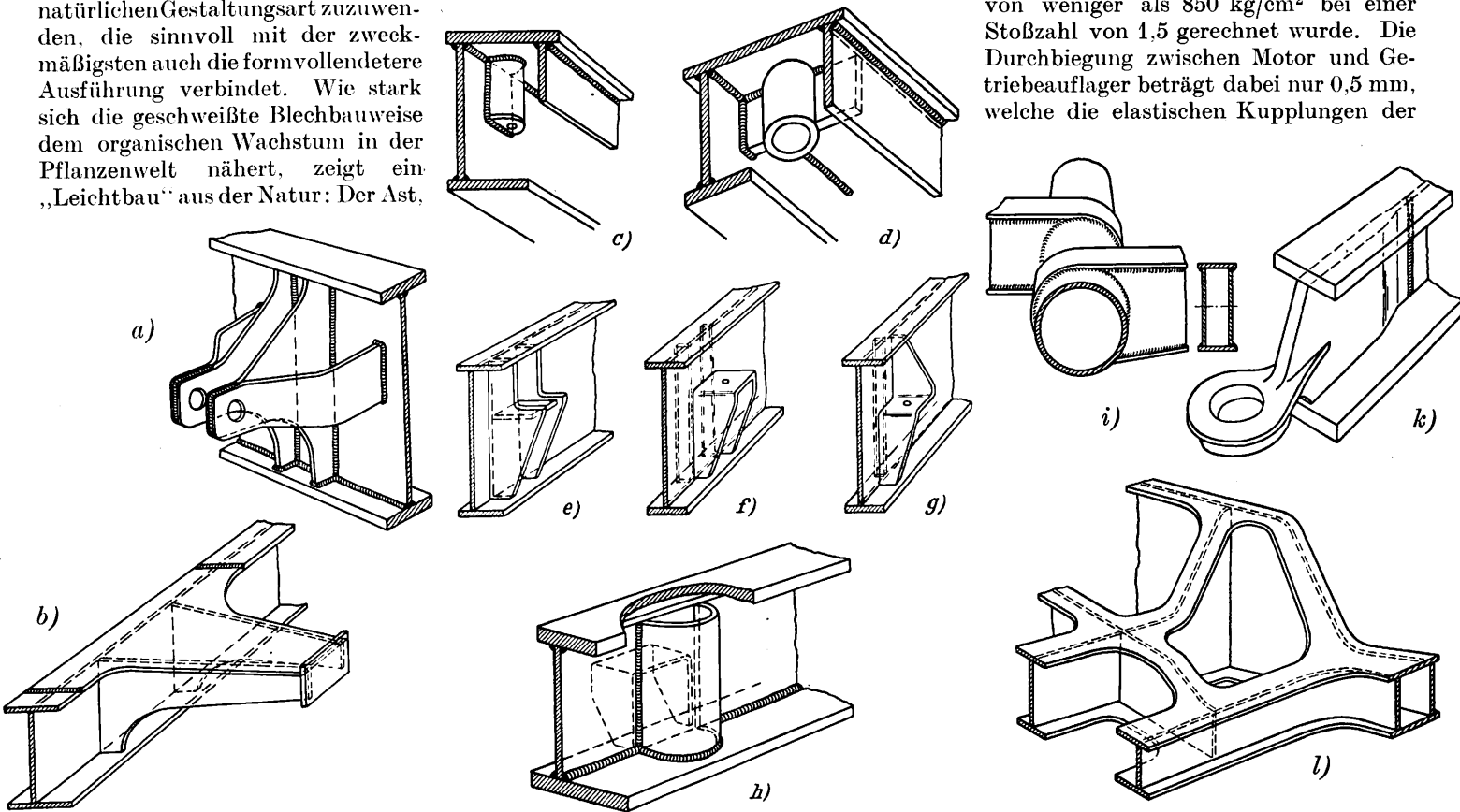


Abb. 23. Schweißgerechte Bauformen.

- a) Anschluß eines Lagerbockes an einen geschweißten Träger. b) Anschluß einer Konsole an einen Querträger, c) bis h) Konsolen und Versteifungen, i) Übergang von Blechträgern auf ein Torsionsrohr, k) Übergang von einem Blechträger auf ein Schmiedestück, l) Ausbildung von Knotenpunkten.

der aus einem Baumstamm herauswächst, trägt die Wesenszüge der modernen kerblosen Schweißbauweise: Allmähliche Umleitung der Kraftlinie, stetige Querschnittsübergänge, gleichmäßige Dehnungsverhältnisse, ausgerundete Anschlüsse. Laschengestützte Äste gibt es nicht. Sie sind „unorganisch“.

Die in der Natur gewachsenen Tragwerke haben allerdings den Vorzug, daß sie ihre Anschlüsse räumlich auszubilden vermögen. Sie halten dadurch Kräften aus den verschiedensten Richtungen stand. Das natürliche Wachstum ist ein Arbeitsvorgang, der in der Technik durch Gießen, Pressen, Schmieden, Schweißen und Nieten nachgeahmt werden muß. In der aufgezählten Reihenfolge entfernen sich die Arbeitsverfahren mehr und mehr von der naturgemäßen Gestaltungsmöglichkeit. Beim Schweißen und Nieten ist eine räumlich formgerechte Ausbildung der baulichen Einzelheiten nicht mehr möglich, aber auch meist nicht mehr nötig, da die Kräfte zum größten Teil in Ebenen wirken, in denen die Anschlüsse mit einfachen Mitteln formgerecht ausgebildet werden können. Wie sich bei geschweißten Tragrahmen der Einfluß dieser naturgemäßen Gestaltungsabsicht auch an Einzelheiten auswirkt, mag aus den Beispielen in Abb. 8 und 23 hervorgehen. Die Rahmen in den Abb. 2, 3, 4, 5, 11 und 12 der Taf. 15 zeigen die Anwendung der dauerfesten leichten Blechbauweise deutlich.

Welche Erfolge die neue Entwicklung im Schweißbau zeitigt, mag ein Gewichtsvergleich des genieteten Rahmens in Abb. 1 der Taf. 15 mit einer geschweißten Neuentwicklung

Übertragungswellen leicht aufnehmen können. Das Gewicht des neuen Rahmens beträgt 720 kg. Dies entspricht einer Ersparnis gegenüber dem Nietbau von 24%.

Der Rahmen in Abb. 6 der Taf. 15, der ebenfalls von Achse zu Achse reicht, bei dem man sich bereits an der äußersten Grenze des Leichtbaus wähnte, wiegt 830 kg. Er mußte noch zur Aufnahme der Sammlerkästen, Heizung und sämtlicher übrigen maschinellen Zubehörteile dienen und wiegt trotzdem noch 120 kg weniger als der oben erwähnte genietete Rahmen. Der Rahmen nach Abb. 6 der Taf. 15 wurde auch in einer besonders leichten Versuchsausführung entwickelt (Abb. 12 der Taf. 15). Dabei stand der Flugzeugbau Pate. Die Längsträgerstege sind aus 2 mm starkem gewelltem Blech ausgeführt (Abb. 24) und die Kröpfungen an den Anschlußstellen des Zweipunktlers durch ein Torsionsrohr ersetzt. Dieser Rahmen, der sich bei der Belastungsprobe sogar günstiger verhielt als der Rahmen normaler Ausführung, wog nur mehr 650 kg, war

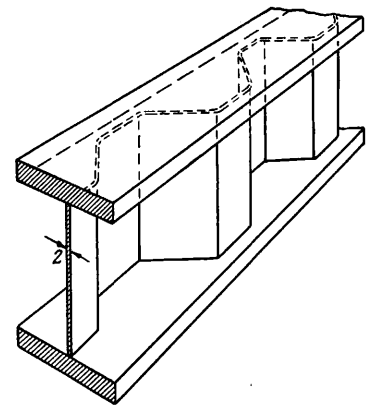


Abb. 24. Träger mit gewelltem Dünoblechstege.

also um 22% leichter als dieser und um 32% leichter als die Nietausführung nach Abb. 2, Taf. 15, welche die Zubehörteile nicht zu tragen hatte und den Anforderungen nicht genügte.

Die Umwälzung, die der Schweißtechniker im Stahlbau verursacht hat, ist noch unabsehbar. Ihre Bedeutung für die Technik läßt sich jetzt schon erst recht nicht ermessen, höchstens

ahnen. Eines aber ist sicher: Bei gründlicher Beachtung der dem Handwerkszeug wesensgemäßen Bauweise werden Stahlbauten durch die Lichtbogenschweißung, wie ich es für den Sonderfall der Motortragrahmen bei Triebwagen darzustellen versuchte, haltbarer, leichter, naturgemäßer und schließlich auch schöner.

Stuhlschienenstoß mit Spurregelung.

Von Hofrat Prof. Ing. Findeis, Technische Hochschule Wien.

1. Gedanken und Betrachtungen über die Eisenbahnfahrbahn.

Das „Verkehrsmittel Eisenbahn“ hat seinen Namen von einem seiner wichtigsten Teile, der Fahrbahn oder dem Gleis. Es ist kennzeichnende Eigenschaft dieser Beförderungsart, daß sich rollende Lasten auf einer Fahrbahn aus Eisen, die auf die ganze Länge der Förderstrecke vorhanden sein muß, bewegen, so daß das Gleis auch räumlich der sich am weitesten ausdehnende Bestandteil der gesamten Beförderungseinrichtung „Eisenbahn“ ist. Schon der Sprachgebrauch verwendet gerade den Namen dieses Teiles (Eisenbahn, railway, tramway, spoorwegen, chemin de fer, ferrovia, zelesnice, draha, vasut usw.) für das Ganze und man sagt: „Wir fahren mit oder in der Eisenbahn und meint dabei „auf“ ihr.

Die große Ausdehnung des Gleises in dem ganzen Beförderungsunternehmen verursacht daher auch die überragende Wichtigkeit, die allen Fragen der Fahrbahnbeschaffung (Anschaffungskosten), der wirtschaftlichen Erhaltung und Überwachung (Bahnerhaltung), die Rückwirkung des Gleises auf die rollenden Erfordernisse des Fördergeschäftes (Fahrzeugerhaltung) und endlich — aber nicht in letzter Linie — der Betriebssicherheit zukommt.

Während daher jede — wenn auch für sich selbst nicht immer sofort in die Augen springende — gelungene Verbesserung durch mehrtausendfache Anwendung zu einem erheblichen Vorteil für das ganze Unternehmen wird, ist selbst der kleinste bestehende und nicht behobene Mangel in der Gesamteinrichtung ein großer Übelstand.

Das Vorgesagte gilt sowohl in wirtschaftlicher Hinsicht als auch bezüglich der Güte und Leistungsfähigkeit des Betriebes in seinem ganzen Umfang.

Für die Bestandteile der Fahrbahn (Schienen, Unterlagen, Befestigungsmittel und Bettungsstoff) ist der Sammelname „Oberbau“ gebräuchlich. Für den Oberbau gilt eben noch in hervorragenderem Maße der oberste Grundsatz einer wirtschaftlichen Geschäftsgebarung: Bestehende Mängel sind zu beseitigen, die dafür aufgewendeten Kosten sind ertragend und alle Teile sind in gleich zufriedenstellender Weise auszubilden. Jeder Oberbau ist nur „so gut“, als sein schlechtesten Teil. Es nützt nur wenig, starke, schwere und lange Schienen oder teure, wetterbeständige Schwellen zu haben, wenn z. B. der Schienenstoß mangelhaft ist und von dort die Zerstörung des sonst gediegen aussehenden Oberbaues anfängt.

Damit kommt die vorliegende Betrachtung an einen in Fachkreisen zwar hinlänglich bekannten Abschnitt, der jedoch sehr vielseitige und schwierige Aufgaben in sich birgt: die Schienenstoßfrage.

2. Grundsätzliches über die Oberbauarten (Systeme).

Um die Schienenstoßfrage allgemein zu beurteilen, muß zunächst überhaupt vom Oberbausystem oder der Schienenform ausgegangen werden. Man hat heute zwei Hauptarten der Oberbauentwicklung: den Breitfuß- und den Stuhlschienenoberbau. Der letztgenannte ist die geschichtlich ältere Form, stammt aus dem Geburtsland der Eisenbahn (England) und wird dort bis heute noch als eine naturgemäße

und zweckmäßige Bauart angesehen und daher beibehalten. Dies hauptsächlich wohl deshalb, weil die Standsicherheit des verhältnismäßig hohen Schienenquerschnittes durch die Einlagerung in die Stühle und das seitliche Anliegen des Schienensteiges an diese gewährleistet wird, ohne daß hierzu eiserne Schrauben notwendig sind. Es kommen dabei Schrauben zwischen Eisenteilen nur bei der Laschenverbindung vor, so daß deren Anzahl bei der zunehmenden Regellänge der Schienen (15, 20, 25 m und mehr) auf ein Mindestmaß gebracht wird.

Der Breitfußschienenoberbau sucht die Standsicherheit des Schienenquerschnittes durch eine größere Fußbreite gleichwie ein Unterflansch eines Bauträgers zu erzielen, wobei man aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht sehr weit gehen konnte, so daß man durch Schienenbefestigungsmittel (Nägel, Schrauben, Klemm- oder Spannplatten) den Schienenfuß an seinem Rande festhalten muß. Nun ist aber gerade dieser Fußrand infolge seines Abstandes von der Schwerpunktschwerachse des Querschnittes ohnehin von lotrechten und seitlichen Kräften hoch beansprucht. Er bildet also die gespannteste Faser, ist dabei verhältnismäßig dünn und schwach, somit der Kerbwirkung durch Beschädigung beim Aufwerfen zwecks Abladens oder durch Anschlagen mit den Oberbauwerkzeugen (Krampe, Schlägel) vornehmlich ausgesetzt. Es ist heute hinlänglich bekannt, daß selbst ganz kleine scharfe Kerben den Beginn der Zerstörung (Risse oder Bruch) eines starken Bauteiles mit größerem Querschnitt verursachen können. Durch die Seitenkräfte, die am Schienenkopf angreifen, tritt infolge des großen Hebelarmes eine Verbiegung des Schienensteiges und eine starke Beanspruchung der inneren Schienenbefestigungsmittel auf Herausziehen aus den Unterlagen (Schwellen) ein.

Trotz dieser Nachteile wird dem Breitfußschienenoberbau nachgerühmt, daß man für ihn bessere Schienenstöße mit langen Laschen und Einrichtungen zur Regelung der Spurerweiterung ausbilden könne, wobei das Gegenteil dazu der Stuhlschienenbauart als Nachteil angerechnet wird.

Das erscheint aber insofern als ungerechtfertigt, da es eben auch eine Möglichkeit gibt, den Stuhlschienenstoß mit langen Laschen und mit Spurregelungseinrichtung auszustatten, nur ist dies bisher noch nicht geschehen! Es unterliegt keinen Schwierigkeiten, die Schienenstuhlbefestigung auch für Breitfußschienen auszubilden.

3. Die Schienenstoßfrage im allgemeinen.

Sie ist fast so alt, wie das Eisenbahngleis selbst. Im allerersten Anfang des Gleisbaues ließ man sogar die Schienen ohne Verbindung aneinanderstoßen, legte aber den Stoß selbst auf eine für beide Schienen gemeinsame Unterlage. Später verband man die Schienen gefühlsmäßig durch Flachlaschen, die jedoch ungeeignet waren, nennenswerte, im Gleis wirkende Kräfte im waagerechten und lotrechten Sinn aufzunehmen. Es entstand so der „feste“ Stoß. Diese Bauart machte aber ihrem Namen keine Ehre, denn sie war gar nicht so fest, als es nach der Zeichnung den Anschein hatte. Das durch das Rad belastete Schienenende senkte sich trotz des gemeinsamen Auflagers merklich stärker als das andere, unbelastete. Die schwachen Laschen konnten tiefe Senkungen nicht einmal

von einer Schiene auf die andere übertragen und noch weniger die bedeutenden Längskräfte im Gleis, hervorgerufen durch die Zugkraft und Bremswirkung, aufnehmen, da sie sich nirgends anlegen konnten, somit keine Gegenkraft (Reaktion) zur Aufhebung der erstgenannten Kräfte äußern konnten.

Die Folge davon war, daß gerade am Stoß die statischen und dynamischen Beanspruchungen, die ohnehin ein der Rechnung schwer zugängliches Ausmaß annehmen, die gemeinsame Stoßschwelle oftmals wiederholt erschütterten, was sofort zur Lockerung der Lagerung führte, wodurch sich die auftretenden Schlag- und Seitenkräfte wieder vermehrten. Der feste Stoß entspricht daher für stark befahrene Gleise und größere Beanspruchungen nicht den billigerweise zu stellenden Anforderungen, die zusammengefaßt in der Forderung auszudrücken sind, daß der Stoß den vollen Schienenquerschnitt in jeder Hinsicht zu ersetzen hat und außerdem die Eignung zur Aufnahme von Längskräften besitzen muß.

Die Verwendung des festen Stoßes kann heute schon als eine Schwäche des Gleisbaues bezeichnet werden, woran sich nichts ändert, wenn man die Stoßschwelle, um den Mangel dem Auge zu verschleiern, durch zwei verschraubte Hölzer von üblicher Schwellenbreite ersetzt (beispielsweise Oberbau B der Österreichischen Bundesbahnen). Die Doppelschwelle erschwert wegen ihrer großen Breite (oder verhindert gänzlich) das richtige Unterkrampen. Schienenverbindungen, die an der Stoßstelle ein kleines Widerstandsmoment gegen seitliche Beanspruchungen haben (Flachlaschen oder an den Stoßschwellen nicht genügend fest eingespannte Laschen) zeigen auch in Gleisbogen die unangenehme Erscheinung des Eckens, was man durch Messen der seitlichen Pfeilhöhen mit einer gespannten Schnur leicht feststellen kann.

Ist einmal die Erkenntnis gewonnen, daß man mit dem festen Stoß auch durch versuchte Abänderungen nicht viel erreichen wird, dann kommt man zwangsläufig zur Ausbildung des schwebenden Stoßes, das ist einer auf zwei Stoßschwellen ruhenden Schienenverbindung, wie sie in neuerer Zeit vornehmlich verwendet wird.

Im allgemeinen soll eine gute Stoßverbindung die Lücke, die Stufe und den Bruchwinkel zwischen den Schienenenden auf ein Mindestmaß bringen können und das Widerstandsmoment der Schiene sowohl gegen lotrechte als auch gegen waagerechte Kräftewirkungen vollkommen ersetzen. Während nun den erstgenannten Forderungen z. T. Rechnung getragen wurde, ist bis jetzt der Beanspruchung im waagerechten Sinne nicht jene Aufmerksamkeit zugewendet worden, die zur Erzielung der Vollkommenheit zweckdienlich wäre.

Unbedingt nicht zu vergessen ist, daß alle zu stellenden Forderungen nicht nur für die neueingelegte Ausführung zu gelten haben, sondern in noch verstärktem Maße für die mit den unvermeidlichen Abnützungen behafteten Bauteile. Die den Erfolg messenden (statistischen) Feststellungen lehren, daß die Erhaltung der Schienenstöße die Hälfte der gesamten Bahnerhaltungskosten ausmacht.

4. Die Bauart der Schienenverbindungen.

Hiervon ist schon einiges aus dem Abschnitt 3 zu entnehmen und hier noch folgendes zu ergänzen: Die Übertragung der lotrechten Kräfte in der Lasche geschieht nicht wie im sonstigen Brücken- und Stahlbau durch anliegende Laschen, die mit den gestoßenen Teilen vernietet oder verschweißt sind, sondern unter Freilassung der sogenannten Laschenkammern durch Druckübertragung mittels der Laschenanlagflächen an der Untersicht des Schienenkopfes sowie an dem oberen Teil der Lasche selbst und ähnlich zwischen Schienenfuß und Lasche. Da die Breite dieser Anlagflächen wegen der durch andere Rücksichten begrenzten

Ausmaße des Schienenkopfes und des Schienenfußes eingeschränkt ist, so sind hierfür meist nur 16 bis 20 mm verfügbar. Eine Vergrößerung der Druckübertragungsfläche kann daher nur durch eine Verlängerung der Laschen erzielt werden. Lange Laschen werden den Druck je Flächeneinheit verringern und dadurch ein Mittel gegen die Abnutzung der Anlagfläche der Laschen bilden. Gleichzeitig erzeugt eine größere Laschenlänge eine vollkommene Einspannung der Lasche im lotrechten und waagerechten Sinne. Dies ist vorteilhaft, weil die Lasche als ein an den Auflagern — über den Stoßschwellen — eingespannter Träger zu betrachten ist, so daß die Biegemomente in Feldmitte — am Stoßquerschnitt — nur geringe Werte erreichen.

Von einer geeigneten Laschenverbindung erwartet man heute auch die Eignung, die Längskräfte in der Schiene, das ist Zugkräfte und Bremskräfte aufzunehmen, zu welchem Zweck die Laschen über den Stoßschwellen derart ausgeschnitten werden, daß sie die Unterlegplatten oder auch die Schienenstühle umgreifen und an sie anstoßen können. Hierdurch werden die genannten Längskräfte aus den Schienen in die Lasche, weiter in die Unterlagen, somit auch in die Stoßschwellen und schließlich in das Schotterbett übertragen. Dieses Ausschneiden hat man bisher beim Stuhlschienenstoß überhaupt nicht vorgenommen und dadurch zu kurze Laschen erhalten. Beim Breitfußoberbau wurde es früher durchgeführt. Das gleichzeitige Vorhandensein der Schienenbefestigungsmittel (Nägel, Schrauben, Klemmplatten) an den Stoßschwellen zwang jedoch dazu, diesen Ausschnitt so weit zu machen, daß an dieser Stelle von der Lasche nur ein Querschnitt wie bei einer Flachlasche übrig blieb. Diese Verschwächung des Winkelquerschnitts führte nicht selten zu Laschenbrüchen. Eine gute Lasche soll also auch über den Stoßschwellen noch den Querschnitt einer Winkelasche aufweisen, um sie zur Aufnahme von waagerechten Beanspruchungen geeignet erscheinen zu lassen. Über die Güte eines Schienenstoßes kann meistens das aus der Erfahrung entstandene Gefühl des Oberbaufachmanns ein überzeugenderes Urteil abgeben, als eine auf mannigfachen Voraussetzungen aufgebaute, daher stets etwas unsichere Berechnung. Hier trifft oft der erste Eindruck bei einer Besichtigung einer Probeausführung das Richtige.

Es seien noch einige kurze Bemerkungen über das Verschweißen der Stöße beigefügt, da wohl manche Eisenbahnwirtschaftler sich von diesem Verfahren einen wesentlichen Fortschritt in der Lösung der Schienenstoßfrage erhoffen. Die fachlichen Oberbautechniker wissen aber, daß die Schweißung sich nicht restlos anwenden läßt, da die Wärmespannungen im Gleis doch zu einer gewissen Beibehaltung der Stoßlücken zwingen. Desgleichen sind die Oberbauerhaltungsarbeiten ein Grund dafür. Die bisher gesammelten Erfahrungen und der Kostenpunkt sprechen dafür, daß in der Schienenstoßfrage für die Überlandbahnen in absehbarer Zeit die Lösung in einer möglichst vollkommenen Stoßlaschenbauart zu suchen ist. Dies um so mehr bei zu größeren Längen (60 bis 90 m) verschweißten Schienen, da dann zwar weniger aber größere Schienenlücken vorhanden und daher die einzelnen verlaschten Stöße so vollkommen als möglich auszubilden sind. Der Wert einer guten Stoßverbindung kommt naturgemäß gerade bei zunehmender Schienenlänge zur Geltung, um den Oberbau gleichmäßig hochwertig zu erhalten.

5. Vorschlag eines Stuhlschienenstoßes mit Spurregelung.

Aus der Darstellung der allgemeinen Gesichtspunkte kann ersehen werden, daß eine Stoßverbindung nach Abb. 1 und 1 a den zu stellenden Anforderungen in hohem Maße Rechnung trägt.

Sie wurde zunächst für den Stuhlschienenoberbau entworfen, um dessen in Abschnitt 2 angeführten Vorteile der

hohen Standsicherheit auszunützen. Bei diesem wurde bisher der geschichtlichen Entwicklung entsprechend der Doppelkopf-Schienenquerschnitt beibehalten. Es unterliegt jedoch keinem Anstand, auch die Stuhlschienenbauart für breitfüßige Schienen auszubilden, um Bahnverwaltungen, die große Bestände in solchen Schienenformen entweder schon verlegt oder im Vorrat haben, ebenfalls die Möglichkeit zu bieten, sich der Vorteile der Stuhlbefestigung zu bedienen, zu denen auch das an und für sich schon erhebliche Gewicht des Fahrbahn-

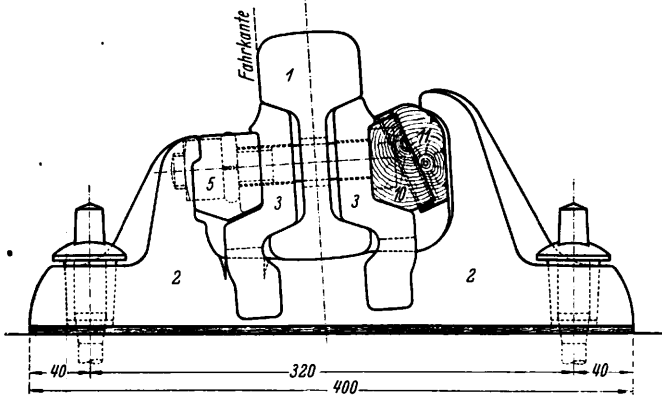


Abb. 1.

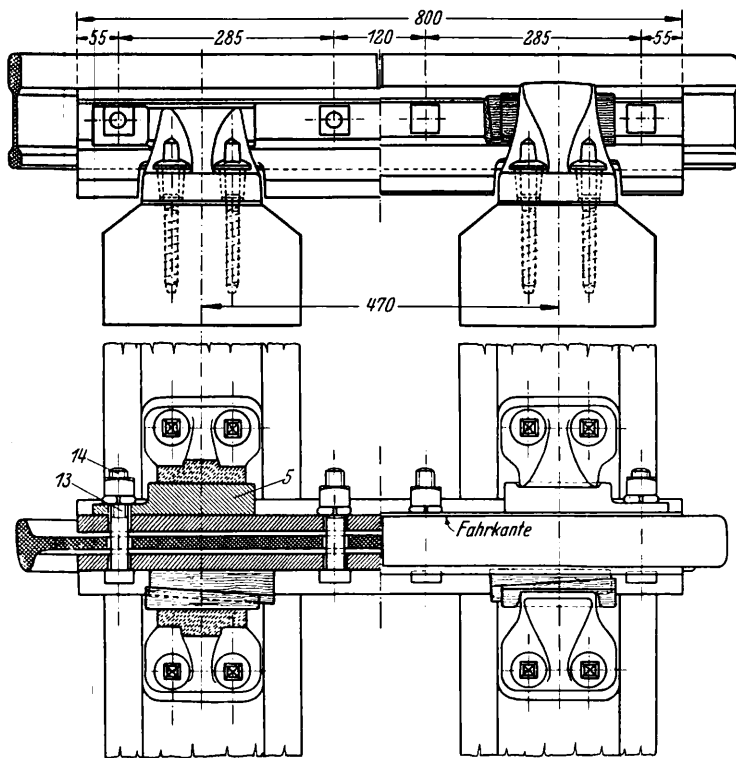


Abb. 1a.

Abb. 1 und 1a. Stuhlschienenstoß,
Bauart Ing. Dobrowolny, mit Spurregelung.

oberbaues gehört. Gerade dieses ist die Ursache einer ruhigen Lagerung in der Bettung, wodurch diese wieder geschont wird, so daß die Gleisarbeiten auf ein Mindestmaß gebracht werden. Zum Unterschied von der bisherigen Ausbildung wurde aber auch der Stuhlschienenoberbau mit der Einrichtung zur Regelung der Spurweite ausgestattet, wodurch vielfache Erleichterungen in der Oberbauarbeit geboten sind. So kann der Schienenstuhl von vornherein ohne Rücksicht darauf, für welche Spurweite er dienen soll, auf der Schwelle befestigt werden, was deshalb nicht erst beim Einlegen auf der Strecke, sondern schon vorher am Bahnerhaltungs-Arbeitsplatz — mög-

licherweise auch in den gedeckten oder geschlossenen Räumen der Schwellentränkanstalt — als Winterarbeit durchführbar ist. Die Schwellenschrauben werden also auch bei Nacharbeiten auf der Strecke zur Erhaltung der richtigen Spurweite nicht mehr herausgedreht, was wesentlich zur Schonung und Verlängerung der Lebensdauer des Schwellenholzes beiträgt.

Die beiden Backen des Stuhles 2 sind nach Abb. 1 in einem gewissen Abstand voneinander angeordnet. Seine Größe ist abhängig von den Abmessungen, den die Schiene 1 und die beiden Laschen 3 zum Einlegen brauchen. Der nach dem Einlegen vorhandene Spielraum dient an der Schienenaußenseite ähnlich wie bisher üblich zur Ausfüllung durch die Holzkeile 10 und 11, während der innere — auf Seite der Fahrkante — durch einen seitlich, das ist längs der Schiene, einfühbaren sogenannten Sperrklotz (oder Füllstück) 5 ausgefüllt wird. Der Sperrklotz kann der zu erzielenden Spurerweiterung entsprechend verschiedene Stärken bekommen und ist durch den Ansatz mit dem Loch 13 durch die Laschenschraube 14 festgehalten. Nach Erfordernis können außer dem Füllstück auch noch Beilagsbleche zur Fein- oder Nachregelung der Spurweite benützt werden.

Die 800 mm langen Laschen reichen nicht bloß über die 470 mm entfernten Stoßschwellen hinaus, sondern bilden durch ihre Länge auch einen auf zwei Stützen im lotrechten und waagerechten Sinn eingespannten Träger, in dem durch die Beanspruchungen nur Biegemomente auftreten, die kleiner sind als bei einer Laschenwirkung wie ein frei aufliegender Balken. Die bedeutende Laschenlänge vergrößert die Laschenanlageflächen auf ein Maß, das geringen Einheitsdruck zur Übertragung der lotrechten Kräfte ergibt, wodurch die bisher als sehr unangenehm empfundene, ungleichmäßige Abnutzung der Anlageflächen verhindert wird.

Zur Aufnahme der die Schienenwanderung hervorrufenden Längskräfte im Gleis sind die Laschen über den Stoßschwellen in bekannter Form ausgeschnitten. Das Fehlen der Schienenbefestigungsmittel am Schienenfuß gibt jedoch bei der Stuhlstoßbauart sowohl beim Doppelkopf — als auch beim Breitfußquerschnitt die Möglichkeit, noch so viel Querschnittsfläche zu belassen, wie es einer Winkellasche entspricht. Hierdurch ist zu erwarten, daß der Reißbildung im verschwächten Teil der Laschen weitestgehend vorgebeugt wird.

Die Schienenbefestigung durch Lagerung im Gußeisenstuhl und durch Holzkeile mit verhältnismäßig geringem Körperinhalt ermöglicht eine gründliche Tränkung der Keile mit fäulnisverhindernden Stoffen und ist vollkommen unabhängig von der Schraubenbefestigung zwischen Stuhl und Holzschwelle. Hierdurch wird es möglich, die Holzschrauben vollkommen bestimmungsgemäß auf Zug zu verwenden, so daß diese selbst keine waagerechten Kräfte unmittelbar aufzunehmen brauchen. Dafür wird lediglich die starke Reibung zwischen Stuhl und Schwelle in Anspruch genommen. Die Holzstoffunterlegplatte dient zum Ausgleichen ganz kleiner Unterschiede in den Stuhlauflegerflächen und als Erschütterungsdämpfung nach bereits gewonnenen Erfahrungen, so daß die Stoßschwellen nicht übermäßig beansprucht werden.

Die bisher zwecks Dauererprobung eingebauten Schienenstöße nach der eben beschriebenen Bauart haben sich hinsichtlich ihrer Haltbarkeit und ihrer ruhigen Lage bereits sichtlich bewährt, so daß voraussichtlich zunächst überhaupt keine Nacharbeit am Stoß benötigt werden wird.

Wenn auch die über die Stoßschwellen hinwegreichende (lange) Lasche schon in einem Vorschlag der Badischen Staatsbahnen vorgesehen war, so ist die hier behandelte Laschenverbindung doch mit solchen wesentlichen Neuerungen und Verbesserungen ausgestattet, daß sie als erstmalig durchgebildete neue Form angesprochen werden muß. Zu diesen Neuerungen gehört vor allem die Möglichkeit der Spur-

regelung und vornehmlich die Ausbildung des Spielraumes im Schienenstuhl in der Weise, daß die Innen- und Außenlasche unabhängig voneinander und ohne die Schiene selbst zu entfernen, ausgebaut werden kann.

Es wurde wohl auch versucht, das im vorhergehenden Absatz erwähnte „Entfernen“ der Schienen durch elastisches Ausbiegen der Schienen im waagerechten Sinn gegen die Gleisaußenseite hin zu ersetzen. Hierzu müssen aber in je fünf bis sechs Stühlen vor und hinter dem Stoß die Keilbefestigungen entfernt werden; sodann muß die Schiene mit Hebebäumen oder Gleiswinden unter Aufgebot einer vielköpfigen Mannschaft unter großer Kraftanwendung auf eine Länge von 6 bis 10 m nach außen um fast die halbe Schienenkopfbreite abgebogen werden, um endlich die Schienenlasche an der Innenseite frei zu bekommen. Beim Einlegen einer Ersatzlasche muß dann der gleiche Vorgang mit demselben Aufwand ausgeführt werden, wobei es mehr als wahrscheinlich ist, daß das ganze Gleis verschoben wird und wieder nachgerichtet werden muß. Ein solcher Arbeitsaufwand ist aber für das bloße Auswechseln einer Lasche nicht zu rechtfertigen und bildet daher einen Grund dafür, die von den badischen Bahnen vorgeschlagene Stoßbauart nicht weiter zu verfolgen.

6. Über die Beanspruchung der Stuhlschienenstöße Bauart Dobrowolny im Vergleich zu den bisher üblichen Konstruktionen.

Bei der Beanspruchung der Schienen eines Gleises haben wir zwischen lotrechten und waagerechten Kräften zu unterscheiden. Demgemäß wird die nachstehende Untersuchung getrennt nach diesen beiden Kraftangriffen geführt werden müssen. Das Gleis soll dabei als elastisch nachgiebiger Rost von unbegrenzter Länge angesehen werden.

a) Beanspruchung durch eine lotrechte Kraft.

Wir denken uns diese an der ungünstigsten Stelle, also über der Stoßlücke, angreifend. Das hierdurch an diesem Ort hervorgerufene Moment sei M_0 . Über den beiden Stoßschwellen entsteht gleichzeitig ein Stützmoment M_1 . Auch bei den größten bisher festgestellten Bettungsbeiwerten ist M_1 noch positiv, wenn auch mitunter recht klein*). Für $M_1 = 0$ wird $M_0 = \frac{Pl}{4}$, wenn P die Last und l die normale Entfernung der Schwellen ist. Der Einfluß der Lasche, besonders deren Länge auf das Biegemoment bleibt unberücksichtigt. Die diesbezüglichen Abweichungen sind klein.

Ist α der Neigungswinkel der Laschenanlagefläche gegenüber der Waagerechten (Abb. 2), δ die für die Druckübertragung wirksame Breite der Laschen, p der lotrecht gerichtete Druck für die Längeneinheit der Laschen (auf jede Lasche

entfällt dann der halbe Wert, also $\frac{P}{2}$) und r der Druck senkrecht zur Laschenanlagefläche, ebenfalls auf die Längeneinheit der Lasche bezogen, so gilt $r = \frac{P}{2 \cos \alpha}$ und es wird der Flächen-

$$\sigma = \frac{p}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{\cos \alpha}{\delta} = \frac{1}{2} \frac{p}{\delta} \dots \dots \dots 1)$$

Die waagerechte Teilkraft des Laschendrucks ist

$$s = r \sin \alpha = \frac{P}{2} \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots 2)$$

Nunmehr sollen die Laschendrücke p ermittelt werden, die einmal an den oberen und einmal an den unteren Laschen-

*) Siehe Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936, Heft 8.

anlageflächen wirksam sind. Aus den vorigen Darlegungen hinsichtlich der Vorzeichen der Momente im Stoßfeld ergibt sich, daß dort kein Momentennullpunkt sich befinden kann und demnach die Biegelinie der Schienen auch keine Wendepunkte aufweisen wird. Wir haben daher mit einer Druckverteilung gemäß Abb. 3 zu rechnen, wenn wir einen linearen Verlauf voraussetzen. Abb. 4 stellt die halbe Lasche dar, die an der Stoßstelle das Moment M_0 und die Querkraft $\frac{P}{2}$ aufzunehmen hat. Unbekannt sind a , b und p_1 , p_2 .

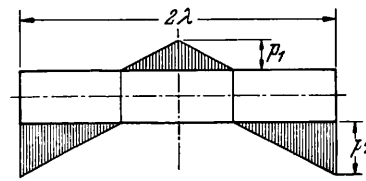


Abb. 3.

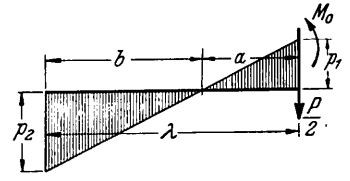


Abb. 4.

Zur Bestimmung dieser Unbekannten stehen folgende Gleichungen zur Verfügung:

$$a + b = \lambda \dots \dots \dots 3a)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{p_1}{p_2} \dots \dots \dots 3b)$$

$$\frac{p_2 b}{2} - \frac{p_1 a}{2} = \frac{P}{2} \dots \dots \dots 3c)$$

$$\frac{p_2 b}{2} \left(\frac{2b}{3} + a \right) - \frac{p_1 a}{2} \frac{a}{3} = M_0 \dots \dots \dots 3d)$$

Durch Einführung von b aus Gl. 3a in 3b) entsteht:

$$\frac{a}{\lambda - a} = \frac{p_1}{p_2} \text{ woraus } a = \frac{p_1 \lambda}{p_1 + p_2} \text{ und } b = \frac{p_2 \lambda}{p_1 + p_2}$$

Setzt man dies in die beiden übrigen Beziehungen ein, so ergibt sich

$$\frac{p_2^2 \lambda}{p_1 + p_2} - \frac{p_1^2 \lambda}{p_1 + p_2} = P, \quad (p_2 - p_1) \lambda = P, \quad p_2 = \frac{P + p_1 \lambda}{\lambda}$$

$$\frac{p_2 b (2b + 3a)}{6} - \frac{p_1 a^2}{6} = M_0$$

$$\frac{p_2^2 \lambda (2 p_2 \lambda + 3 p_1 \lambda)}{6 (p_1 + p_2)^2} - \frac{p_1^3 \lambda^2}{6 (p_1 + p_2)^2} = M_0$$

woraus nach Einführung von P folgt:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \frac{2}{\lambda^2} (3 M_0 - P \lambda) \\ p_2 &= \frac{1}{\lambda^2} (6 M_0 - P \lambda) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 4)$$

Die Laschendrücke erzeugen eine waagerechte Komponente s , die sowohl eine Verbiegung der Lasche in der Querrichtung, als auch eine Beanspruchung der Laschenschrauben zur Folge hat. Das Biegemoment in der Querrichtung ist

$$M = s \frac{h}{2} \dots \dots \dots 5)$$

Das zugehörige Widerstandsmoment beträgt bei einer Laschendicke d

$$W = \frac{d^3}{6}$$

mithin die Beanspruchung

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{3}{2} \frac{h}{d^2} p \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots 6)$$

Für den Zug in den Laschenschrauben je Längeneinheit Lasche entsteht

$$z = 2s = p \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots 7)$$

Die in einer Laschenhälfte vorhandenen Schrauben haben daher den Zug aufzunehmen

$$Z = \Sigma p \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} (p_1 a + p_2 b) \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \frac{(p_1^2 + p_2^2) \lambda}{p_1 + p_2} \operatorname{tg} \alpha \dots 8)$$

b) Beanspruchung durch eine waagerechte Kraft.

Die waagerechte Kraft greift ebenfalls an der Stoßstelle beim Schienenkopf an. Das hierdurch an dieser Stelle hervorgerufene Moment sei \bar{M}_0 und das über den Stoßschwellen entstehende Stützmoment \bar{M}_1 . Hierbei müssen wir uns aber die angreifende Horizontalkraft Q in die Ebene der Schwerachse der Laschen verlegt denken und zu diesem Zweck noch ein Drehmoment $Q \cdot h$ anbringen (Abb. 5).

Betrachten wir zunächst die durch die waagerechte Kraft hervorgerufene Biegung, so ist eine einwandfreie Aufnahme des Biegemomentes \bar{M}_0 nur möglich, wenn sich die beiden Laschen wie ein einheitlicher Querschnitt verhalten. Da bei einem nicht rahmensteifen Gleis \bar{M}_1 klein ist, so unterscheidet sich ungünstigsten Falles auch \bar{M}_0 nicht viel von $\frac{Ql}{4}$. Bezeichnen wir wieder die Länge der Lasche mit 2λ , so beträgt die von der halben Lasche zu übernehmende Schubkraft

$$T = \frac{Q S}{2 J} \lambda \dots \dots \dots 9)$$

worin S das statische Moment einer Lasche in bezug auf die lotrechte Schwerachse der Schiene und J das Trägheitsmoment beider Laschen hinsichtlich der gleichen Schwerachse darstellt. Die Schubkraft wird in den beiden Laschenanlageflächen übertragen. Zur Übertragung dient die Reibung. Werden die in den Laschenanlageflächen herrschenden Drücke zum Unterschied gegenüber den früheren Größen „überstrichen“ bezeichnet, so muß gelten

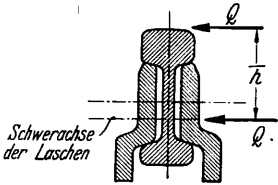


Abb. 5.

$$T = 2 \bar{\sigma} \delta \lambda \mu \dots \dots \dots 10)$$

worin μ der Reibwert zwischen Schiene und Lasche ist.

Aus Gl. 10) folgt

$$\bar{\sigma} = \frac{T}{2 \delta \lambda \mu} = \frac{Q S}{4 J \delta \mu} \dots \dots \dots 11)$$

Die spezifischen Drücke senkrecht zur Laschenanlagefläche sind von der Laschenlänge unabhängig. Berücksichtigt man, daß nach 1)

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{2} \bar{p}, \bar{p} = 2 \delta \bar{\sigma} \dots \dots \dots 12)$$

so beträgt die Biegungsbeanspruchung der Lasche in der Quer- richtung

$$\sigma_b = \frac{3}{2} \frac{h}{d^2} \bar{p} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{3 h S \operatorname{tg} \alpha Q}{4 d^2 J \mu} \dots \dots \dots 13)$$

Der von den Schrauben aufzunehmende Zug ist

$$\bar{Z} = \bar{p} \lambda \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots 14)$$

Sind die Laschenschrauben gelockert, so ist eine einheitliche Wirkung beider Laschen nicht mehr möglich, die Übertragung des waagerechten Biegemomentes mit großen Beanspruchungen verbunden. Reichen aber die Laschen bis über die Schienenstühle der Stoßschwellen, so kommen sie als zwei freiaufliegende Balken von der Stützweite l zur Wirkung, was natürlich wesentlich günstiger ist.

c) Beanspruchung durch Verdrehung.

Bei Walzprofilen mit ausgeprägten Flanschen ist die Verdrehung stets mit einer Biegung verbunden. Laufen die Laschen bis über die Schienenstühle der Nachbarschwellen

durch, so werden die Verdrehungen im Stoßfeld klein ausfallen, was sehr zur Schonung des Stoßes beiträgt und sein Klappri- gwerden verhindert.

Von einer rechnerischen Behandlung der Verdrehung muß im Hinblick auf den verwickelten Querschnittsaufbau ver- zichtet werden, namentlich gilt dies von den Kräften, welche zwischen Laschen und Schienen übertragen werden. Wichtig ist die Aufnahme der waagerechten Kraft und des Dreh- momentes an den Stützstellen. Aus Abb. 6 folgt, wenn die Stoßschwellen diese Wirkungen gänzlich aufnehmen

$$V = \frac{Q h_s}{2 b_s} \text{ bzw. } H_1 = \frac{Q (h_1 + h_2)}{2 h_2}, H_2 = \frac{-Q h_1}{2 h_2}$$

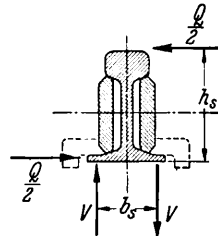


Abb. 6 a.

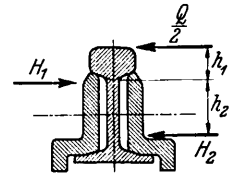


Abb. 6 b.

woraus hervorgeht, daß bei einem Stuhlstoß die Übertragung auf die Schwellen nicht nur mit kleineren Kräften verbunden ist, als bei einem Stoß mit Spannplattenbefestigung der Schienen an den Stoßschwellen, sondern auch unmittelbarer erfolgt, wodurch die Formänderungen geringer werden. Dies spricht zugunsten der Dauerhaftigkeit von Stuhlstoßkon- struktionen mit bis über die Stoßschwelle reichender Lasche und läßt solche auch für Breitfußschienenoberbau empfehlens- wert erscheinen.

Beispiel.

Bezeichnung	$\lambda = 24 \text{ cm}$	$\lambda = 40 \text{ cm}$
Ist am Stoß	66 cm	47 cm
l gewöhnlich	80 cm	80 cm
$M_0 = \frac{P l}{4}$	20 P	20 P
p_1	0,125 P	0,025 P
p_2	0,167 P	0,050 P
σ_b	0,138 P	0,041 P
Z	1,790 P	0,835 P
\bar{p}	0,502 Q	0,502 Q
$\bar{\sigma}_b$	0,415 Q	0,415 Q
\bar{Z}	4,000 Q	6,670 Q

$\delta = 1,50 \text{ cm}$, $d = 2,20 \text{ cm}$, $h = 8,00 \text{ cm}$, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{3}$, Fläche einer Lasche $F \doteq 42 \text{ cm}^2$, $S \doteq 42,0 \cdot 3,40 = 143 \text{ cm}^3$, $J = 2 \cdot 42,0 \cdot 3,40^2 = 950 \text{ cm}^4$, $\mu = 0,15$.

Die Verringerung des Momentes durch Näherrücken der Stoßschwellen wurde nicht berücksichtigt.

Man erkennt, wie wesentlich der Einfluß der Verlängerung der Lasche auf die Drücke in den Laschenkammern ist, obgleich die Verringerung des Momentes durch die Verkleinerung der Entfernung der Stoßschwellen gar nicht in Rechnung gezogen wurde. Diese Verkleinerung dürfte allerdings bei Berücksichtigung der Nachgiebigkeit des Untergrundes nicht sehr erheblich sein. Den erwähnten Vorteilen gegenüber hat die Vergrößerung der Zugkräfte in den Schrauben nichts zu bedeuten, da diese durch die Keile in den Stoßstühlen teilweise wieder entlastet werden.

Die eingehende Besichtigung von Stößen dieser Art, die etwa zwei Jahre in einem Hauptgleis mit starkem Verkehr in

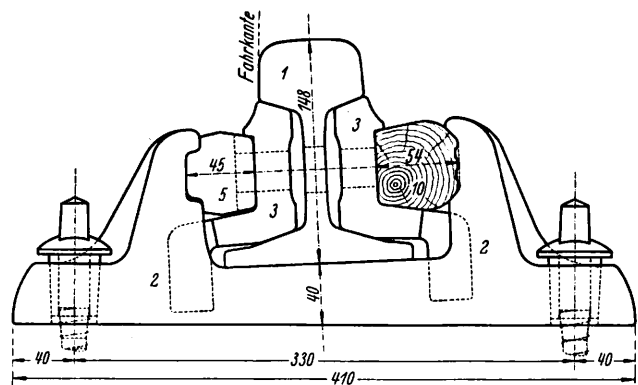


Abb. 7.

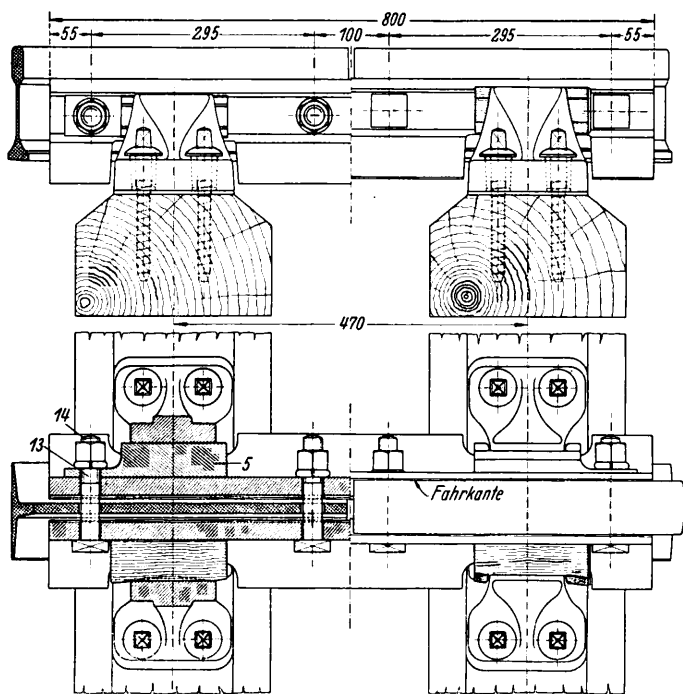


Abb. 7 a.

Abb. 7 und 7 a. Stuhlstoß für Breitfußschienen, Bauart Ing. Dobrowolny, mit Spurregelung.

beiden Richtungen und im Tunnel liegen, hat die erhofften Vorteile bisher voll bestätigt. An den Laschenanlagflächen

konnten keinerlei Abnützungen, ja nicht einmal blanke Stellen festgestellt werden. Auch hat sich nirgends ein Bestreben zur Lockerung der Verbindungsmittel (Keile und Schrauben) gezeigt. Es ist daher vorauszusehen, daß die Erhaltungsarbeiten bei den so ausgestatteten Stößen fast ganz vermeidbar sind.

7. Anwendungsmöglichkeiten.

a) Zunächst können bereits bestehende Strecken mit Stuhlschienenoberbau mit der neuen Stoßbauart eingerichtet werden, wodurch die bisher vielfach bestehende Abneigung gegen diese Gleisbauart sicherlich vermindert werden wird.

b) Die Möglichkeit der einfachen Spurregelung in Bogen oder älteren Gleisen wird durch die neue Bauart mit dem Sperrklotz gegeben sein, wodurch sie sich mindestens ebenso leicht einbürgern wird, wie der jetzt vielfach gebrauchte Spannplattenoberbau.

c) Da die neue Bauart grundsätzlich sich sowohl für Doppelkopf als auch für Breitfußschienen ausarbeiten läßt (Abb. 7), können bestehende Breitfußgleise mit Stuhlstoßen ausgestattet werden, so daß sie diesbezüglich ihren schwachen Punkt verlieren.

d) Schließlich kann Breitfußoberbau mit einzelnen Schienenstühlen — etwa drei bis fünf je Schienenlänge — und auch mit Stuhlstoßen versehen werden, um auch diesen Gleisen die nötige Standsicherheit zu geben. Es können dann die teuren und der Verbiegung ausgesetzten Spannplatten weitgehend durch gewöhnliche Mittelplatten ersetzt werden.

e) Es können auch die Schienenstühle beim Breitfußgleis nur in einem Schienenstrang nach Erfordernis eingebaut werden.

Es gibt also kaum irgendeine heute verbreitete Gleisform, die nicht durch das eine oder andere hier unter a) bis e) vorgeschlagene Mittel, die gänzliche oder teilweise Einführung der Stuhlbefestigung, verbessert werden könnte. Die größere Standsicherheit und die kräftigen Schienenstöße werden das ruhige Fahren mit größerer Geschwindigkeit und unter beträchtlicher Verringerung des stets wiederkehrenden Aufwandes an Gleiserhaltungsarbeiten verwirklichen lassen. Das ist ein Ziel, das die Eisenbahn in der Zeit des Wettbewerbs mit anderen Beförderungsmitteln erreichen muß, um den ihr gebührenden Platz unter den dem Wohle und Bedarf der Menschheit dienende technischen Einrichtungen beizubehalten.

Auch hier gilt ganz besonders der Spruch: „Stillstand ist Rückgang.“

Rundschau.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Linienverlegung einer nordamerikanischen Eisenbahn infolge Überschwemmung.

Die Southern Pacific Eisenbahn läuft auf einem Teil ihrer Strecke am Shastaberg entlang und wurde hier einer plötzlichen und in ihrer Art ungewöhnlichen Überschwemmung ausgesetzt. Diese Strecke kreuzte den Whitneybach, der an dem hochliegenden Teil des Shastaberges entspringt, mittels eines doppelten Betondurchlasses von je 2,4 m Breite und 2,4 m Höhe am Fuß einer 10,5 m hohen Böschung. Im August 1935 stürzte im Anschluß an einen örtlichen Wolkenbruch am Shastaberg unter Donnergetöse eine Flutwelle im Laufe des Whitneybaches herab, die große Mengen an Lehm, Sand und Steinen mit sich führte, den Durchlaß sofort verstopfte und in weniger als 5 Minuten das ganze Tal oberhalb der Bahnböschung mit Schuttmassen anfüllte; schätzungsweise betragen diese etwa 300 000 m³. 20 Minuten später erfolgte eine ähnliche aber nicht so umfangreiche Überschwemmung am

Grahambach westlich vom Whitneybach, deren Schuttmassen das dort engere Tal vollständig ausfüllten. Diese Überschwemmungen verursachten am Gleis und am Bahnkörper, abgesehen von Verstopfung der Durchlässe, keine größeren Schäden. Am Nachmittag des gleichen Tages hörte jedoch eine mit Aufräumarbeiten am Gleis beschäftigte Arbeiterrotte eine zweite Flutwelle mit großen Schuttmassen heranbrausen. Die Arbeiter konnten sich nur mit Mühe vor dieser in Sicherheit bringen. Das Gleis wurde bis zu einer Höhe von 2,4 m unter Wasser gesetzt, und die Flutwelle riß drei Öffnungen in die Schuttmasse der ersten Überschwemmung. Einige Schuttmassen wurden bis über 6 km flußabwärts mitgerissen, wo sie eine Hauptstraße sperrten und mehrere Kraftwagen unter sich begruben. Nach Abfluß des Hochwassers zeigte sich, daß das Gleis auf eine Länge von 300 m mit einer Schicht von 1,5 m Schuttmasse bedeckt war, und daß das Schutfeld vom Gleis flußaufwärts mit einer Neigung 1:20 anstieg. Auf diesem Schutfeld wurde, nachdem der Verkehr zu-

nächst über andere Strecken ungeleitet war, vorübergehend ein Ersatzgleis verlegt, wobei die in dem Schuttfeld gerissenen drei Öffnungen mittels Gerüstböcken überbrückt werden mußten.

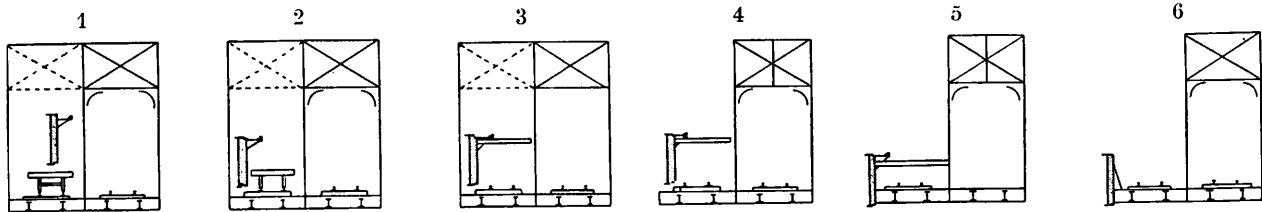
Da seit Eröffnung der Bahnstrecke im Jahre 1926 noch niemals Überschwemmungen am Shastaberg den Verkehr gestört hatten, war die Feststellung der Ursachen von besonderer Wichtigkeit. Der Shastaberg ist ein gewaltiger Vulkankegel von etwa 4300 m Höhe und besteht im oberen Teil aus Lava und Tuff, die überwiegend von Schnee und Gletschern bedeckt sind. Die im unteren Teil früher vorhandenen ausgedehnten Waldungen sind durch Waldbrände und Abholzen vernichtet, so daß nur noch einzelnes Buschwerk übrig geblieben ist. Da im Laufe des Whitneybaches sich weder Seen noch breite Talflächen mit etwaigen durch Erdbeben verursachten Abdämmungen befinden, so mußte die Annahme, daß die plötzlichen Fluten durch Bruch einer solchen Abdämmung oder eines Seeufers verursacht seien, fallen gelassen werden. Die Ursache der Überschwemmung liegt teilweise in der Abspülung der Bodenmassen der vernichteten Waldflächen teilweise in den immer größeren und in immer steilerem Winkel angewachsenen Gletschermoränen, aus denen der Whitneybach entspringt. Durch einen starken Wolkenbruch, der sich auf ein Gebiet von etwa 8 qkm im oberen Teil des Shastaberges beschränkte, wurden die Boden- und Geröllmassen plötzlich in Bewegung gesetzt.

Zur Vorbeugung ähnlicher Überschwemmungsschäden wurde es in erster Linie für nötig gehalten, dem Wasser und Geröll des Whitneybaches genügenden Abfluß zu schaffen. Der frühere Durchlaß desselben wurde daher ersetzt durch eine Brücke von acht Öffnungen mit je 21 m Stützweite aus Betonpfeilern, die mit vollwandigen Eisenträgern überdeckt sind. Die Brücke liegt 18 m flußabwärts vom alten Durchlaß, um sie von den alten Überschwemmungsmassen abzurücken; dies bedingte natürlich auch Streckenverlegungen. Um künftige Überschwemmungsmassen den Brückenöffnungen zuzuleiten, sind an beiden Brückenenden flußaufwärts flügelmauerartig angeordnete Deiche hergestellt, deren Länge sich über das Schuttmassengebiet hinaus erstreckt. Zwischen den Brückenpfeilern der eigentlichen Flußöffnung wurde ferner eine Schürze aus bewehrtem Beton im Flußbett hergestellt, um die beiden Pfeiler gegen Ausspülung zu schützen. Sr.

Rly. Age vom Oktober 1937.

Bemerkenswerte Auswechslung eines Fachwerkträgers auf einer nordamerikanischen Eisenbahn.

Bei der Stadt Homestead in Pennsylvanien kreuzt eine zweigleisige Eisenbahn mittels Fachwerkbrücke eine untenliegende Eisenbahn und einen Fluß. Für die beiden oberen Gleise sind drei nebeneinanderliegende Hauptträger vorhanden; der mittlere Fachwerkträger ist also für beide Gleise gemeinschaftlich. Bei



Baufortschritt bei Einbringung des neuen Hauptträgers.

einer Brückenuntersuchung zeigte sich, daß einer der beiden äußeren Hauptträger dringend erneuerungsbedürftig war, während der Zustand der beiden anderen Hauptträger eine Auswechslung vorläufig nicht erforderlich machte. Der Grund hierfür lag darin, daß auf dem einen Gleise ein erheblich schwererer Verkehr als auf dem andern zu bewältigen war. Den neuen Hauptträger wieder als Fachwerk auszubilden, erschien nicht ratsam, da diese Form sich nicht bewährt hatte, und außerdem die Montage Rüstungen erfordert hätte, die den Betrieb der untenliegenden Eisenbahn beeinträchtigt und die Zeitdauer der Arbeiten verlängert hätte. Als neuer Hauptträger wurde daher ein vollwandiger Träger von 49 m Länge, 3,16 m Höhe und einem Gewicht von 100 t gewählt, der in einem Stück auf Eisenbahnwagen zur Baustelle geschafft wurde und so den längsten Träger darstellt, der jemals auf einer amerikanischen Eisenbahn befördert wurde. Bei Einbringung des

Trägers wurde das neben ihm liegende Gleis für den Verkehr gesperrt und eingleisiger Betrieb auf dem andern Gleise eingerichtet.

Der neue vollwandige Hauptträger ist in der üblichen Form ausgebildet, daß am Stehblech oben und unten je zwei Winkelisen und auf diesen eine Anzahl Gurtplatten befestigt sind. Es haben sich bei ihm jedoch einige Besonderheiten als notwendig ergeben. Die Verbindung der alten Fahrbahnquerträger an den neuen Hauptträger erfolgt nicht direkt, sondern an senkrechte ungewöhnlich kräftige Aussteifungen des Hauptträgers, welche aus doppelten am Stehblech befestigten Winkelisen bestehen. Die Verbindung zwischen Aussteifungen und Querträger ist durch dreieckige Eckversteifungen gebildet. Die Aussteifungen erleichterten auch die genaue Einbringung des langen schweren Hauptträgers in seine richtige Lage, da die Winkelisen der Aussteifungen sich mit den Enden der Querträger berührten. Beim Einbringen des Hauptträgers wurde es außerdem für nötig befunden, die seitliche Steifigkeit desselben bis zur Herstellung seiner endgültigen Verbindung mit den Querträgern durch vorübergehende Anbringung von kleinen am oberen Ende der Versteifungen angebrachten Konsolen zu verstärken, wie in Bauabschnitt 1—5 zu erkennen ist.

Die Einbringung des neuen Hauptträgers wurde in folgender Weise ausgeführt (siehe Abb.). Zunächst wurde das außer Betrieb gesetzte Gleis möglichst nahe an den mittleren Hauptträger herangerückt, dann die Eisenbahnwagen mit dem auf ihnen verladenen neuen Träger auf die Brücke gebracht und letzterer an beiden Enden durch Kräne von den Wagen gehoben und zwischen die Wagen und den alten äußeren Hauptträger auf Schwellenstapel neben den künftigen Auflagern abgesetzt (Abschnitt 1 und 2). Hierauf wurde der obere Teil des neuen Trägers gegen die Vertikalen des mittleren Hauptträgers abgespreizt und die untere Gurtung des neuen Trägers vorübergehend mit den alten Querträgern verbunden (Abschnitt 3). Die Kräne waren dadurch entlastet und die Eisenbahnwagen wurden von der Brücke entfernt. Die nächste Arbeit war der Abbruch des alten äußeren Hauptträgers nebst Querverband und sonstigem Zubehör, wobei die Querträger jetzt durch die vorübergehende Verbindung mit dem neuen Hauptträger an ihren äußeren Enden getragen wurden (Abschnitt 4). Dann wurden die notwendigen Änderungen an den Auflagern ausgeführt. Um nun den neuen Hauptträger in seine endgültige Lage zu bringen, war es notwendig, seine vorübergehenden Verbindungen mit den alten Querträgern zu lösen und letztere vorläufig auf andere Weise zu stützen. Dies wurde dadurch bewerkstelligt, daß diese Querträger mit den Querträgern des in Betrieb befindlichen Gleises verbunden wurden, so daß sie als Kragträger das Gewicht der Fahrbahn aufnehmen konnten.

Die Abspreizung des oberen Teils des neuen Hauptträgers gegen den mittleren Hauptträger mußte vor der Einbringung in seine endgültige Lage natürlich beseitigt werden; nach Beendigung

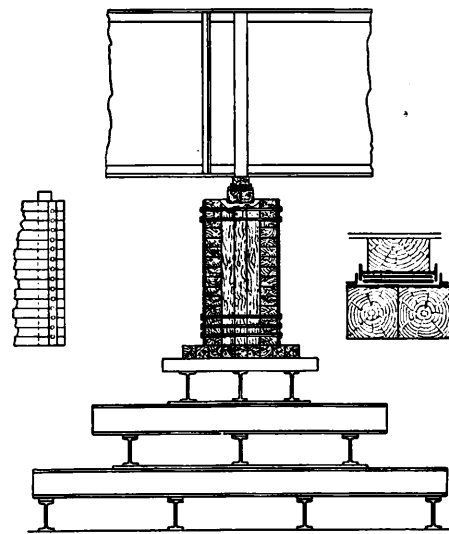
der Einbringung wurde eine neue Abspreizung angebracht. Schließlich wurde die endgültige Verbindung zwischen neuem Hauptträger und Querträgern durch Eckversteifungen hergestellt und der Windverband angeschlossen. Hierauf konnten die Abspreizungen und die vorübergehend angebrachten Versteifungskonsolen (Abschnitt 6) beseitigt werden. Sr.

Rly. Age vom Oktober 1937.

Ungewöhnliche Art der Einbringung schwerer Brückenträger.

Bei Ersatz eines Planüberganges einer amerikanischen Eisenbahn zwischen Chicago und Milwaukee durch eine schienenfreie Überführung der Eisenbahn über die Straße erforderte das Kreuzungsbauwerk infolge sehr schrägen Schnittwinkels Haupt-

träger von ungewöhnlicher Länge; es waren vollwandige Blechträger von 42,70 m Länge, 3,48 m Höhe und einem Gewicht von 121 t. Zur Freilegung der Baustelle wurde zunächst eine vorübergehende Streckenverlegung möglichst nahe der bestehenden Eisenbahn hergestellt und auf Gerüstböcken über die Straße hinweggeführt. Auf diese neben der Brückenbaustelle liegenden Gerüstbrücke wurden die mit je einem der beiden Hauptträger beladenen Eisenbahlangholzwagen aus dem Lieferwerk befördert. Es handelte sich nun darum, die Träger von den Eisenbahnwagen in ihre endgültige Lage auf dem Überführungsbauwerk zu bringen, was eine Bewegung derselben in waagerechter Richtung und eine Senkung um 3,45 m erforderte. Da für diese Arbeit in Anbetracht der Länge und des Gewichts der Träger



Anordnung der Sandkästen.

die Anwendung von Kränen schwierig und kostspielig erschien, so wurde ein Verfahren angewendet, die Träger durch sandgefüllte Kästen abzustützen und allmählich in ihre endgültige Lage abzu-

senken. Zu diesem Zweck wurden in den beiden endgültigen Achsen der Hauptträger des Bauwerks je zwei Roste aus I-Eisen hergestellt (vergl. Abb.); auf jedem Rost ruhte ein mit Sand gefüllter Holzkasten von 3,30 m innerer Länge, 0,90 m innerer Breite und 3,35 m Höhe. Die Kästen waren durch Eisenverbindungen und Verstrebungen zur Aufnahme des Sanddruckes verstärkt; ihre Längsseiten bestanden aus aufeinander geschichteten horizontal liegenden Kanthölzern. Die Längsachsen der Senkkästen lagen genau senkrecht unter der Achse der Unterlagshölzer, auf welchen die Träger auf den Eisenbahnwagen ruhten. Auf der Sandoberfläche lagen unmittelbar nebeneinander zwei Eichenbalken zur Aufnahme des Trägergewichts.

Nachdem der Eisenbahnwagen mit dem Träger genau gegenüber seiner endgültigen Lage festgelegt war, wurde der Träger durch Winden so weit hochgehoben, daß unter den Unterlagshölzern stählerne Gleitplatten befestigt werden konnten. Die Gleitplatten reichten bis zu den auf den Sandkästen liegenden beiden Eichenbalken, deren Oberfläche in gleicher Höhe lag. Der Träger wurde nun mit seinen Unterlagshölzern in waagerechter Richtung auf die Sandkästen bis senkrecht über seine endgültigen Auflager geschoben. Die Absenkung auf letztere erfolgte in der Weise, daß zunächst die obere Sandschicht mit kleinen Schaufeln aus den Kästen so weit entfernt wurde, daß die Sandoberfläche mit der Unterkante der obersten Hölzer der Seitenwände bündig lag. Diese Hölzer wurden dann entfernt, der Sand bis zur Unterkante der nächsten Seitenhölzer ausgeschaufelt, diese entfernt und in gleicher Weise bis zur Absenkung des Trägers auf sein endgültiges Auflager verfahren. Die vorerwähnten Eisenverstärkungen der Sandkästen mußten natürlich dementsprechend geändert werden.

Sr.

Rly. Gaz. vom November 1937.

Werkstätten, Stoffwesen.

Nickelarme legierte Stähle.

Während es möglich ist mit allen üblichen Legierungselementen, wie Chrom, Wolfram, Vanadin, hohe Festigkeitseigenschaften zu erzielen, gewähren nicht alle gleich gute Ergebnisse in der Durchvergtbarkeit. Hier gebührt dem Nickel ein unbestreitbarer Vorrang vor anderen Legierungselementen. Durch zweckentsprechende Vereinigung von Mangan, Chrom, Molybdän und Vanadin gelingt es aber, auch ohne Nickel brauchbare Ergebnisse zu erzielen, besonders dann, wenn man zu schärferen Ablöschmitteln, z. B. von Öl auf Wasser, übergeht. Bereits in den Jahren 1927 bis 1928 ist es gelungen nickelfreie Chrom-, Chrom-Molybdän und Chrom-Vanadin-Stähle auf den Markt zu bringen, die alle Eigenschaften hochwertiger Konstruktionsstähle aufweisen. Der stetig steigende Absatz in den Jahren 1929 bis 1934 ist der beste Beweis dafür, daß diese Stähle keineswegs als Ersatz-

stähle angesprochen werden können, sondern vollwertige Austauschstoffe sind, die sich ihr Anwendungsgebiet schon vor Inkrafttreten der heutigen Sparmaßnahmen zu erobern begannen. In Querschnitten bis zu etwa 60 mm entsprachen die Chrom-Molybdänstähle in Festigkeit, Streckgrenze und Zähigkeit völlig den Chrom-Nickelstählen. Auch alle im Zusammenhang damit durchgeführten Schwingungsfestigkeits-Untersuchungen bestätigten ihre Gleichwertigkeit. Dieses günstige Verhalten konnte jedoch nicht ohne weiteres auch für Abmessungen von 100 mm aufwärts erwartet werden. Im Hinblick auf die außerordentliche Wichtigkeit dieser Stähle für die deutsche Wirtschaft sind daher noch eingehende Untersuchungen in feineren Abstufungen durchgeführt worden, deren Ergebnisse zeigen, daß der mit Vanadin legierte Spitzenstahl in der Reihe der Chrom-Molybdänstähle bereits eine durchaus annehmbare Durchvergtbarkeit besitzt, wenn er auch in

Zusammenstellung.

Festigkeitseigenschaften von Ersatzstählen für gekröpfte Kurbelachsen.

Stahlart	Zusammensetzung	Behandlung	Probenlage	Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung %	Einsehnürung %	Korbzähigkeit mkg/cm ²
Mangan-Stahl	C Mn 0,32 1,52	850°/Öl 640/650° angel.	längs	43,9	65,3	24,5	58	13,7
			quer	43,9	64,9	21,0	44	9,1
Chrom-Molybdän-Stahl	Cr Mo 1,4 0,27	850°/Öl 690/700° angel.	längs	47,1	62,1	23,5	65	19,5
			quer	45,2	60,8	18,0	45	5,8
Nickelarmer Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl	Ni Cr Mo 1,1 1,4 0,34	850°/Öl 690/700° angel.	längs	49,7	65,6	23,5	64	14,7
			quer	48,4	64,3	21,2	56	13,6
Reichsbahnvorschriften für gekröpfte Kurbelachsen aus 5%igem Nickelstahl								
für doppelt gekröpfte über					60	17 14	40	10
für einfach gekröpfte über					60	20 18	45	12

größeren Querschnitten noch nicht die Gleichmäßigkeit erreicht wie die früheren Spitzenstähle auf der Chrom-Nickel-Grundlage.

Da Nickel die Durchverfügbarkeit jedoch schon in kleinen Mengen wesentlich steigert, gibt es auch noch verschiedene Zwischenlösungen zwischen dem 4,5% Nickel enthaltenden alten Stahl und den nickelfreien Stählen. Seit Einführung der Nickelstähle war es üblich geworden, für hochbeanspruchte gekrüpfte Lokomotivachsen Stähle mit 5% Nickel zu verwenden. Aus der vorstehenden Zusammenstellung ergibt sich, daß die vorgeschriebenen Festigkeitseigenschaften auch mit sparstoffarmen Stählen einwandfrei erreicht werden können, selbst hinsichtlich der Kerbzähig-

keit. In der Längsrichtung werden zwar von allen Stählen praktisch die vorgeschriebenen Werte erreicht; in der Quer- richtung ist jedoch ein Vorteil des schwach nickellegierten Chrom- Molybdän-Stahles nicht zu verkennen. Es sei dabei ausdrücklich bemerkt, daß es sich um Proben handelt, die aus dem fertigen Schmiedestück herausgearbeitet wurden: geschmiedete oder vor der Vergütung herausgearbeitete Proben würden selbstverständ- lich günstigere Werte ergeben, die dem Verbraucher jedoch über das praktisch Erreichbare nur ein falsches Bild vermitteln würden.

Schn.

Techn. Mitteilungen Krupp.

Lokomotiven und Wagen.

Der „Ilo“-Einradwagenschieber.

Auf einer Anzahl kleiner Bahnhöfe der Deutschen Reichs- bahn ist seit jüngerer Zeit ein neues Rangiergerät, der „Ilo“- Einradwagenschieber eingesetzt. Es ist für solche Bahnhöfe am Platz, die eine Kleinlokomotive noch nicht wirtschaftlich ausnützen können, deren Verschiebegeschäft aber, abgesehen von dem Ge- bundensein an den Fahrplan, doch längere, unerwünschte Zugs- aufenthalte erforderlich machen würde. Das in der Abbildung dargestellte Gerät wird geführt und getragen von dem als Gehäuse ausgebildeten und ein Dreiganggetriebe enthaltenden Trieb- rad, dessen auswechselbare Vollgummibereifung der Schienenform entsprechend profiliert und am Umfang mit Querrippen versehen ist. Das Trieb- rad wird im oberen Teil umschlossen von der helm- artig ausgebildeten Kappe, die schräg nach vorn eine in ihrer Länge verstellbare Druckstütze, ferner den aus zwei gegeneinander ver- drehbaren Ringen bestehenden Rahmen mit den zur Führung

Bosch-Schwunglichtmagnetzündler gespeiste Beleuchtung ange- bracht werden.

Der mit eigener Kraft fahrende, von einem Mann ähnlich einer Schubkarre zu führende „Ilo“-Wagenschieber kann auf dem Bahnhofs- gelände ohne besondere Kraftanstrengung kreuz und quer bewegt werden. Er klettert mühelos über Weichen, Herzstücke, Schwellen und sonstige Hindernisse hinweg. Zum Verschieben von Wagen wird er vor dem Fahrzeug, gleich auf welcher Wagen- seite, im Langsamgang senkrecht zur Gleisrichtung auf die Schiene gefahren, nach Schaltung auf Leerlauf um 90° geschwenkt und dann mit angehobenen Holmen so unter den Wagen geführt, daß der Druckstangenkopf gerade noch unter dem Kupplerhandgriff hindurchgleitet und die Druckstange nach Zurückbringen des Rahmens in die waagerechte Lage senkrecht über der Schiene am Stimbalken angreift. Das sich vorwärts bewegende Trieb- rad versucht nun die Druckstange in die Vertikale zu stellen. Das Gerät klemmt sich damit unter den Wagen und bewegt diesen vorwärts. Es kann bei günstiger Witterung und ebener guter Gleislage bis zu 100 t Wagengewicht verschieben. Der Brennstoff- verbrauch beträgt etwa 1 1/2 l-Betriebsstunde, das Gewicht des kräftig gebauten Schiebers ungefähr 190 kg. Seine Bedienung erfordert neben einiger Übung und Gewandheit keine besonderen Fachkenntnisse. Hersteller sind die „Ilo“-Werke in Pinneberg bei Hamburg.

Breitschaft.

Dienstkontrollapparat für Verschiebelokomotiven.

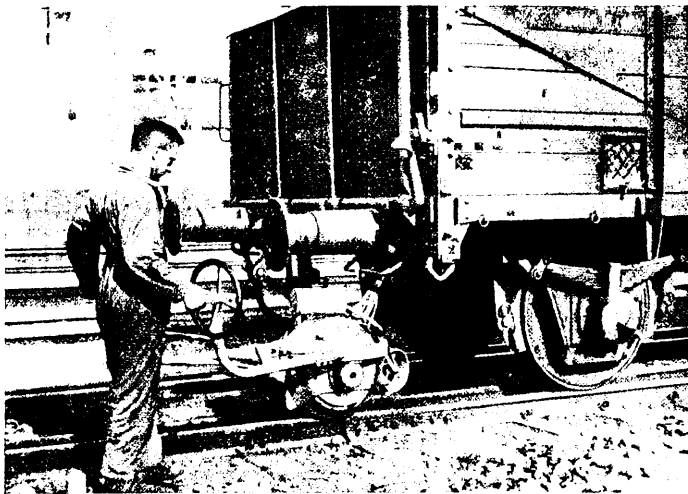
Seit mehreren Jahren benutzen die französischen Eisenbahn- gesellschaften zur Überwachung ihrer Verschiebelokomotiven selbstschreibende Instrumente, welche die Zeitdauer der Fahrt oder des Stillstandes aufschreiben. Sie sind an irgendeiner Stelle der Lokomotive angebracht, mitunter auch ohne Wissen des Führerpersonals in irgendeinem Kasten. Sie brauchen keinerlei festen Antrieb vom Fahrwerk her. Der Schreibstift sitzt auf einem Hebel, der unter dem Einfluß der Lokomotivbewegungen bei der Fahrt in Schwingungen gerät. Er zeigt dadurch auf einem kreis- förmigen Blatt die einzelnen Fahrtauern an. Dieses Blatt reicht bei manchen Apparaten für 7 bis 8 Tage, wobei jedem einzelnen Tag ein weiterer konzentrischer Streifen entspricht.

Die französischen Ostbahnen verwenden außerdem einen anderen Apparat, der auch die Verschiebegeschwindigkeiten auf- schreibt. Dieser Apparat besitzt selbstverständlich einen festen Antrieb vom Fahrwerk der Lokomotive her, der in ähnlicher Weise wie bei den gewöhnlichen Geschwindigkeitsmessern aus- geführt ist. Das Diagrammblatt dieses Apparates zeigt die zu den verschiedenen Zeiten gefahrenen Geschwindigkeiten und in einem inneren Ring auch die zurückgelegten Kilometer an. Das Diagrammblatt reicht für 24 Stunden aus.

Diese Kontrollapparate gestatten, die Dienstleistung der Verschiebelokomotiven zu überwachen und die Gründe längerer Arbeitspausen festzustellen und zu beseitigen.

K-dei.

Rev. gén. Chem. de Fer, September 1937.



dienenden Handstangen und einen kleinen Behälter für das Brenn- stoff-Ölgemisch trägt. Als Antriebsorgan des Gerätes ist an die Kappe ein waagrecht liegender luftgekühlter, im Zweitakt arbei- tender Einzylindervergasermotor von 6 PS Leistung angeflanscht, der über eine Klauenkupplung mit dem Getriebe verbunden ist. Rechts am Führungsgestänge befindet sich ein Handrad zur Getriebschaltung, mit dem auf Leerlauf und drei Gangstufen für 1,2 bis 4,7 km Fahrgeschwindigkeit geschaltet werden kann. Der linke Führungsholm trägt den Drehgriff für die Gasregulierung und einen Handhebel zur Ringrahmenfeststellung. Als weitere Ausstattung sind noch das zum Einrichten des Wagenschiebers dienende kleine Stützrad, ein Hemmschuhträger und der am Führungsgestänge sitzende abklappbare Kippständer, mit dem das Gerät in Ruhestellung auf drei Punkten abgestützt werden kann, zu nennen. Nach Bedarf kann auch elektrische, von einem

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

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