

Fachheft:

Das Schweißen im Eisenbahnwagenbau.

Das Heft enthält Aufsätze über das Schweißen im Wagenbau und die Erfahrungen mit Schweißkonstruktionen bei Personen-, bei gewöhnlichen Güterwagen und Großgüterwagen. Es hatte sich, wie übrigens auch bei anderen Schweißkonstruktionen, herausgestellt, daß das Schweißen nicht immer billiger ist als das Nieten. In einer eingehenden Aussprache zwischen den Ingenieuren der Wagenbauanstalten und der Reichsbahn sollte nun festgestellt werden, ob geschweißte Konstruktionen bei veränderter Durchbildung der Form und der Herstellung nicht doch noch wesentlich verbilligt werden konnten. Als Ort der Aussprache wurde die Schweißtechnische Versuchsabteilung des RAW. Wittenberge bestimmt und die Ingenieure der Wagenbauvereinigung zu einem der Lehrgänge für Werkschweißingenieure vom 7. bis 11. Mai 1935 eingeladen. Es ist natürlich nicht möglich, alle dort gehaltenen Vorträge zu veröffentlichen. Nur die Sondervorträge wurden herausgegriffen und zu diesem Heft vereinigt. Die rege Aussprache der Beteiligten brachte noch manche gegensätzliche Auffassung zutage und es zeigte sich, daß die Erfahrungen z. Z. noch nicht ausreichen, um endgültig über die Brauchbarkeit dieser oder jener Form oder Ausführung ein Urteil zu fällen. So hat im Personenwagenbau der Kastenträger keinen Anklang gefunden, während der Großgüterwagenbau ganz gute Erfahrungen damit gemacht hat. Ein Erörterungsbeitrag von Herrn Dir. Kreissig zu dieser Frage ist daher mitaufgenommen. Wenn gelegentlich Schweißungen an Stellen gelegt werden müssen, an denen gerade Spannungsspitzen vorhanden sind, so wird sich natürlich eine Stumpfschweißung schlechter bewähren, als eine Laschenschweißung, die den gefährdeten Querschnitt verstärkt. Daraus lassen sich aber keine allgemeinen Schlüsse ziehen. Es war vorgesehen, die Aussprache und die Vorträge in Nürnberg im September vorigen Jahres zu wiederholen. Diese Aussprache mußte jedoch verschoben werden, und so schien es geraten, die Vorträge baldigst zu veröffentlichen, wozu sich das Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens dankenswerter Weise bereit erklärt hat. Es stehen am Anfang zwei Vorträge allgemeiner Art von Dipl.-Ing. Stiel er und ROR. Mauer er, darauf folgen die Sondervorträge über das Schweißen im Personenwagenbau von RR. Boden (mit Erörterungsbeitrag von Dir. Kreissig) im Güterwagenbau von RR. Schinke und im Großgüterwagenbau von RR. Bode. Dr. Kühnel.

Wirtschaftliche und praktische Gesichtspunkte bei der Neufertigung und Instandsetzung von Wagen.

Von Dipl.-Ing. C. Stiel er, Wittenberge.

Das Schweißen im Wagenbau hat den Zweck, die Wagen billiger, leichter und fester herzustellen und instandzusetzen, als es früher bei der Verwendung des Nietverfahrens möglich war.

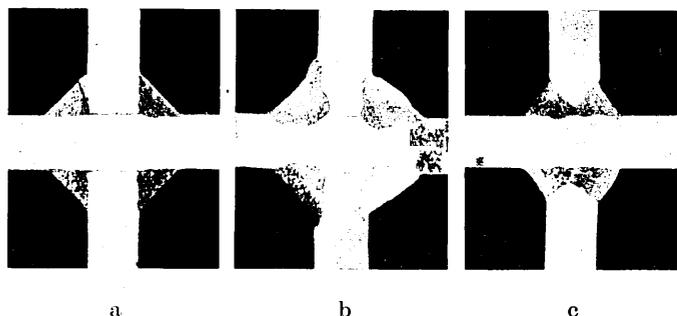
Dazu ist es aber notwendig, die verschiedenen Schweißverfahren nicht nur rein handwerksmäßig zu beherrschen, sondern man muß ihre Eigenarten kennen, um diese beim Entwurf berücksichtigen und ihre Anwendung in der Werkstatt durch geeignete Maßnahmen erleichtern zu können.

Vorbereitung.

Besonderer Wert ist auf die Vorbereitung der zu schweißenden Stücke zu legen, um dem Schweißer unnötige Arbeit zu ersparen. Ist es z. B. bei Kehlnähten notwendig, von beiden Seiten aus durchzuschweißen, um die Dauerfestigkeit der Verbindung zu erhöhen (Abb. 1), so ist es unwirtschaftlich, den Schweißer dies durch tiefes Einbrennen ausführen zu lassen, was ihm zudem nur in seltenen Fällen einwandfrei gelingen wird. Richtiger ist es, die Bleche vor dem Schweißen durch Brennschnitte abzuschrägen.

Gute Brennschnitte kann man unbearbeitet lassen, ohne daß dadurch die Dauerfestigkeit der Stücke zu stark vermindert wird, wie die Untersuchungen von O. Graf erwiesen

haben. Das Brennschneiden sollte deshalb nicht nur zu Herstellung der Schweißkanten dienen.



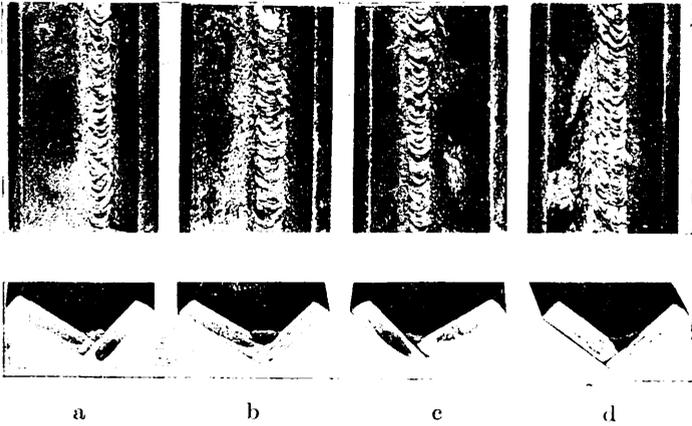
a Kanten nicht abgeschrägt — leichter Einbrand, der in vielen Fällen genügt. — b Kanten nicht abgeschrägt — mißlungener Versuch durchzuschweißen. — c Kanten abgeschrägt — einwandfrei durchgeschweißt.

Abb. 1. Ausführungsarten von Kehlnähten.

Wahl der Elektroden.

Eine wesentliche Rolle spielen bei den Gesamtkosten der Schweißarbeiten häufig die Elektrodenkosten. Die Preise der

Elektroden sind sehr verschieden, 0,20 bis 2,50 *RM*/kg, je nachdem es sich um gewöhnliche blanke, oder hochwertige umhüllte oder Seelenelektroden handelt. Die teuersten Elektroden müssen nicht unbedingt die besten sein.

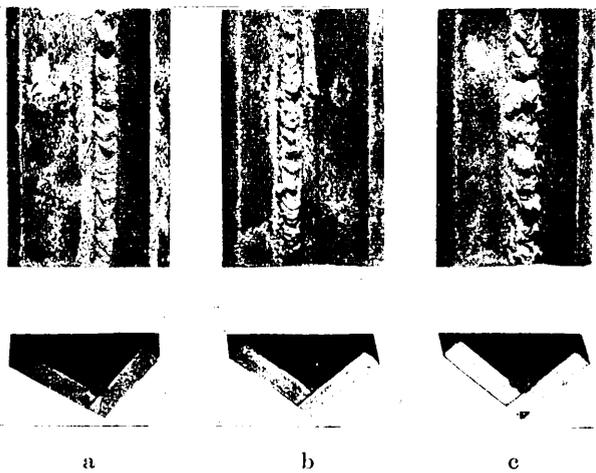


a Waagrecht geschweißt (ein Schenkel lag waagrecht, der andere Schenkel stand senkrecht). — b Waagrecht geschweißt (die Winkelhalbierende stand senkrecht). — c Senkrecht geschweißt. — d Überkopf geschweißt.

Abb. 2. Kehlnähte, mit blanken Elektroden geschweißt.

Es ist nicht immer notwendig, für hochbeanspruchte Bauteile hochwertige Elektroden zu verwenden, denn die Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen ist entgegen der weit verbreiteten Meinung nicht abhängig von der Bruchdehnung.

Geschweißte Brückenträger der elektrischen B_0 - B_0 -Lokomotiven, die fast ausschließlich unter Verwendung gewöhnlicher blanker Elektroden hergestellt wurden, haben sich in jahrelangem Betrieb gut bewährt. Sie sind ein Beweis dafür,



a Waagrecht geschweißt (die Winkelhalbierende stand senkrecht). — b Senkrecht geschweißt. — c Überkopf geschweißt.

Abb. 3. Kehlnähte, mit getauchten Elektroden geschweißt.

daß auch mit diesen Elektroden Nähte geschweißt werden können, die den höchsten Beanspruchungen genügen.

Zweckmäßig ist es, bei der Auswahl der Elektrodenarten ihre schweißtechnischen Eigenschaften zu berücksichtigen.

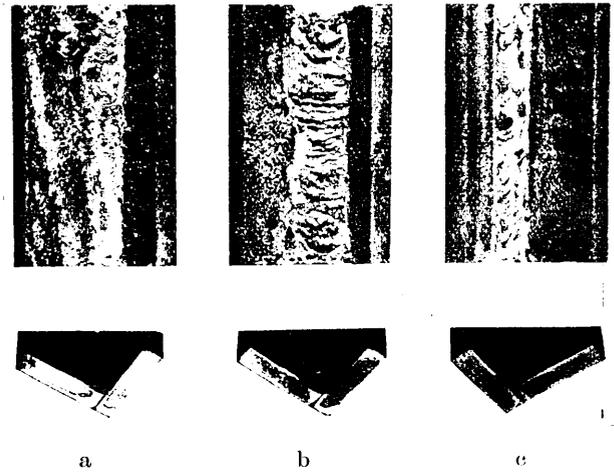
Mit Wechselstrom lassen sich nur umhüllte und Seelenelektroden verschweißen, während mit Gleichstrom nicht nur diese, sondern auch gewöhnliche blanke Elektroden verschweißt werden können. Manche umhüllten Elektroden ergeben bei Verwendung von Gleichstrom bessere Nähte, andere sind für Wechselstrom besser geeignet. Die vorhandenen Einrichtungen sind also bei der Beschaffung der Elektroden zu berücksichtigen.

Mit guten blanken und Seelenelektroden kann man nicht nur waagrecht, sondern auch senkrecht und über Kopf schweißen.

Abb. 2 zeigt das Aussehen und die angeätzten Querschnitte von Schweißnähten, die mit derartigen Elektroden geschweißt wurden. Beachtenswert ist, daß es bei waagerechten Kehlnähten nicht unbedingt notwendig ist, um gleichmäßige Nahtschenkel zu erzielen, das Stück so zu kanten, daß die Winkelhalbierende senkrecht steht, sondern daß dies auch bei beliebiger Lage erreicht werden kann (Abb. 2a und b).

Abb. 3 zeigt Nähte, die ebenfalls mit gewöhnlichen Elektroden geschweißt sind. In diesem Falle wurden jedoch die Elektroden mit einem dünnen Überzug versehen (getaucht), um das Verschweißen mit Wechselstrom zu ermöglichen.

Die schweißtechnischen Eigenschaften der getauchten Elektroden unterscheiden sich nur wenig von denen blanker Elektroden, doch ist auf sorgfältige Entfernung der Schlacke aus den Nähten besonders zu achten. Auch im Aussehen und in den mechanischen Gütewerten bestehen keine großen Unterschiede zwischen den Nähten, die mit blanken Elektroden



a Waagrecht geschweißt. — b Senkrecht geschweißt. — c Überkopf geschweißt.

Abb. 4. Kehlnähte, mit dick umhüllten Elektroden geschweißt.

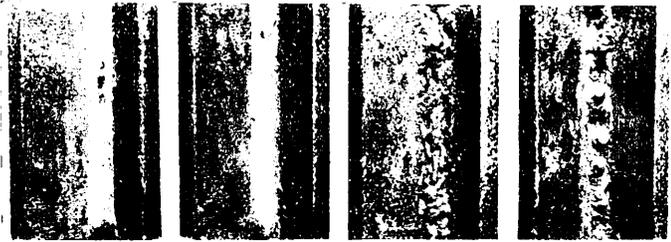
und denen, die mit getauchten Elektroden geschweißt sind. Dick umhüllte, hochwertige Elektroden lassen sich im allgemeinen wesentlich schwieriger verschweißen als die beiden oben erwähnten Arten, doch sind ihre Schweiß Eigenschaften in der letzten Zeit wesentlich verbessert worden. Wie Abb. 4 zeigt, kann man auch mit derartigen Elektroden in jeder Lage schweißen, wenn sie nicht zu dünnflüssig sind.

Die Erkenntnis, daß die Dauerfestigkeit von Bauteilen sehr wesentlich von ihrer äußeren Form abhängt, und daß Kerben die Dauerfestigkeit sehr vermindern, hat dazu geführt, Elektroden zu entwickeln, mit denen besonders glatte Nähte geschweißt werden können. Glatte Nähte können aber nur mit sehr dünnflüssigen Elektroden hergestellt werden, und mit diesen kann man nur waagrecht, nicht aber senkrecht oder über Kopf schweißen (Abb. 5). Will man mit diesen Elektroden gleichmäßige Nahtschenkel erzielen, so müssen auch waagrecht liegende Nähte so gekantet werden, daß die Winkelhalbierende senkrecht steht.

Zu diesem Zweck und um senkrechte und Überkopfnähte möglichst zu vermeiden, werden häufig besondere Einspan- und Schwenkvorrichtungen verwendet (Abb. 6).

Bei manchen dieser Elektroden hebt sich die Schlacke von selbst ab, und die darunter liegende Schweißnaht ist vollständig metallisch rein. Dicke Elektroden lassen sich wesentlich schneller verschweißen als dünne Elektroden.

Ihre Verwendung erscheint deshalb aus wirtschaftlichen Gründen geboten. Dabei dürfen aber ihre Nachteile nicht übersehen werden. Dickere als 5 mm-Elektroden lassen sich nur waagrecht verschweißen. Man kann mit ihnen nicht einwandfrei die Nahtwurzel durchschweißen, es muß also immer mit einer dünnen Elektrode vorgeschweißt werden (Abb. 7a und b).



a Waagrecht geschweißt (ein Schenkel lag waagrecht, der andere Schenkel stand senkrecht). — b Waagrecht geschweißt (die Winkelhalbierende stand senkrecht). — c Senkrecht geschweißt (unbrauchbar). — d Überkopf geschweißt (unbrauchbar).

Abb. 5. Kehlnähte, mit dick umhüllten, sehr dünnflüssigen Elektroden geschweißt.

Auch ungleichmäßige Nahtschenkel sind zweckmäßig mit einer dünnen Elektrode auszugleichen (Abb. 7b und c). Schließlich darf nicht übersehen werden, daß Nähte, die in wenigen Lagen geschweißt sind, wenn sie nicht ausgeglüht werden, ein wesentlich gröberes Gefüge besitzen als Nähte, die in vielen Lagen geschweißt sind, da bei dieser Arbeitsweise eine Lage die andere ausglüht.

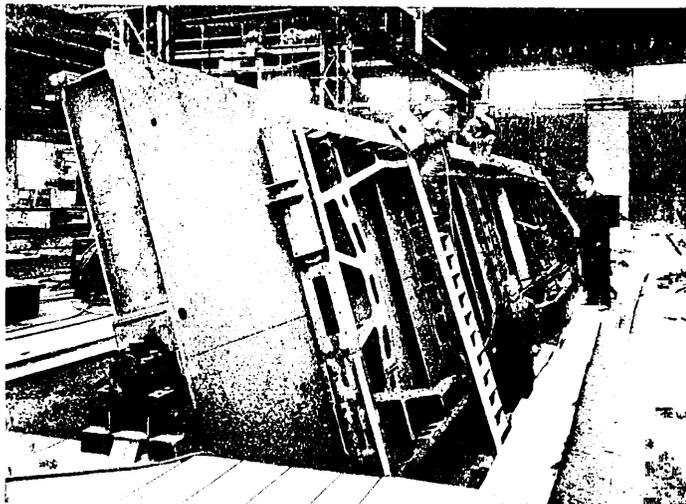


Abb. 6. Einspann- und Schwenkvorrichtung.

Wenn ein geübter Schweißer auch in jeder Lage gute Nähte schweißen kann, so ist es doch nur bei waagrecht Lage der Werkstücke möglich. Nähte, wie in Abb. 5a und b gezeigt, herzustellen. Senkrechte und Überkopfnähte kann niemand so schnell schweißen wie waagerechte Nähte. Die Arbeitszeiten verhalten sich bei blanken und bei umhüllten Elektroden etwa wie folgt:

Waagrecht- zur Senkrechtschweißung wie 1:1,25,

Waagrecht- zur Überkopfschweißung wie 1:1,5.

Daraus ergibt sich die Forderung, aus wirtschaftlichen Gründen die Senkrecht- und Überkopfschweißung möglichst zu vermeiden.

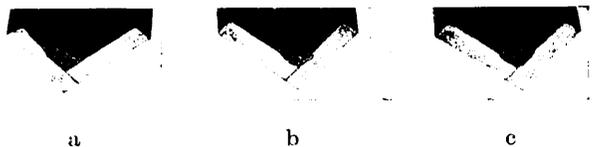
Die Anwärnzonen sind bei Verwendung umhüllter Elektroden etwas breiter als bei Verwendung blanker Elektroden.

Dehnung und Schrumpfung von Blankdrahtnähten, sowie bei behinderter Schrumpfung die Schrumpfspannung, sind deshalb etwas geringer als die von Nähten, die mit umhüllten Elektroden geschweißt sind.

Die Anwärmezonen von senkrechten und Überkopfnähten unterscheiden sich dagegen nur wenig von denen waagrecht geschweißter Nähte.

Arbeitsverfahren.

Bei der Neufertigung von Wagen sind verschiedene Arbeitsverfahren möglich. Einmal kann man das Kastengerippe des Wagens von unten aufbauend stückweise zusammenschweißen, man kann aber auch die Hauptteile wie Untergestell, Stirn- und Seitenwände sowie das Dach je für sich herstellen und erst zum Schluß diese Teile zum Ganzen vereinigen. Das erstgenannte Verfahren bedingt zahlreiche



a Einlagenschweißung mit 6 mm Elektroden (Wurzel nicht durchgeschweißt). — b Zweilagenschweißung (Wurzel mit 4 mm Elektroden vorgeschweißt). — c Dreilagenschweißung (Wurzel und Oberfläche mit 4 mm Elektroden vor- bzw. nachgeschweißt).

Abb. 7. Kehlnähte, mit dicken Elektroden geschweißt.

Senkrecht- und Überkopfnähte, auch ist die Verwendung von Spannvorrichtungen, die das Einhalten der Maße erleichtern, dabei erschwert. Bei dem zweiten Verfahren kann man die einzelnen Teile in schwenkbaren Spannvorrichtungen, wie in der Abb. 6 gezeigt wurde, schweißen. Es werden also fast ausschließlich waagerechte Nähte verwendet, und nur wenige Senkrecht- und Überkopfnähte sind für den Zusammenbau am Schluß notwendig.

Nicht einfach ist es, die dünnen Bekleidungsbleche der Personenwagen einwandfrei zusammenzuschweißen. Man kann dazu die Gasschmelzschweißung wie auch das Arcatomverfahren (Wolfram-Lichtbogen unter Zusatz von Wasserstoff) oder die gewöhnliche Lichtbogenschweißung mit blanken oder umhüllten Elektroden verwenden.

Für die Neuverkleidung von Personen- und Gepäckwagen mit hölzernen Kastengerippen stehen zwei Verfahren im Wettbewerb, die Gasschmelzschweißung und das Arcatomverfahren. Betrachtet man nur das eigentliche Schweißen, so ist das erstgenannte Verfahren das billigere, jedoch verziehen sich die Bleche dabei ziemlich stark, auch muß man die Nähte überschleifen, da Schweißraupen aufgetragen werden. Das Arcatomverfahren ergibt besonders saubere Nähte, die nicht nachgeschliffen werden müssen, da kein Zusatzwerkstoff aufzutragen

ist, sondern die Bleche nur zusammenschmelzen sind. Besonders vorteilhaft ist das geringe Verziehen der Bleche, die deshalb nur wenig nachgerichtet werden müssen. Der

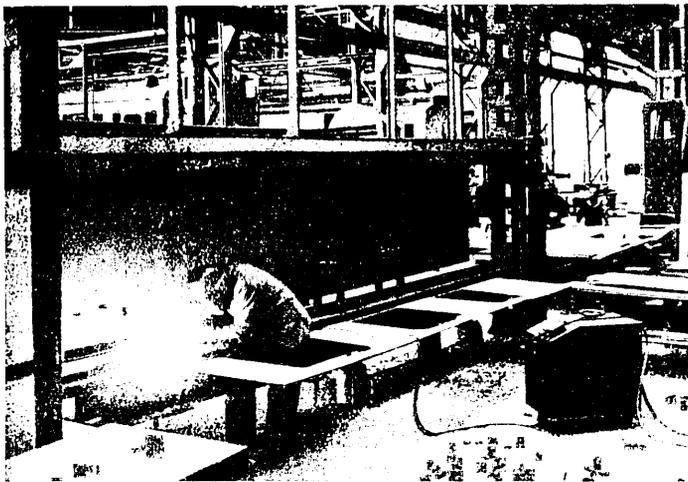


Abb. 8. Arcatomschweißen von Wagenbekleidungsblechen (2,5 mm dick) in einer Einspannvorrichtung.

Zweckmäßig werden auch bei der Dünnblechschweißung geeignete Spannvorrichtungen verwendet (Abb. 8).

Welchem Verfahren der Vorzug zu geben ist, richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen. Sind große Richtmaschinen vorhanden, auf denen z. B. ganze Stirnwände gerichtet werden können, so kann das stärkere Verziehen gasgeschweißter Nähte ohne Bedenken in Kauf genommen werden. Sind derartige Vorrichtungen aber nicht vorhanden, so ist das Arcatomverfahren wirtschaftlicher, da bei diesem die Richtarbeit nur unwesentlich ist.

Die gewöhnliche Lichtbogenschweißung mit den derzeit bekannten Elektroden ergibt Nähte mit verhältnismäßig dicken, unsauberen Wülsten. Das Abarbeiten dieser Wülste ist zeitraubend und macht deshalb dieses Verfahren bei Arbeiten auf dem Schweißstand unwirtschaftlich.

Müssen jedoch die letzten Nähte am Wagen selbst, zumeist senkrecht, geschweißt werden, so kommt bei hölzernen Wagen wegen der Feuergefährlichkeit nur die Lichtbogenschweißung in Betracht, da bei diesem Verfahren die Wärmeentwicklung die geringste und dazu noch örtlich sehr beschränkt ist. Auch zum Anschauen abgerosteter Bleche am Wagen selbst wird aus diesen Gründen der Lichtbogenschweißung der Vorzug gegeben.

Befestigen und Glattspannen der Bleche an stählernen Kasten-gerippen.

Für die Befestigung der Bleche an den stählernen Kasten-gerippen sind drei Verfahren üblich: die elektrische Punktschweißung, die Lichtbogenschweißung mit Kehlnähten sowie als sogenannte Lochschweißung.

Es wird nicht nur eine sichere Befestigung der Bleche verlangt, sondern diese müssen auch glatt gespannt ohne Beulen den Wagen bedecken.

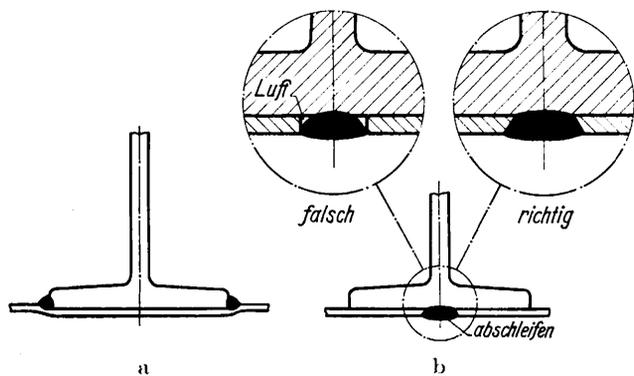
Über die Eignung des Punktschweißverfahrens für diese Arbeit ist noch wenig bekannt. Große sperrige Maschinen sind dazu notwendig, die mit Hebezeugen von Schweißpunkt zu Schweißpunkt befördert werden müssen, wenn es nicht möglich ist, die Stücke selbst hin- und herzubewegen.

Die Lichtbogenschweißung mit unterbrochenen Kehlnähten ermöglicht es zwar, die Bleche billig und fest aufzuschweißen, bei nicht ganz sorgfältiger Arbeitsausführung ziehen aber die Kehlnähte durch das Schrumpfen die Bleche neben den Säulen so heran, daß sich die Säulen deutlich abheben (Abb. 9a).

Das letztgenannte Verfahren, die Lochschweißung, vermeidet diesen Nachteil. Es werden dabei in die Bleche Löcher von etwa 10 mm Durchmesser gebohrt und die Bleche durch Zuschweißen dieser Löcher mit den Säulen usw. verbunden. Werden die Löcher zylindrisch gebohrt, so ist es schwierig, sie vollständig auszufüllen. Bei konischen Löchern dagegen ist es leichter, diese einwandfrei zu verschweißen (Abb. 9b). Selbstverständlich müssen die Schweißstellen zum Schluß über-
schliffen werden.

Mit keinem Schweißverfahren kann man die Bleche glatt ohne jedes Verziehen aufschweißen. Sie müssen deshalb immer nach dem Aufschweißen nachgerichtet werden. Ist das Verziehen sehr groß, so ist es manchmal unmöglich, sie wieder vollständig glatt zu spannen.

Werden z. B. die Seitenwandbleche auf die Seitenwände aufgeschweißt, bevor diese aufgerichtet und auf dem Unter-
gestell befestigt sind, so verziehen sich die Seitenwände häufig beim Aufrichten so sehr, daß die dadurch entstehenden Beulen



a Kechnahtschweißung. — b Lochschweißung.

Abb. 9. Befestigen von Bekleidungsblechen an den Säulen der Personenwagen.

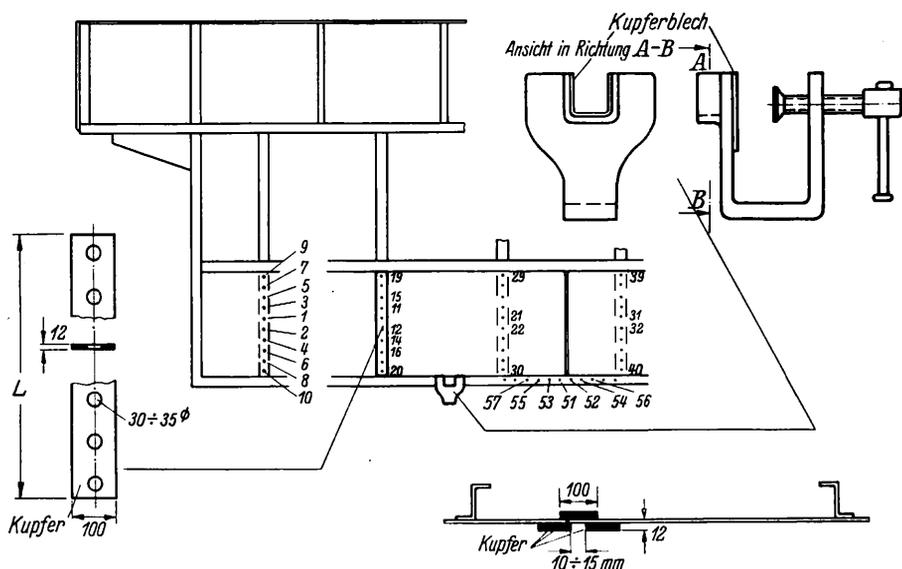


Abb. 10. Befestigen von Bekleidungsblechen an Personenwagen.

eigentliche Schweißvorgang ist aber wesentlich teurer als bei der Gasschmelzschweißung, auch bereiten schon geringe Blechdoppelungen große Schwierigkeiten, was bei Anwendung der Gasschmelzschweißung weniger der Fall ist.

in den Blechtafeln kaum mehr ganz beseitigt werden können. Deshalb ist es zweckmäßig, die Bekleidungsbleche erst dann anzuschweißen, wenn die Gerippe der Wagen schon ganz zusammengeschweißt sind.

Um die Bleche zu spannen, werden sie meist punktiert, d. h. mit dem Schweißbrenner an einzelnen Stellen auf Rotglut erhitzt und dann durch vorsichtiges Hämmern geglättet. Wird dabei nicht sorgfältig vorgegangen, so verzundern die Bleche sehr stark. Dieser Zunder muß dann wieder entfernt werden, damit der Farbanstrich gut haften kann, das bedeutet aber eine Verschwächung der Bleche.

Ein anderes Verfahren, die Bleche zu spannen, wird in der Waggonfabrik Wismar gleichzeitig mit einer besonderen Arbeitsweise, die Bleche festzuschweißen, ausgeübt.

Die Bleche werden mit Hilfe der Lochschweißung in der in Abb. 10 angegebenen Reihenfolge angeschweißt. Um die Wärme möglichst schnell abzuleiten und um dadurch den Verzug möglichst gering zu halten, werden während des Schweißens auf die senkrechten Lochreihen durchlochte Kupferschienen gespannt. Bei den waagerechten Punktreihen spannt man zum gleichen Zweck die Bleche durch mit Kupfer ausgefüllte Schraubzwingen an den Bodenrahmen fest. Sind die einzelnen Bleche aufgeschweißt, dann verschweißt man zunächst die

senkrechten Verbindungsnahte zwischen ihnen, wodurch sie bereits etwas vorgespannt werden. Dann werden an den Stellen, an denen noch Beulen sichtbar sind, Kupferschienen angebracht, und zwischen diesen Schienen eine Sauerstoff-Wasserstoff-Flamme (Brennergröße für 2 bis 4 mm Blechdicke) mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 m in 1,5 Minuten entlang geführt. Dadurch werden die Bleche erhitzt und zwischen den Schienen gespannt, ohne daß eine starke Verzunderung auftritt. Im allgemeinen genügt es dann, die Bleche mit Bimsstein abzureiben.

Ein ähnliches, zum Patent angemeldetes Verfahren wird von der MAN, Werk Nürnberg, ausgeübt, nur benützt dieses Werk statt der Kupferschienen ganze Kupferplatten, die etwa der Größe der einzelnen Felder entsprechen.

Zusammenfassung.

Das Schweißen im Wagenbau steckt in mancher Beziehung noch in den Anfängen. Ein reger Erfahrungsaustausch zwischen den herstellenden und den ausbessernden Werken erscheint deshalb geboten, um die an den verschiedenen Stellen gewonnenen Einzelerfahrungen der Allgemeinheit zugute kommen zu lassen. Wendet man die Schweißtechnik auf Grund einer solchen Gemeinschaftsarbeit richtig an, so sind mit ihrer Hilfe die eingangs erwähnten Ziele erreichbar.

Schweißgerechtes Konstruieren im Fahrzeugbau.

Von Reichsbahnberrat Maurer, VDI München.

Die Fertigung eines geschweißten Fahrzeugs wird beeinflusst

1. von der Einstellung des Konstrukteurs zur Schweißtechnik,
2. von den zur Fertigung verwendeten Baustoffen und Elektroden und den Werkstatteinrichtungen und
3. von den aufwendbaren und wirtschaftlich für vertretbar gehaltenen Herstellungskosten.

Baustoffe, Elektroden und Werkstatteinrichtungen haben sich in schweißtechnischer Beziehung in wenigen Jahren in weitgehendem Maße vervollkommen: Baustoff- und Elektrodenwahl ist zwar wichtig, aber nicht mehr schwierig. Der Schweißingenieur hat Maschinen und Vorrichtungen zur Verfügung, die die Fertigung beschleunigen und Schweißer, die in der Regel mehrjährige Schulung hinter sich haben: er hat gelernt auftretende Wärmespannungen und Schrumpfungen zu meistern.

Anders liegt jedoch der Fall auf dem Gebiet der Konstruktion: die Umstellung des Konstrukteurs geschieht nur zögernd, denn vor dem Aufkommen der Fertigung durch Schweißung war die Nietung viele Jahrzehnte hindurch die Hauptverbindungsart im Fahrzeugbau und es ist natürlich, daß zunächst die Elemente der Nietung wie Profile, Knotenbleche, Decklaschen und Verstärkungslamellen einfach auf die Schweißung übertragen wurden.

Die Schweißtechnik verlangt aber, daß der Konstrukteur sich von der Nietung und ihren Elementen völlig frei macht und vor allem ohne jede Rücksicht auf Profilmäße zu konstruieren beginnt. Dadurch kommt er von selbst zu den sinngemäßen Verbindungselementen der Schweißtechnik, zur Stumpf- und Kehlnaht (Kehlnaht im Sinne von Halskehlnaht und nicht Flanken- oder Stirnkehlnaht); diese beiden Nahtformen genügen vollkommen, da mit ihrer Hilfe jeder benötigte Querschnitt und jeder Anschluß gebildet werden kann.

Weiterhin hat der Konstrukteur die Erkenntnisse der neueren wissenschaftlichen Forschung zu berücksichtigen, die dahin kurz zusammengefaßt werden können, daß die Berechnung einer Konstruktion unter Zugrundelegung der ruhenden Last allein nicht mehr genügt, sondern gerade bei geschweißten

Verbindungen die Schwingungsfestigkeit eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Als die Reichsbahn geschweißte Fahrzeuge in großem Umfang bauen ließ, hat sie neben der zu erzielenden größeren Betriebssicherheit z. B. bei Triebfahrzeugen gefordert, daß die Höchstgeschwindigkeit größer und das Wagengewicht je beförderte Person geringer würde. Es mußte also sicher und leicht gebaut werden. Diese Forderung war mit der geschweißten Nietkonstruktion in der Mehrzahl der Fälle nicht mehr zu erfüllen: denn sicher und leicht kann nur dann konstruiert und gebaut werden, wenn die Bedeutung des Kraftflusses in einem Fahrzeug richtig erfaßt und sowohl konstruktiv wie bei der Herstellung alles vermieden wird, was die Schwingungsfestigkeit der am meisten beanspruchten Fahrzeugteile nachteilig beeinflussen könnte.

In die Praxis übersetzt bedeutet dies:

Jede Umlenkung des Kräfteflusses, sei es durch Decklaschen oder durch plötzlichen Richtungswechsel z. B. bei der erforderlichen Unterbrechung eines Langträgers oder bei der Weiterleitung der Kräfte von der Zug- und Stoßvorrichtung her, ist zu vermeiden oder weitgehend zu mildern, jede Kräftestauung, sei es durch plötzliche Querschnittsänderung oder bei mangelhafter Schweißung durch eingebrannte Ecken und Kerben wird gefährlich.

Die Tatsache, daß eine Konstruktion, die nicht schweißgerecht ist, den normalen Betriebsbeanspruchungen zunächst standhält, beweist nichts: die Güte einer Konstruktion dürfte erst dann feststehen, wenn sie bei geringstem Stoffaufwand einer Dauerbeanspruchung standhält; früheren Aufschluß geben höchstens noch gewaltsame Beschädigungen.

Betrachtet man zunächst allgemein die Entwicklung der geschweißten Fahrzeuge, so fällt auf, daß Güterwagen auch heute noch die grundsätzliche Anordnung der genieteten Konstruktion beibehalten haben und in der Regel aus Profilen zusammengeschweißt werden. Das Schweißen hat dabei den Vorteil gebracht, daß das Wagengewicht um 8 bis 20% geringer wurde. Sicher ist, daß die Ersparnisse an Gewicht restlos aufgewogen wurden durch die höheren Lohnkosten der geschweißten Fertigung; der einfache Kräftefluß im Unter-

gestell des Güterwagens läßt vermuten, daß im Bau geschweißter Güterwagen sich in nächster Zeit kaum eine grundlegende Änderung ergeben dürfte.

Da gewöhnliche Güterwagen meist nur zweiachsig sind, würde die leichteste und doch noch genügend feste, schweißgerechte Konstruktion auch bei größeren Gewichtersparnissen keine Minderung der Achsenzahl ermöglichen, ganz im Gegensatz zu den schweren 75- und 90 t-Kranwagen der Reichsbahn, bei denen erst durch schweißgerechte Konstruktion überhaupt eine im Betrieb noch brauchbare Achsenzahl erzielt wurde und zu den 110- und 140 t-Tiefladewagen, bei denen je Drehgestell eine Achse gespart werden konnte.

Ein anderes Gebiet für die Entwicklung einer schweißgerechten Konstruktion liegt dort, wo bei möglichst geringem Eigengewicht ein möglichst großes Ladegewicht erreicht werden soll.

Eine Neukonstruktion im Güterwagenbau verdient noch Beachtung: hier ist ein besonders starrer und fester Kopfteil durch einen Blechträger aus Stahl 52 gebildet (Abb. 1); diese Ausführung verursacht jedoch Mehrkosten. Die Konstruktion ist noch deshalb neu, weil statt der üblichen

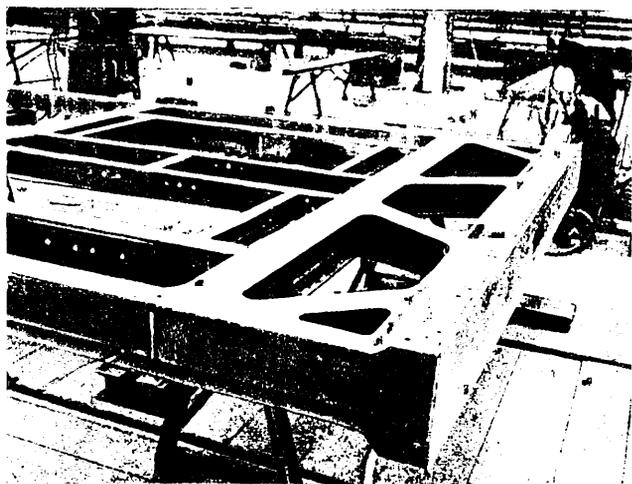


Abb. 1. Untergestell eines zweiachsigen Güterwagens. Kopfstück als Blechträger ausgebildet.

Untergestellform mit Langträger und angesetzten Konsolen für den Rahmen der Außenwand, der mittlere Langträger nur so weit durchläuft, als er für die Achshalter also das Laufwerk notwendig ist; im übrigen ist er ganz nach außen verlegt. Der Kräftefluß ist dabei etwas ungünstiger.

Die Anwendung von Hohl- oder Kastenträgern bei einfachen Güterwagen bedeutet schwierige und teure Konstruktionen und erscheint vom rein schweißtechnischen Standpunkt aus nicht vertretbar. Sicher bedeutet jedoch der Kastenträger eine Loslösung vom Walzprofil. Um ihn zu bilden benötigt man nur ein oder zwei Schweißnähte; dies hat den großen Vorteil, daß Wärmespannungen bei seiner Formung leichter zu beherrschen sind. Günstig sind auch sein großes Widerstands- und Trägheitsmoment; schwierig sind aber Anschlüsse aller Art und man sagt ihm nach, daß das Innere eines derartigen hohlen Körpers möglicherweise durch undichte Nähte oder durch Temperaturschwankungen unkontrollierbaren Korrosionen ausgesetzt sein könne. — Der Kastenträger hat keine allgemeine Anwendung gefunden, hat aber gerade bei Großraum-Güterwagen zu schönen Konstruktionen geführt.

Mit der Schweißung der Brückenrahmen und Drehgestelle von elektrischen Lokomotiven hat schließlich als weiteres Glied in der Entwicklung geschweißter Fahrzeuge

der geschweißte Blechträger seinen Eingang gefunden. Seine Anwendung auf das Untergestell geschweißter Triebwagen, D-Zugwagen und Tender erscheint zweckmäßig.

Am geschweißten Blechträger soll deshalb gezeigt werden, welche Anforderungen im einzelnen an eine geschweißte Konstruktion zu stellen sind.

1. Es steht fest, daß eine schweißgerechte Konstruktion möglichst leicht schweißbar sein muß. Es muß also möglich sein, möglichst viele Teile einzeln, also vor dem Zusammenbau, für sich zu schweißen, und zwar in Vorrichtungen.

Ein deutliches Beispiel hierfür bietet das Untergestell eines vierachsigen Schnelltriebwagens (Abb. 2). Hier ist die Werkstätte in der Lage, folgende Teile für sich zu schweißen (Abb. 3 bis 7):

- a) Das Kopfstück,
- b) den Mitteleinstieg,
- c) das Ende mit Endeinstieg und Kurzkupplungsträger,
- d) die Langträger als Verbindung der genannten Teile,
- e) die Querträger für die Drehpfannen und
- f) die einzelnen Querverbindungen.

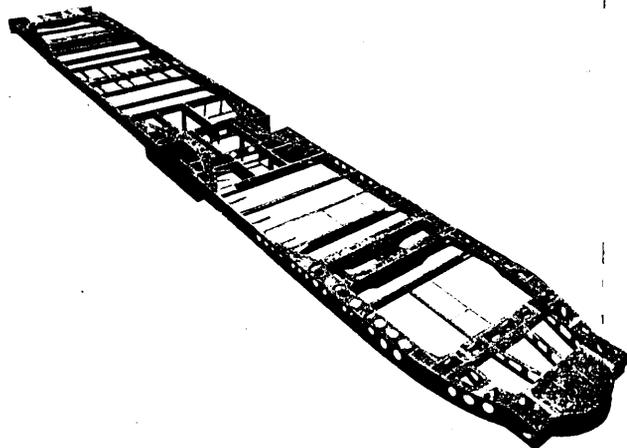


Abb. 2. Schnelltriebwagen: Gesamtansicht des Untergestells.

Der Vorteil liegt auf der Hand: Die einzelnen Teile sind kleiner und benötigen nur einfache Vorrichtungen: die Wärmespannungen können genau geprüft und beherrscht werden: die Teile sind leichter maßhaltig herzustellen: die Schweißnähte sind noch gut zugänglich, es besteht eine viel größere Gewähr für ihre Güte. Beim Zusammenbau selbst sind dann verhältnismäßig wenig Schweißarbeiten noch auszuführen, so daß sich ein häufiges Drehen und Wenden eines großen und schweren Werkstückes erübrigt.

Leichte Schweißbarkeit verlangt dann noch in anderer Richtung, daß allgemein die Fertigung bequem ist, also z. B. parallele Stege nicht zu nahe aneinander herangeführt werden und innere Nähte durch entsprechendes Ausschneiden von Löchern in den Stegen gut gezogen werden können. Diese Aussparungen wirken dann zusätzlich gleichzeitig noch gewichtssparend.

2. Eine schweißgerechte Konstruktion muß jede Häufung von Schweißnähten vermeiden. Die Häufung von Schweißnähten bedingt eine Häufung von Wärmespannungen, auch eine Häufung von Kerben und für Richtarbeiten hohe Lohnkosten.

3. Die wichtigste Bedingung jedoch für die schweißgerechte Konstruktion ist, worauf wiederholt hingewiesen wurde, die Berücksichtigung des Kräfteflusses, einmal hinsichtlich der Formgebung im großen, also beim in

sich geschlossenen Bauteil wie Untergestell oder Drehgestell und hinsichtlich der Formgebung im einzelnen Element*).

A. Formgebung im großen.

Der geschweißte Blechträger hat tatsächlich die Eigenschaft, einen ununterbrochenen Kräftefluß auf einfache Art und Weise zu ermöglichen. Er ist starr, verwindungsfest und überall im Querschnitt veränderlich; auch ist er im weiten Umfange unabhängig von Toleranzen.



Abb. 3. Schnelltriebwagen: Kopfstück.

Das beigefügte Bild des Untergestells des vierachsigen Triebwagens (Abb. 2) zeigt deutlich, wie bei den Langträgern sowohl der Steg als auch Ober- und Untergurt ohne Unterbrechung und mit geringen Ablenkungen durchgeführt sind.

Die Ablenkung des Steges aus der Geraden beim Mitteleinstieg bietet keine Schwierigkeit, ebensowenig seine Erhöhung sowie die Verbreiterung der Gurte an dieser Stelle des größten Biegemomentes (Abb. 4). Die geraden Teile

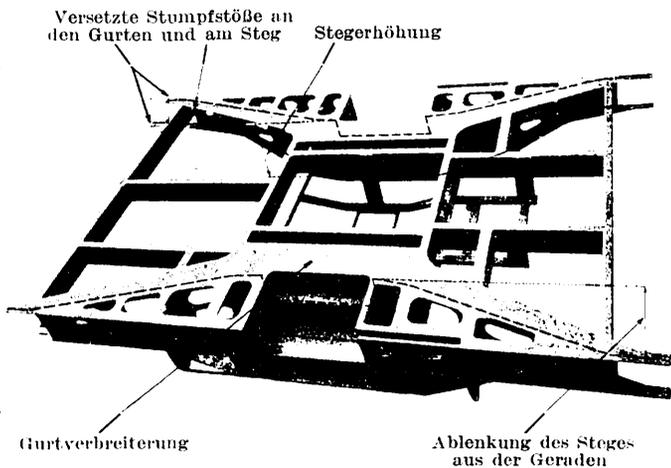


Abb. 4. Schnelltriebwagen: Stegablenkung und Gurtverbreiterung am Mitteleinstieg.

des Langträgers können mit dem Mitteleinstieg durch versetzte Stumpfstöße leicht verbunden werden. Weiterhin sind günstig die Anschlüsse der Querträger im allgemeinen und der Drehpfannenträger insbesondere an die Längsträger. Die Überleitung der starken Beanspruchungen auf Verdrehung, welche durch die auf die Drehpfannenträger wirkenden Kräfte entstehen, auf die Längsträger ist leicht möglich durch günstige Gestaltung der Gurte und genügende Kehlnahtanschlüsse am Längsträgersteg. Die große Beanspruchung des Drehpfannenträgers selbst auf Durchbiegung wird berücksichtigt durch stärkere Gurte, welche an die Gurte des Langträgers mit allmählichem Übergang stumpf stoßen. Die Halskehlnähte der Blechträger machen diese starr und verdrehungssteif.

* Dr. Ing. Bierett: „Die Elektroschweißung“, 6. Jahrg., Heft 8, Seite 141.

B. Formgebung im Element.

Kräftestauungen sind gleichbedeutend mit stärkerer Beanspruchung. Die Kräftestauungen oder Spannungsspitzen werden hauptsächlich durch Einbrandkerben im Baustoff und durch Krater in der Schweißnaht selbst hervorgerufen.

Sie zu vermeiden und ihre schädliche Wirkung durch mechanische Bearbeitung zu beseitigen oder zu mildern ist wichtig.

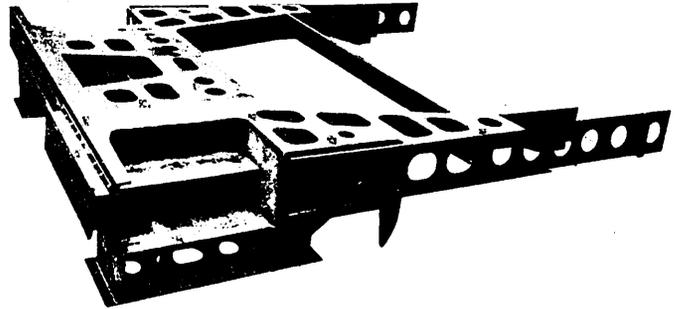


Abb. 5. Schnelltriebwagen: Kurzkupplungsende mit Einstieg.

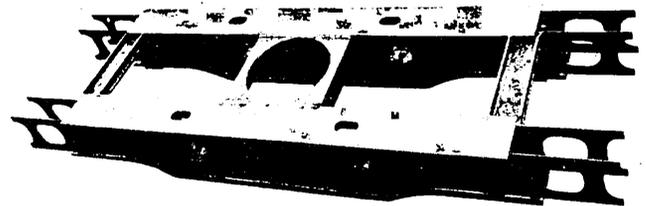


Abb. 6. Schnelltriebwagen: Querträger für die Drehpfanne.

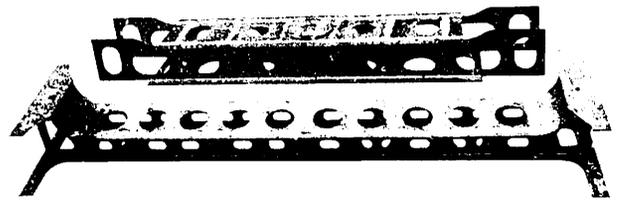


Abb. 7. Schnelltriebwagen: Einzelne Querträger.

Der Konstrukteur kann vorsorgen, dadurch, daß er scharfe Übergänge, halbversenkte und nahe an Kanten liegende Kehlnähte nach Möglichkeit vermeidet, die Endkraterbildung bei Kehlnähten dadurch möglichst verhindert, daß er z. B. bei Versteifungsrippen Umführungen der Schweißnaht anordnet daß er dafür sorgt, daß Stumpfnähte gut zugänglich und gut bearbeitbar sind, also möglichst nicht in Ecken liegen und möglichst beidseitig geschweißt sowie überschleift werden können, außerdem nicht an die Stellen stärkster Beanspruchung zu liegen kommen; ferner die Anschlüsse von Stegen und Gurten tunlich unter einem Winkel von 90° anordnet und Profile nicht Schenkel gegen Schenkel sondern möglichst Schenkel gegen Steg anschließt.

Weiter auf Einzelheiten einzugehen erübrigt sich; eine teilweise Erläuterung geben die Abb. 8 und 9.

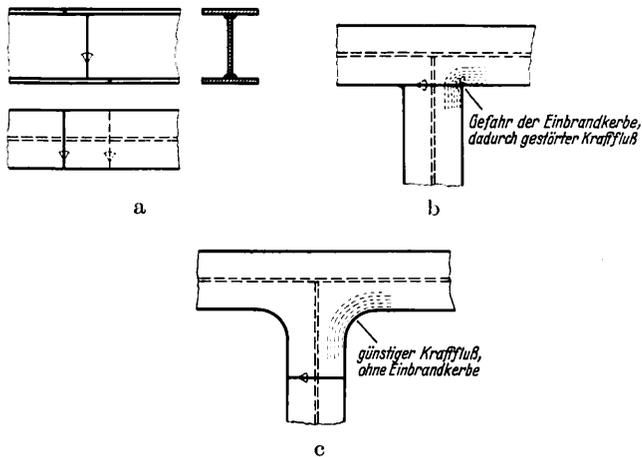
4. Wichtig für eine schweißgerechte Konstruktion ist schließlich noch, daß sie, wie bereits eingangs erwähnt, Kehlnähte

und Stumpfnähte verwenden, dagegen Senkrecht-, Überkopfnähte und Flankennähte in größerem Umfang vermeiden soll.

Flankennähte bedeuten eine Umlenkung des Kraftflusses. Senkrecht- und Überkopfnähte können zwar so gut ausgeführt werden wie waagrecht verlegte Nähte: der Schiffbau ist sogar gezwungen, sie in großem Umfang zu verwenden. In der Regel ist aber bei anderen Betrieben nicht genügend derartige Arbeit vorhanden, um Schweißer ständig mit der Fertigung solcher Nähte zu beschäftigen. Auch kosten sie durchwegs mehr teuren Elektrodenstoff und rufen durch die größere aufgetragene Masse größere Spannungen hervor.

Die Herstellung der Kehlnaht ist äußerst einfach; sie benötigt in den meisten Fällen keine Abschrägung der Kanten und nur rost- und zunderfreie, geschliffene Anschlußflächen oder Kanten.

Bei der Stumpfnäht liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Hier ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen geradem und rechtwinkeligem Anschluß (Abb. 8.) Während der gerade Stumpfstoß ohne weiteres einwandfrei ausgeführt werden kann, erfordert der rechtwinkelige Anschluß sehr sorgfältige Werkstattarbeit, kann aber dann auch als vollwertig angesehen werden.



a Gerader Anschluß: leicht zu fertigen, gut zu bearbeiten
 b Rechtwinkliger Anschluß
 c Zum geraden Anschluß umgebildeter, rechtwinkliger Anschluß

Abb. 8. Anschlußformen.

Auf keinen Fall entsprechen die sogenannten Eckaussteifungen mit Laschen oder Eckblechen dem Wesen der Schweißtechnik, ganz gleich, ob sie stumpf oder überlappt geschweißt sind (Abb. 9). Stumpfstoße von ungleichen Profilen oder von Profilen mit Blechquerschnitten sind schwierig herzustellen; auch können sie konstruktiv nicht zufrieden stellen.

Die Ausführungen zeigen, daß die Konstruktion die Fertigung des geschweißten Fahrzeugs entscheidend beeinflusst.

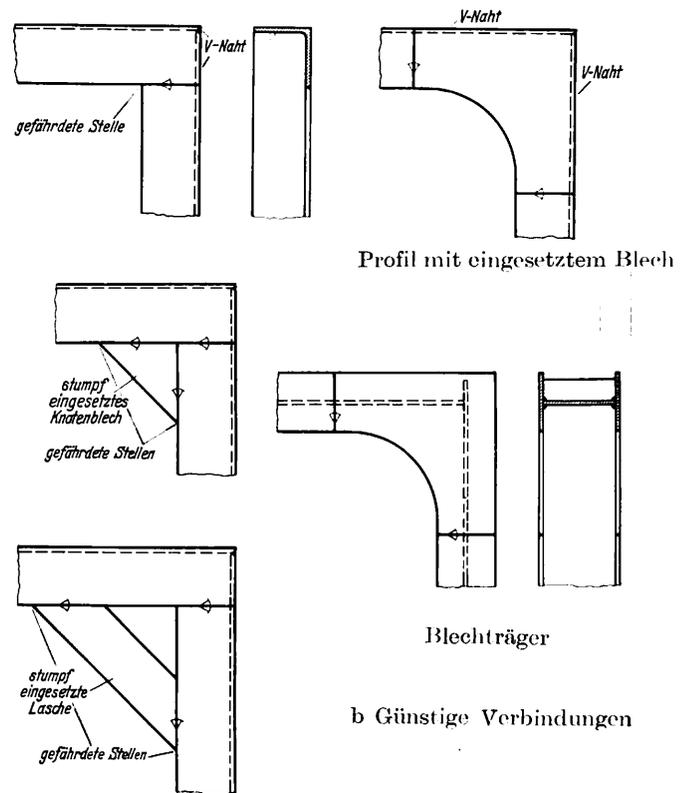
Daß Werkeinrichtungen und Belegschaft ebenfalls eine große Rolle spielen, ist hinreichend bekannt; verhältnismäßig zu wenig wird aber der Zusammenhang beachtet, der zwischen verwendetem Baustoff, verwendeter Elektrode und dem Vorrichtungsbau besteht.

Die im Fahrzeugbau in der Regel verwendeten Baustoffe sind St 34, St 37 und St 52; von Elektroden werden alle Sorten, also blanke, Seelen- und umhüllte benutzt.

St 34 und 37 bieten den Vorteil, daß sie mit blanken oder Seelenelektroden verschweißt werden, die Spannvorrichtungen also ortsfest sein können. Bei der Fertigung von Einzelteilen ist dies weniger wichtig, beim Zusammenbau z. B. eines ganzen Wagenrahmens kann es von ausschlaggebender

Bedeutung sein, denn die Kosten für ortsfeste Spannplatten von 15 bis 20 m Länge und mehreren Metern Breite sind viel geringer als die für gleich große drehbare. St 52 dagegen kann zwar mit guten Seelenelektroden verschweißt werden, in der Regel dürfte aber bei hochwertiger Verbindungsschweißung die umhüllte Elektrode Anwendung finden. Die umhüllten Elektroden können nur bei einer Stellung der zu verschweißenden Blechschenkel zur Horizontalen von 30 bis 45° je nach der Zähflüssigkeit der verwendeten Elektrode verschmolzen werden, so daß Drehvorrichtungen nötig sind.

Beachtet man noch die größere Gefahr der Kerbenbildung am Bauteil beim Abschmelzen der umhüllten Elektroden, die dem St 52 anhaftende große Kerbempfindlichkeit und ferner die Tatsache, daß bei der Verwendung von umhüllten Elektroden infolge der größeren Wärmekonzentration größere Spannungen und Verformungen auftreten als bei blanken



a Ungünstige Verbindungen

Abb. 9. Geschweißte Eckverbindungen.

oder Seelenelektroden, also bei der Fertigung größere Vorspannungen nötig sind, dann ist klar, daß der Konstrukteur schon bei der Wahl des Baustoffes den Fertigungsprozeß in der Werkstätte und damit die Herstellungskosten maßgebend beeinflusst.

Der Preis eines geschweißten Fahrzeugs wird schließlich noch, was vorher schon erwähnt, verschieden sein, je nachdem man für die Konstruktion Walzprofile, gekantete Profile, Kasten- oder Blechträger verwendet. Walzprofile sind sicher am billigsten, der Kasten- und besonders der Blechträger teurer, letzterer deshalb, weil beim Zuschneiden der Bleche teilweise mit größerem Abfall zu rechnen ist.

Ob das Profil oder der Kasten- oder Blechträger für die Herstellung eines geschweißten Fahrzeugs in Frage kommt, ist nicht einfach zu beantworten. Für Güterwagen mit ihrer kräftigen, massigen Bauweise und mit ihren reichlich bemessenen Querschnitten wird meist das Profil mit dem weniger günstigen Zusammenschluß der einzelnen Bauteile durch die Schweißnähte genügen; das gleiche gilt auch bei Personen-

wagen für Querverbindungen, die aussteifen sollen und nur den Fußboden tragen oder zur Befestigung von irgendwelchen Leitungs- oder Bremsteilen dienen.

Schnellaufende und stark durch Schwingungen beanspruchte Fahrzeuge sollten dagegen in erster Linie mit Rücksicht darauf gebaut werden, daß jede Naht insbesondere aber Stumpfnähte gut gefertigt oder bearbeitet werden können

und gerade letztere aus hochbeanspruchten Querschnitten herausverlegt werden sollen.

Sicherheit geht vor und es geht nicht an, daß ein Konstrukteur nur deshalb am Altgewohnten klebt und sich besserer Einsicht verschließt, weil neue Bauformen und -elemente jetzt in der Zeit der ersten Entwicklung etwas teurer sind.

Schweißen beim Neubau von Personenwagen der Deutschen Reichsbahn *).

Von Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Friedrich Boden, WVV.

Hierzu Tafel 19.

A. Allgemeines.

Im folgenden soll zunächst ein kurzer Rückblick auf die geschichtliche Entwicklung der Stahl-Personenwagen gegeben werden **).

Im Jahre 1908 begannen die ersten Versuche mit eisernen Kastensäulen an hölzernen D-Zugwagen. Es folgte der Ersatz der schwer zu beschaffenden Eichenholzlangträger durch eiserne Träger. 1912 wurde der erste genietete Stahlwagen, also eisernes Untergestell und eisernes Kastengerippe, von den Preußisch-Hessischen Staatsbahnen in Betrieb genommen. Dieser D-Zugwagen hatte noch Oberlichtaufbau und Holzdach. 1923 wurde dann von der Reichsbahn eine größere Serie stählerner D-Zugwagen 3. Klasse bestellt, mit Rammvorbau und hölzernem Dach. 1926 wurde auch das Holzdach durch ein stählernes Dach ersetzt.

Bei diesen Versuchen spielte Gewichtersparnis eine untergeordnete Rolle. Trotz wesentlicher Erhöhung der Festigkeit brachten aber die genieteten Stahlwagen keine Erhöhung, sondern z. T. sogar, und zwar durch die Wagenverlängerung und die Vergrößerung der Sitzplatzzahl, eine nennenswerte Ersparnis von Platzgewicht (die Holzwagen hatten 68 Plätze, ~ 44 t Gewicht, also ein Platzgewicht von ~ 650 kg; die entsprechenden Zahlen der neueren Stahlwagen sind: 80 Plätze, ~ 47 t Gewicht, ~ 590 kg Platzgewicht).

Im Jahre 1930/31 ist dann von der Wumag ein Versuch mit der Schweißung von Görlitzer Drehgestellrahmen gemacht worden. Diese „Görlitz II schwer“ Drehgestelle liefen zunächst unter dem Meßwagen der Wagenversuchsabteilung Grunewald bei Geschwindigkeiten bis 150 km/h (Abb. 1. vergleiche auch Abb. 9). Der Versuch gelang.

Die gleichzeitig einsetzende Geschwindigkeitssteigerung und besonders die Entwicklung der Triebwagen — hier wegen der damals nur geringen Motorleistungen —, zwangen zu äußerster Gewichtsbeschränkung. An allen Einzelteilen der Wagen wurde eingehend geprüft, inwieweit man an Gewicht sparen konnte, ohne die Betriebssicherheit irgendwie zu verringern. Als geeignetes Mittel zur Gewichtersparnis am Kastengerippe diente unter anderem die Schweißung, die inzwischen auch im Brückenbau, bei Kranen, im Schiffbau usw. Eingang gefunden hatte.

1931 wurden bei drei verschiedenen Wagenbauanstalten je zwei D-Zugwagen 3. Klasse in geschweißter Ausführung in Auftrag gegeben. Den Firmen wurde in der baulichen Ausbildung des Kastengerippes weitgehend freie Hand gelassen, um bei dem gegenseitigen Wettbewerb möglichst schnell die beste Bauart zu erhalten. Da die Wagenkästen in der neuen Leichtbauweise nur etwa 23 t wogen gegenüber bisher rund 32 t, konnten sie mit Drehgestellen der Bauart „Görlitz III leicht“ statt bisher „Görlitz III schwer“ ausgerüstet werden. Damit wogen die betriebsfertigen Wagen nur etwa 35 bis 37 t gegenüber ~ 47 t der früheren genieteten Bauweise mit

gleichem Wagen Grundriß. Eine Wagenbauanstalt konnte in einem Sonderfall durch Verwendung von gebogenen Blechen und Hohlträgern (Bauart gemäß Zeichnung 4, Taf. 19) und der leichteren Trommelbremse sogar ein Gewicht von nur 32,4 t erreichen.

1931 wurden gleichzeitig bei drei weiteren Firmen je zwei vierachsige geschweißte Durchgangswagen 3. Klasse in Auftrag gegeben, die ein Gewicht von nur ~ 31 t hatten, 1932 ferner bei zwei Firmen je vier Versuchs-D-Zugwagen 1./2. und 1./2./3. Klasse, die ~ 38,5 bzw. ~ 36,3 t wogen. Auch der 1932 gebaute „Fliegende Hamburger“ ist bereits geschweißt worden, desgl. eine Anzahl Trieb-, Steuer- und Beiwagen.

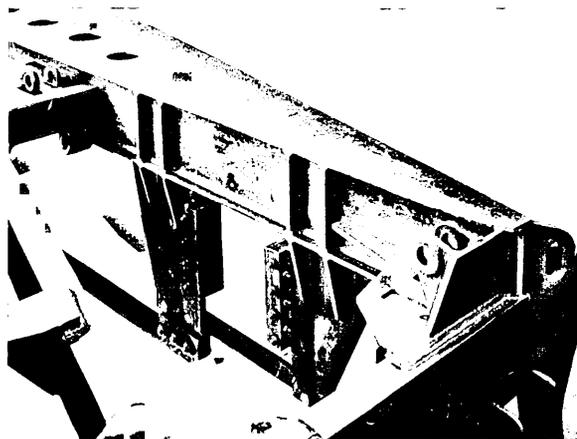


Abb. 1. Achshalterpartie am Versuchs-Drehgestellrahmen „Görlitz II schwer“.

Nach diesen sorgfältigen Versuchen setzte der Siegeszug der Schweißung im Wagenneubau ein. 1934 wurden etwa 300 zweiachsige Nebenbahnwagen 2./3. und 3. Klasse in allen Verbindungen geschweißt. Soweit die beschleunigte Umstellung noch möglich war, wurden auch die meisten übrigen Personenwagen des Jahres 1934 in geschweißter Ausführung vergeben. Ab 1935 sind nur noch geschweißte Fahrzeuge bestellt worden.

Die Zusammenstellung 1 (Seite 242) zeigt, inwieweit durch Anwendung der Leichtbauweise bei D-Zugwagen 1./2./3. Klasse an Gewicht gespart werden konnte, und zwar werden verglichen die Einzelgewichte der

- genieteten D-Zugwagen Lieferung 1931 mit Klotzbremse,
- geschweißten Versuchs-D-Zugwagen Lieferung 1931 mit Klotzbremse,
- geschweißten D-Zugwagen Lieferung 1935 I mit Doppelklotzbremse.

Die Mehrgewichte der Wagenlieferung 1935 gegenüber den Versuchswagen sind zurückzuführen auf die Verstärkung von Kasten, Drehgestellen und Bremse infolge Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und auf Verbesserung der Innenausstattung.

*) Nach einem Vortrage in der schweißtechnischen Versuchsabteilung Wittenberge am 8. Mai 1935.

**) Vergl. Fr. Boden, Z. VDI 1935, S. 1240 und 1467.

Zusammenstellung 1.
Einzelgewichte von D-Zugwagen 1./2./3. Klasse in genietetem und geschweißtem Bauart.

	Bauart 1931 genietet	Versuchsbauart 1931 geschweißt		Bauart 1935 I geschweißt	
	kg a)	kg b)	Ersparnis in % gegen a) c)	kg d)	Ersparnis in % gegen a) e)
Untergestell einschließlich Bremsausrüstung jedoch ohne KKS-Zylinder	5800	4250	27,0	5220	10,4
Kasten mit Bekleidungsblech jedoch ohne Inneneinrichtung	7100	5650	20,5	5400	24,0
Zug- und Stoßvorrichtung	1930	1720	10,6	1700	11,9
KKS-Bremszylinder	700	700	—	700	—
Drehgestelle einschließlich Bremsausrüstung	11000	6760	39,0	7560	31,2
	(Görlitz II schwer)	(Görlitz III leicht)		(Görlitz III leicht)	
Radsätze	4600	4600	—	4600	—
Dampfheizung	1130	580	48,5	900	20,4
Elektrische Heizung	900	900	—	900	—
Beleuchtung einschließlich Batterie	1250	770	38,5	950	24,0
Inneneinrichtung wie Fußboden, Zwischenwände, Abteil- schiebetüren, Decke, Fenster, Polster- und Holzsitzebänke, Aborteinrichtungen usw. einschließlich etwa 1000 kg Wasser	13490	10410	27,0	12000	11,2
Gesamtgewicht ohne elektrische Heizung	~ 47000 kg	~ 35440 kg	24,6%	~ 39000 kg	17,0%
Gesamtgewicht mit elektrischer Heizung	~ 47900 kg	~ 36340 kg		~ 39900 kg	

Ging also die Entwicklung vom Holz- zum genieteten Stahlwagen, nicht zuletzt infolge der Kriegseinwirkungen, in etwa 15 Jahren vor sich, so erfolgte die weitere Umstellung auf Schweißung in nur etwa drei Jahren.

B. Schweißkonstruktionen.

Man kann grundsätzlich drei Ausführungsarten unterscheiden, und zwar je nachdem ob gewalzte Formstähle, Preßblechträger oder beide Arten zusammen verwendet werden.

Zeichnung 1, Taf. 19 zeigt die ausschließliche Verwendung von Formstählen.

Vorteile:

1. Untergestell, Seitenwand und Dach können je für sich hergestellt und leicht zusammengebaut werden.
2. Seitenwand und Langträger liegen in einer Ebene.

Nachteile:

1. Schlechte Wasserabführung, Eindringen von Wasser zwischen Seitenwandblech und Langträger (Wasserblasen im Farbfilm).
2. Z-Eisen oben auf den Langträger aufgesetzt, daher: kurze Schweißnaht, Gefahr für seitliches Abbiegen des oberen Flansches vom Langträger (Einschweißen von Stegen).
3. Viele Ausschnitte des Fußbodens an den Säulen.

Zeichnung 2, Taf. 19 zeigt ebenfalls ausschließliche Verwendung von Formstählen.

Vorteile wie bei der Bauart nach Zeichnung 1, Taf. 19, weiterer Nachteil: Ober- und Untergurt sind Hohlträger, die jeder Kontrolle auf Anrosten entzogen sind.

Zeichnung 3, Taf. 19 zeigt ebenfalls ausschließliche Verwendung von Formstählen.

Vorteile:

1. Gute Verbindung zwischen Seitenwand und Langträger,
2. gute Wasserabführung,
3. einfache Fußbodenaufgabe,
4. guter Abschluß durch unteres Saumeisen.

Nachteil: Hohlträger für Fensterbrüstungsleiste.

Zeichnung 4, Taf. 19. Ausschließliche Verwendung von gebogenen Blechen und Hohlträgern.

Vorteile:

1. Seitenwand und Langträger eine Ebene,
2. Wasserabführung besser als bei der Konstruktion nach Zeichnung 1, Taf. 19,
3. weitgehende Gewichtsverminderung ohne Verringerung der Festigkeit.

Nachteile:

1. Viel Paßarbeit.
2. Seitenwandblech kann erst zuletzt auf fertiges Gerippe aufgebracht werden (Spannungen im Gerippe),
3. viele Ausschnitte des Fußbodens an den Säulen,
4. Hohlträger (Anrosten, schwieriges Auswechseln bei Ausbesserungen).

Diese ausgesprochene Versuchskonstruktion ist daher grundsätzlich verlassen worden (siehe auch Abschnitt D, Absatz 4).

Zeichnung 5, Taf. 19 zeigt die gleichzeitige Verwendung von Formstählen und gebogenen Blechen.

Vorteile:

1. Untergestell, Seitenwand und Dach können je für sich leicht hergestellt und montiert werden.
2. gute Wasserabführung.

Nachteile: Langträger schwer.

Zeichnung 6, Taf. 19 zeigt den Entwurf für einen geteilten Langträger, der zwar eine getrennte Fertigung von Seitenwand und Untergestell gestattet, sonst aber die gleichen Mängel wie die Konstruktion nach Zeichnung 1, Taf. 19 hat und daher nicht ausgeführt worden ist.

Der Vollständigkeit halber ist in Zeichnung 7, Taf. 19 noch ein durch eine Dachkappe versteifter Obergurt dargestellt, wie er heute bei fast allen schnellfahrenden Personen- und Triebwagen ausgeführt wird.

Zeichnungen 8 und 9, Taf. 19 sind Seitenwand-schnitte der Schnelltriebwagen „Hamburg“ und „Leipzig“.

Zeichnung 10, Taf. 19 zeigt die Konstruktion der D-Zugwagen 1936, die voraussichtlich als Einheitskonstruktion in Frage kommen wird. Der Langträger ist gegen seitliche und senkrechte Durchbiegungen bei hohen Geschwindigkeiten durch ein waagrecht liegendes U-Eisen und ein senkrecht Blech verstärkt worden.

Vorteile:

1. Leichte Herstellung von Seitenwand, Untergestell und Dach je für sich,
2. leichter Zusammenbau,
3. gute Wasserabführung,
4. leichte Untersuchungsmöglichkeit aller Teile auf Anrosten,
5. Annetten der Seitenwandsäulen an den Langträger, daher kein nachträgliches Verziehen des Langträgers durch Schweißspannungen,
6. nur Formeisen, daher leichte Ausbesserung und leichte Lagerhaltung.

Wenn einzelne Firmen wegen ihrer Werkstatteinrichtungen oder aus Platzmangel das Kastengerippe für sich herstellen müssen, dann kann der Obergurt noch vereinfacht werden nach Zeichnung 11, Taf. 19.

Abb. 2 bis 4 zeigen die Sonderkonstruktion für den sogenannten ultraleichten vierachsigen Beiwagen für Dieseltriebwagen (Entwurf: Reichsbahnrat Dr. Ing. Putze — Ausführung: Firma Wegmann & Co., Kassel*).

Dieser Wagen ist bei 90 Sitzplätzen und 13400 kg Gesamtgewicht wohl mit der leichteste Stahlwagen, der bisher gebaut worden ist (Platzgewicht etwa 150 kg). Sein Lauf war bei Geschwindigkeiten bis 120 km/h befriedigend. Bemerkenswert sind die Verwendung ganz leichter Profilstähle aus St 52 und die Versteifung der Seitenwandbleche. Verwendet wurden für die:

- Langträger [140 × 40 × 4 × 6
- Seitenwandsäulen [40 × 28 × 2,75
- Verstärkung der Seitenwandfelder . [19 × 9,5 × 2
- Querträger I 140 × 40 × 6 und
I 70 × 20 × 2 + 4 × 14

*) Vergl. E. Dähnle, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Seite 290.

Zusammenstellung 2 zeigt die Einzelgewichte des ultraleichten Wagens im Vergleich zu den entsprechenden Gewichten des mit gleichen Abmessungen gebauten Beiwagens

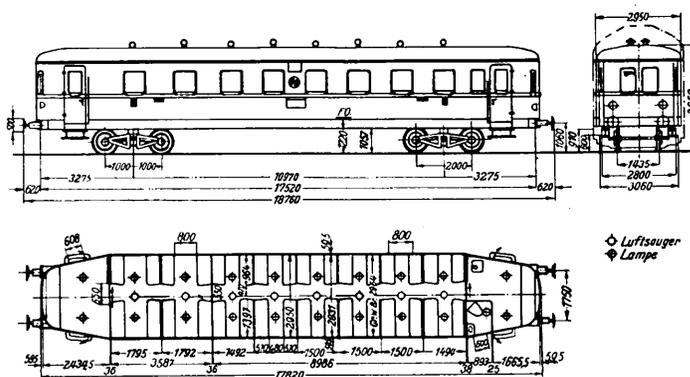


Abb. 2. Ultraleichter Stahlwagen.

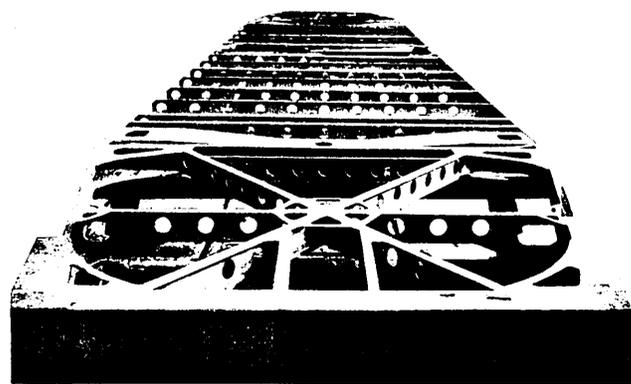


Abb. 3. Untergestell des ultraleichten Beiwagens, Abb. 2.

bisheriger Bauart, der sogar auch nur ~ 18 t wiegt. Bemerkenswert ist die Gewichtsersparnis am Wagenkasten mit 40% und an den Drehgestellen mit 36%.

**Zusammenstellung 2.
Ultra-Leicht-Wagen, Gewichtvergleich mit 18 t Beiwagen.**

	Ultra-Leicht-Wagen		18 t Beiwagen		Ersparnis gegenüber 18 t Beiwagen
	Gewicht	Anteil am Gesamtgewicht	Gewicht	Anteil am Gesamtgewicht	
	kg	%	kg	%	%
Untergestell	1680	12,5	2200	12,1	24
Wagenkasten mit Bekleidungsblech und Türen jedoch ohne Inneneinrichtung (ohne Untergestell und Bremssteile)	1805	13,5	3000	16,4	40
Zug- und Stoßvorrichtung	418	3,0	460	2,5	9
Drehgestelle mit Bremssteilen und Radsätzen	4800	36,0	7520	40,8	36
Bremssteile am Kasten	427 ¹⁾	3,0	1450 ²⁾	7,8	nicht vergleichsfähig
Beleuchtung	40	—	40	—	—
Heizung	480	3,5	400	2,2	20
Inneneinrichtung wie Fußboden, Zwischenwände, Abteil-schiebetüren, Decke, Fenster, Polster- und Holzsitze-bänke, Aborteinrichtung usw.	3750 ³⁾	28,0	3320 ³⁾	18,1	13
Gewicht insgesamt	~ 13400	100,0	~ 18400	100,0	27
Anzahl der Sitzplätze	90	—	90	—	—
Gesamtgewicht je Sitzplatz	~ 150	—	~ 202	—	—

¹⁾ Innenbacken-Trommelbremse; Bremszylinder und Gestänge im Drehgestell.

²⁾ Klotzbremse; Bremszylinder und Teil des Gestänges am Wagenkasten.

³⁾ Mehrgewicht gegenüber dem 18 t Beiwagen ist zurückzuführen auf: Polstersitze statt Holzbänke. Doppelfußboden mit Isolierung statt einfachem Fußboden, Kassettendecke statt einfacher Doppeldecke.

C. Bewährung von Schweißkonstruktionen im Betrieb.

Die geschweißten Personenwagen haben sich ebenso wie die genieteten im Betriebe bisher gut bewährt. Nur einige kleine Mängel sind zu erwähnen, die bei weiteren Konstruktionen berücksichtigt werden.

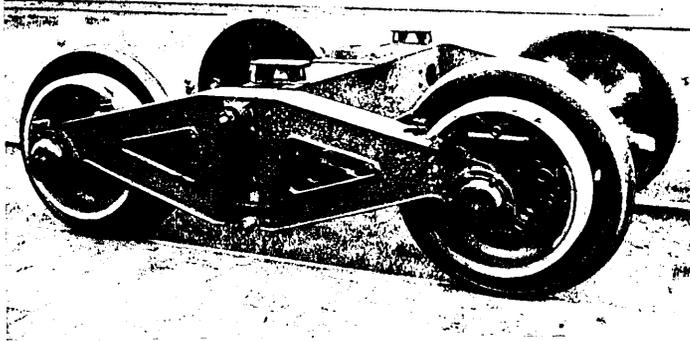


Abb. 4. Drehgestell des ultraleichten Stahlwagens, Abb. 2.

ferner die Lochschweißung, die Stumpf- und Kehlnahtschweißung und die Punktschweißung. Die Reichsbahn verlangt auch nicht die Schweißung an allen Stellen. Nachdem sich gezeigt hat, daß das Anschweißen von dünnen Dachblechen an den Spriegeln Schwierigkeiten macht und die Herstellung erheblich verteuert (Abb. 7), ist sie zur Nietung der Dachbleche zurückgekehrt, um so mehr, als hier bei der Schweißung nicht an Gewicht gespart werden kann (Gewicht der Nietköpfe = Gewicht der Schweißraupen).

Das gleiche gilt für den Unterzug am Mitteleinstieg der 410 PS dieselelektrischen Triebwagen des Zusatzprogramms 1934 (Abb. 8). Dieser Unterzug erforderte bei geschweißter Ausführung erhebliche Nacharbeiten, die beim Nieten wegfallen.

Durchgehende Raupenschweißung verlangt die Reichsbahn neuerdings an den Teilen, die später in einem Ausbesserungswerk abgekocht werden, also insbesondere an Drehgestellrahmen (Abb. 9). Es besteht sonst die Gefahr, daß Lauge zwischen die ungestrichenen Träger oder Bleche eindringt und dann Rosten verursacht. Wenn die Festigkeit es nicht besonders erfordert, wird eine dünne Dichtnaht genügen.

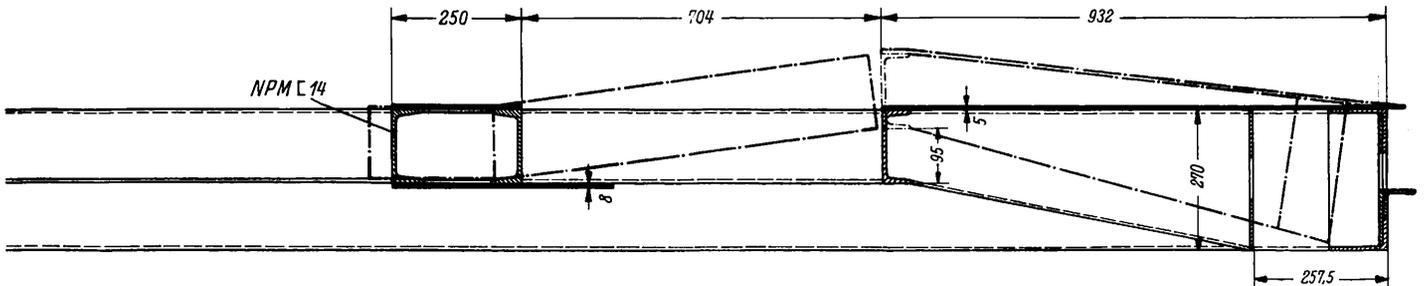


Abb. 5a. Unsymmetrische Anordnung der Knotenbleche im Untergestell.

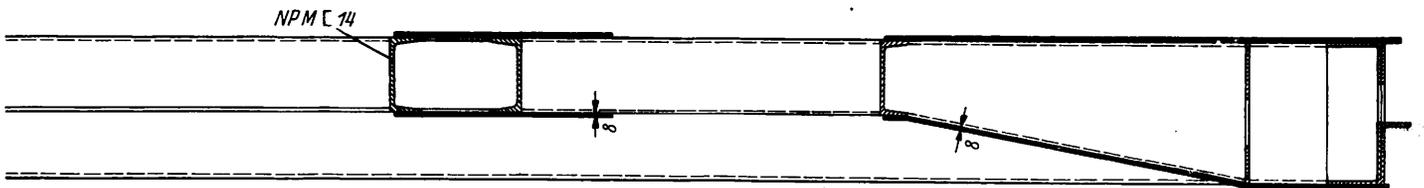


Abb. 5b. Symmetrische Anordnung der Knotenbleche im Untergestell.

1. Die Untergestelle einiger leichter Beiwagen für Triebwagen sind im Vorbau unsymmetrisch ausgeführt (siehe Abb. 5a). Bei einem Zusammenstoß in einer Weichenspitze, bei dem ein Pufferstoß das Kopfstück genau in Wagenmitte traf, wurde das Untergestell, wie punktiert gezeichnet, nach oben durchgebogen. Um derartige Beschädigungen nach Möglichkeit zu vermeiden, sollen die Knotenbleche in Zukunft symmetrisch nach Abb. 5b angeordnet werden.

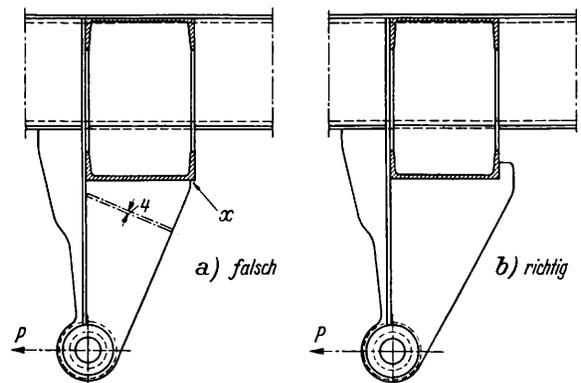
2. Das Untergestell eines Packwagens, das zur Gewichtsersparnis nur einen winkelförmigen Langträger erhalten hat, ist bei einem Zusammenstoß kurz hinter dem Hauptquerträger etwas nach unten abgebogen worden. Die weiteren Bauarten haben U-förmige Langträger erhalten, bei denen derartige Schäden kaum zu erwarten sind.

3. Eine Reihe zweiachsiger Nebenbahnwagen hat geschweißte Federböcke nach Abb. 6a erhalten. Einige Böcke sind an der Stelle „x“ eingerissen, weil die kurze Naht „x“ in erster Linie die Bremskräfte aufnehmen muß, die von der Feder her übertragen werden. Durch entsprechende Formgebung nach Abb. 6b soll der Mangel behoben werden.

D. Schweißarten.

Hierzu möchte ich bemerken, daß die Reichsbahn zunächst überall fast alle Schweißarten zugelassen hat, um die technische Entwicklung nicht zu hemmen. Neben der durchgehenden finden wir die unterbrochene Raupenschweißung,

Aus gleichem Grunde sollen auch Hohlträger im Personenwagenbau nicht mehr zugelassen werden, um so mehr



- a) Kurze Naht x muß Hauptkraft aufnehmen.
- b) Entlastung der Schweißnaht durch entsprechende Formgebung des Stützbockes.

Abb. 6. Geschweißte Federstütze an zweiachsigen Nebenbahnwagen.

als Preisvorteile oder konstruktive Vorteile im Personenwagenbau damit nicht erzielt werden. Denn im Betriebe kann man nicht vermeiden, daß Hohlträger angebohrt werden,

z. B. um Schilder, Rohrleitungen oder sonstige Teile nachträglich anzubringen. Durch diese Löcher oder auch durch nicht ganz dichte Schweißnähte dringen Wasser oder Abkochlauge ein und verursachen Anrostungen, die man an den hochbeanspruchten Teilen meist erst merken wird, wenn es bereits zu spät ist.

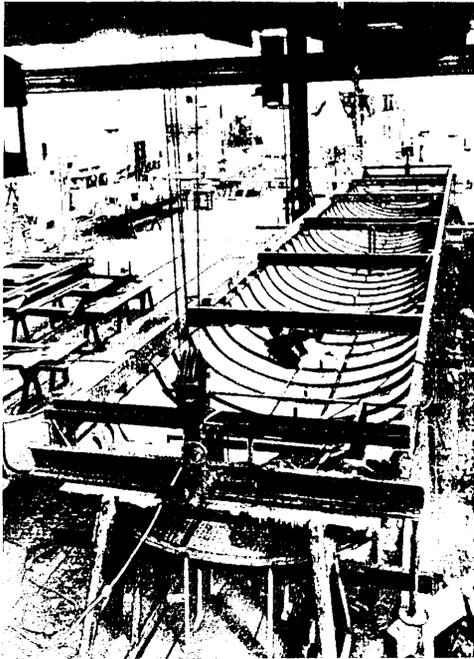


Abb. 7. Schweißen eines vollständigen D-Zugwagen-Daches in besonderer Drehvorrichtung.

Dagegen bestehen keine Bedenken, unterbrochene Raupenschweißung an geeigneten Stellen am Wagenkasten oder am Untergestell zu verwenden.

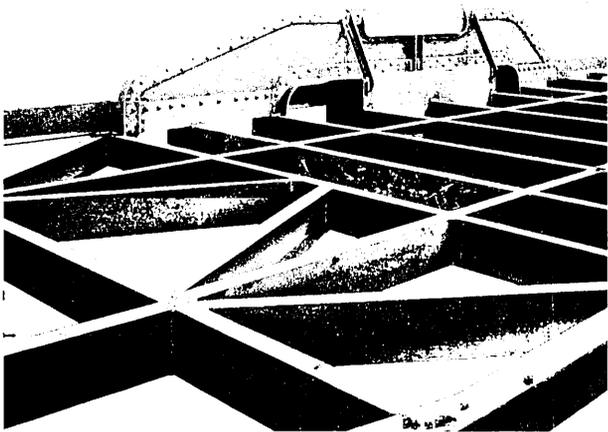


Abb. 8. Genieteteter Unterzug am Mitteleinstieg von geschweißten 410 PS dielelektrischen Triebwagen (1935).

Erhebliche Bedenken bestehen aber bei der Anwendung von Stumpfschweißung an dynamisch stark beanspruchten Eckverbindungen. Über diesen Punkt gehen zwar im Waggonbau die Ansichten von Theorie und Praxis noch auseinander.

An 1932 von verschiedenen Waggonfabriken gebauten Drehgestellen für 175 PS Dieseltriebwagen waren Eckverbindungen und Knotenbleche stumpf eingeschweißt worden (Abb. 10). Nach verhältnismäßig kurzer Betriebszeit sind an einer Reihe von Wagen an diesen Eckverbindungen Risse im vollen Material aufgetreten. Ein ähnlicher Bruch ist bei

D-Zugwagendrehgestellen an der Eckverbindung von Kopf- und Langträger aufgetreten (Abb. 11 bis 13), und zwar sowohl am Kopfträger, an der die Lichtmaschine saß, als auch an dem, der keine Lichtmaschine hatte.

Dagegen sind uns keine Brüche gemeldet worden an Drehgestellen, bei denen die eben genannten Eckverbindungen

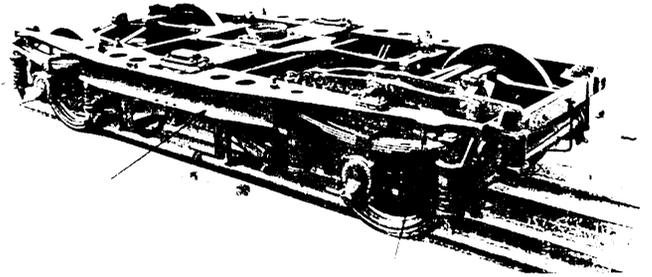


Abb. 9. Unterbrochene Raupenschweißung an einem Drehgestell „Görlitz III schwer“.

oder Knotenbleche überlappt geschweißt worden sind. Derartige Drehgestelle laufen aber in erheblich größerer Anzahl und unter mindestens ebenso starken Betriebsbeanspruchungen als die stumpf geschweißten.

Es ist zwar zuzugeben, daß bei Überlapptschweißungen die Verbindung infolge des Momentes auch auf Biegung beansprucht wird und sie infolgedessen bei Beanspruchungen nach Abb. 14a der stumpf geschweißten Verbindung, bei der das Biegemoment wegfällt, unterlegen sein muß. Die Theoretiker berufen sich auf Professor O. Graf, Stuttgart, der hierzu in einem Aufsatz VDI Bd. 78 (1934) S. 1424 sagt:

„Nach den Richtlinien des Fachausschusses für Schweißtechnik im VDI ließ sich erwarten, daß Verbindungen nach Abb. 14a mit Flankenkehlnähten im allgemeinen geringere Ursprungszugfestigkeiten liefern müssen als Stumpfnähte, weil im Falle der Abb. 14a — im besonderen mit rohen Schweißraupen — hohe Spannungsschwellen unvermeidlich

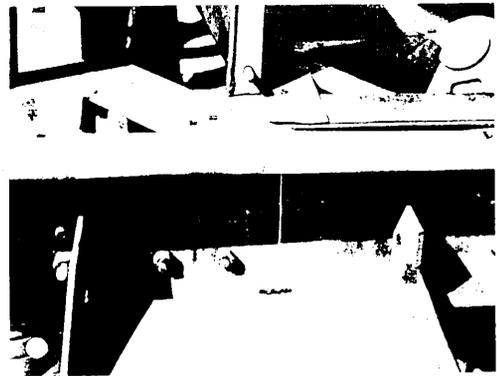


Abb. 10. Riß am Kopfträger eines stumpfgeschweißten Drehgestellrahmens von 175 PS dielelektromechanischen Triebwagen.

sind. In Verbindungen mit Flankenkehlnähten beginnt der Bruch unter oftmals wiederkehrender Last stets am Ende der Schweißraupen.“

Die Form der von Graf benutzten Versuchsstücke ist aus den Abb. 14a und b zu ersehen. Die Brüche im Waggonbau traten aber an Eckverbindungen auf, die nach Abb. 10 und 11, bzw. Abb. 15a ausgeführt sind.

Verfasser erklärt sich die Ursache dieser Brüche folgendermaßen:

Wenn man einen Probestab in der Dauerbiegemaschine

prüft, so bricht dieser Stab nach verhältnismäßig kurzer Zeit, wenn seine Oberfläche nur die geringsten Haarrisse (Drehriefen, Roststellen) hat. Ähnliche Verhältnisse liegen

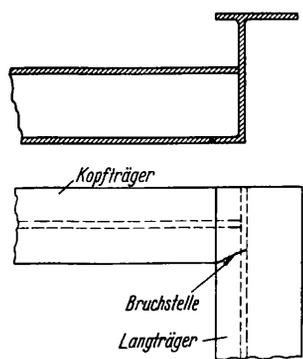


Abb. 11. Riß am Langträger eines stumpfgeschweißten Drehgestells „Görlitz III leicht“.

bei dynamisch stark beanspruchten stumpfgeschweißten Eckverbindungen vor. Die Randfaser ist ebenso wie beim Probestab für die Festigkeit erheblich wichtiger als eine Faser in der neutralen Ebene. Auch bei sorgfältigster Ausführung werden sich Krater und damit Einkerbungen am Ende der Stumpfnähte nicht vermeiden lassen. Von diesen geht dann der Bruch aus. Dagegen werden sich Kehlnähte an Überlapptschweißungen einfacher und wesentlich billiger herstellen lassen. Die genaue Einpaßarbeit fällt fort. Denn bei Überlapptschweißungen kommt es nicht so genau darauf an, wenn das Knotenblech ein paar Millimeter kleiner oder größer ist. Das Wichtigste aber ist: die Randfaser braucht nicht zerstört zu werden*).

In Würdigung der eben geschilderten Umstände hat daher das Reichsbahn-Zentralamt Berlin angeordnet, daß — zum mindest an Drehgestellen — Stumpfschweißungen an Eckverbindungen nicht mehr ausgeführt werden. Am Untergestell und am Wagenkasten ist diese Frage nicht von so einschneidender Bedeutung; denn diese Teile sind mehrfach gefedert und starken Wechselbeanspruchungen weniger ausgesetzt. Eine endgültige Klärung dieser Fragen erwarten wir von den Versuchen, die die Schweißtechnische Versuchsanstalt Wittenberge z. Z. mit verschiedenen Eckverbindungen ausführt und demnächst veröffentlichen wird.



Abb. 12. Riß gemäß Abb. 9.

Neuerdings gewinnt die Punktschweißung erhöhte Bedeutung. Die Waggonfabrik Beuchelt hat nach umfangreicher Vorarbeit eine sehr interessante Punktschweißmaschine entwickelt (Abb. 16). Dem Verfasser sind mit dieser Maschine Pakete von acht bis zehn Blechen vorgeschweißt worden. Es ist sogar möglich, die Bleche vorher mit frischer Mennige zu streichen und dann — noch feucht — punktschweißen. Die Trennung kann nur durch erhebliche Gewaltanwendung (schwerer Hammer und Meißel) erfolgen, eine Beanspruchung, die eine Nietverbindung nicht im Entferntesten aushalten würde.

Auch die Waggonfabriken Ürdingen und Düsseldorf haben Punktschweißmaschinen beschafft, mit denen man jedoch,

*) In der Aussprache wies Herr Reichsbahnrat Schinke darauf hin, daß auch an Güterwagen derartige Brüche aufgetreten sind. Die Schweißung nach Abb. 15a muß am Punkt X die Hauptkraft aufnehmen; nach Abb. 15b geschieht dies durch die lange Naht Y. Die spezifische Beanspruchung am Ende des Knotenbleches ist also bei Abb. 15b erheblich geringer als bei Abb. 15a.

soweit bekannt, nur ebene Wände schweißen kann. Ürdingen legt die Seitenwand waagrecht und läßt die Maschine entlang fahren. Düsseldorf dagegen hat eine senkrecht stehende Maschine und schiebt die Seitenwand senkrecht zwischen den Schenkeln der Maschine hindurch.

Die Reichsbahn hat versuchsweise 27 BCi-Nebenbahnwagen von Beuchelt punktschweißen lassen, und zwar die Seitenwandbleche an den Säulen, die Dachbleche an den Spriegeln, die Fensterbrüstungsleisten und die Stirwandbleche an den Säulen. Ferner sind zwei BC4ü-Wagen mit Punktschweißung bei Beuchelt in Auftrag gegeben. Bevor weitere Wagen punktschweißt werden, sollen aber erst die Laufversuche mit diesen Wagen bei hohen Geschwindigkeiten abgewartet werden. Diese Versuche werden voraussichtlich Anfang 1936 stattfinden.



Abb. 13. Riß von Abb. 10 beseitigt durch ausgerundetes Eckblech.

Es ist zu erwarten, daß das Punktschweißen die Herstellung der Personenwagen vereinfachen und verbilligen wird. Inwieweit die Konstruktion diesem Schweißverfahren angepaßt werden muß, bleibt abzuwarten.

Grundsätzlich ist also zu sagen, daß bei weiterer Durchbildung der einzelnen Wagenbauarten von Fall zu Fall entschieden werden muß, ob irgendeine Schweißart oder die Nietung wirtschaftlich, konstruktiv oder aus Gewichtsgründen zweckmäßiger ist.

In diesem Zusammenhang muß noch auf das Spannen der Bleche und das Nachrichten der Träger eingegangen werden.

Bei den ersten Wagen sind die Bleche nach dem Schweißen (ebenso wie früher beim Nieten) sehr wellig geworden. Man spannt diese Bleche durch Anwärmen mit einem Schneid-

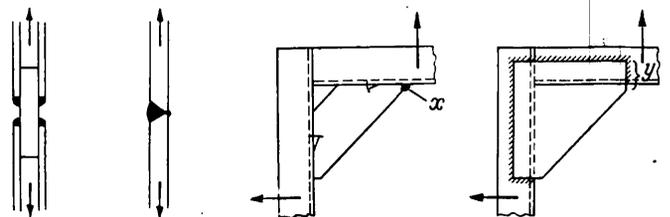


Abb. 14 a. Versuchsstab mit Kehlnahtschweißung } Versuche von Prof. O. Graf.
Abb. 14 b. Versuchsstab mit Stumpfschweißung }
Abb. 15 a. Eckverbindung stumpfgeschweißt.
Abb. 15 b. Eckverbindung überlappt geschweißt.

brenner auf Rotglut und nachfolgendem Hämmern, sogenanntes „Punkten“. Einige Firmen punkten die ganze Fläche, einige begnügen sich mit drei senkrechten Reihen von Punkten je Feld. Dieses „Punkten“ erfordert besondere Geschicklichkeit. Das Verfahren hat den (geringen) Nachteil, daß die Punkte sauber nachgeschliffen werden müssen, damit Spachtel und Farbe gut haften. Um das Welligwerden zu verhüten,

sind von einer Wagenbauanstalt versuchsweise die Seitenbleche an zwei vierachsigen Durchgangswagen mit waagerechten Sicken ausgeführt, die allerdings nicht schön aussehen und teuer sind.

Zum Schweißen von Trägern haben sich die Firmen Vorrichtungen gebaut, in denen die Träger vor dem Schweißen möglichst so vorgespannt werden, daß sie nach dem Schweißen gerade sind. Um Schweißspannungen im Langträger, die den Wagenlauf ungünstig beeinflussen können, möglichst auszuschalten, schreibt daher das Reichsbahn-Zentralamt Berlin in Zukunft Anneten der senkrechten Säulen an den Langträgern vor, wie bereits oben erwähnt wurde. Es ist zu hoffen, daß Spannen und Richten beim Punktschweißen nur noch in geringem Umfang notwendig sein werden.

E. Schweißelektroden.

In der Verwendung von Schweißelektroden läßt das Konstruktionsdezernat den Wagenbauanstalten weitgehende Freiheiten, ebenso in der Verwendung der verschiedenen Schweißmaschinentypen und Stromarten.

Die mit Blankelektroden hergestellten Schweißnähte wiesen zuerst bekanntlich eine mehr oder weniger große Anzahl

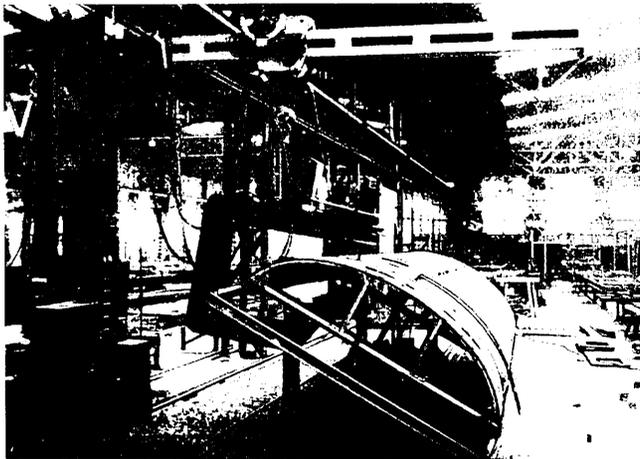


Abb. 16. Punktschweißmaschine mit großer Ausladung der Fa. Beuchelt u. Co., Grünberg (Schlesien).

kleiner Gasbläschen, z. T. auch Schlackennester auf. Ursache der Gasbläschen war das Mitreißen von im Lichtbogen zersetzter Luft, Ursache der Schlackennester ungleichmäßiges Gefüge der Elektrode oder unsachgemäße Schweißung.

Diese Mängel werden bei umhüllten Elektroden erheblich vermindert. Die schmelzende Ummantelung verhindert den Zutritt von Luft. Durch entsprechende Wahl der Zusatzstoffe kann auch das Schweißgefüge beeinflußt werden, so daß eine sehr saubere, dichte Naht mit einem dem eigentlichen Werkstoff gleichen oder besseren physikalischen Eigenschaften entsteht. Voraussetzung sind richtige Zusammensetzung der Zusatzstoffe, richtige Stromstärke, gute Elektrodenführung usw.

Die Reichsbahn hat daher einen größeren Versuch mit stark umhüllten Elektroden durchführen lassen, und zwar an sieben Satz Drehgestellen „Görlitz III leicht“. Die Vorversuche ergaben günstige Festigkeitseigenschaften und eine außerordentlich hohe Kerbzähigkeit. Proben mit *Böhler weiß Blankelektroden* hatten Durchschnittswerte von $1,82 \text{ mkg/cm}^2$, mit stark umhüllten Elektroden dagegen $6,5 \text{ mkg/cm}^2$.

Da die stark umhüllte Elektrode beim Abschmelzprozeß eine erheblich höhere und viel weiter ausstrahlende Erwärmung des umgebenden Werkstoffes entwickelt als die Blankelektroden, so entstehen hohe Schrumpfspannungen und Verwerfungen der zu verschweißenden Teile. Ein 4 m langer Drehgestell-Langträger hatte sich z. B. nach dem Schweißen trotz kräftiger Einspannung um etwa 60 mm durchgebogen.

Hinzu kommt, daß Nähte mit stark umhüllten Elektroden wegen der großen und langen Düninflüssigkeit nur waagrecht geschweißt werden dürfen (Abb. 17). Diese Schwierigkeiten und der höhere Preis lassen die weitere Verwendung von stark umhüllten Elektroden trotz der guten Festigkeitseigenschaften im Wagenbau nicht zweckmäßig erscheinen.

Durch entsprechende Verbesserungen des Elektrodenwerkstoffes ist es im übrigen gelungen, auch mit Blankelektroden saubere, dichte Schweißnähte zu bekommen, die den im Wagenbau zu stellenden Anforderungen durchaus genügen, so daß also die Wagenbauanstalten heute in vielen Fällen mit blanken Elektroden gut und wirtschaftlich arbeiten und nur in Einzelfällen umhüllte Elektroden verwenden.

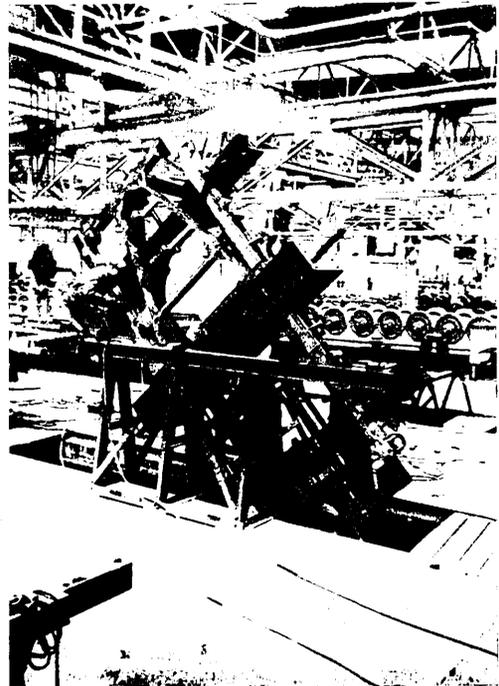


Abb. 17. Drehbare Vorrichtung zum Schweißen von Drehgestellrahmen.

F. Baustähle.

Bei den genieteten Wagen ist wohl allgemein St 37 verwendet worden, der auch schweißtechnisch keine Schwierigkeiten bereitet. Man ging dann zur Gewichtsersparnis zu St 48 über, dessen Schweißbarkeit aber wegen seines hohen Kohlenstoffgehaltes von etwa 0.35% nicht befriedigte (Nachhärtung der Schweißzone, Blasen in der Schweißnaht usw.).

Die Reichsbahn führte dann wegen seiner guten Schweißbarkeit (0,2 bis 0.25% C) und wegen seiner guten Festigkeitseigenschaften den St 52 ein. Es zeigte sich jedoch, daß die wirtschaftliche Verwendungsmöglichkeit des St 52 im Personenwagenbau beschränkt ist. Es hätte keinen Sinn, etwa die Kastensäulen aus St 52 zu machen, da die Wände, schon mit Rücksicht auf die herablaßbaren Fenster, nun einmal eine bestimmte Dicke haben müssen. Nachdem man ferner erkannt hat, daß die Langträger mit Rücksicht auf Durchbiegungsschwingungen sehr kräftig ausgeführt werden müssen, hat es auch hier keinen Zweck mehr, St 52 zu verwenden. Abgesehen hiervon ist auch das Schweißen solcher Sonderstähle (umhüllte Elektroden) erheblich teurer als das Schweißen von St 37*). Die Verwendung von St 52 bleibt also auf hochbeanspruchte Teile wie die Wiegenträger im Drehgestell, die Hauptquerträger im Untergestell und einige Teile für Sonderfahrzeuge beschränkt.

*) Vergl. K. L. Zeyen, Der Betrieb, Bd. 14 (1935), Seite 489.

Diskussionsausführungen zu dem Vortrag von Baurat Boden in Wittenberge.

Der Hohlträger in seiner heutigen Form, d. h. geschweißt, ist ein neues Bauelement, welches den offenen Träger in sehr weitgehendem Maße verdrängen wird. Statisch wie auch dynamisch ist der Hohlträger allen anderen Trägerarten deswegen so außerordentlich überlegen, weil er eine Materialausnutzung gestattet, die in vielen Fällen ein Mehrfaches derjenigen beim offenen Träger ist. Beim dünnwandigen Hohlträger können wir die Arbeitsfähigkeit desselben ungefähr gleich derjenigen eines gleich schweren Zugstabes setzen, wobei sich alle Spannungen und Formveränderungen in weit einfacherer Weise ermitteln lassen als bei offenen Biegunsträgern. Dadurch, daß der Hohlträger allen Beanspruchungen in gleicher Weise widersteht, insbesondere der Verdrehung, sind wir in der Lage, Neukonstruktionen auf Grundlage dieser Eigenschaft zu schaffen. So z. B. brauchen wir nicht mehr Säulen, Spricgel und Querträger zur Erreichung einer Spantwirkung in einer Ebene anzuordnen, sondern diese Spantwirkung tritt auch ein, wenn die genannten Bauglieder in verschiedenen Querschnittsebenen des Fahrzeugs wirksam werden. Die Übertragung der Biegemomente von einem dieser Organe zum anderen erfolgt unter Zwischenschaltung der als Hohlkörper ausgebildeten Langträger, wobei einmal ein weit arbeitsfähigeres Gebilde entsteht als bisher, zum zweiten aber eine weitaus größere Materialmenge dem beabsichtigten Zweck der Querversteifung nutzbar gemacht wird. Derartige Wirkungen sind mit offenen Trägern auch nicht unter erheblich größerem Materialaufwand zu erreichen. Man wird bei der Anwendung von Hohlträger vielfach auf Querträger verzichten können, da an ihre Stelle Konsolen treten können, die den Träger auf Verdrehung beanspruchen. Der

Einwand, daß der Hohlträger nicht korrosionssicher sei, da er von innen rosten könne, ist vollkommen abwegig. Selbstverständlich muß der Hohlträger allseitig geschlossen sein, und zwar durch Nahtschweißung, so daß der Luftzutritt nach dem Innern abgesperrt ist. Kleine Poren spielen indes keine Rolle, da sie erfahrungsgemäß sehr bald zurusten. Wenn demgegenüber geltend gemacht wird, daß durch unachtsames Anbohren des Trägers Öffnungen geschaffen werden können, durch welche Luft ein- und austreten kann, so ist darauf hinzuweisen, daß einer derartigen unzweckmäßigen Behandlung kein Konstruktionsteil, sei es wie immer, widerstehen kann. Wäre der Hohlträger die Regelbauart und der offene Träger die Neuerscheinung, so könnte man mit demselben Recht den Einwand erheben, daß der offene Träger betriebsgefährlich sei, weil durch unachtsames Abschneiden der Flanschen seine Tragfähigkeit verloren geht. Es ist selbstverständlich, daß jedem Organ, das eine gewisse Aufgabe zu erfüllen hat, auch die ihm gemäßen Lebensbedingungen zuerkannt werden müssen. Jedenfalls bietet der Hohlträger konstruktive Möglichkeiten, die bisher nicht zu verwirklichen waren, wobei keineswegs verkannt werden soll, daß in gewissen Fällen der offene Träger dem Hohlträger gleichwertig, in manchen Fällen auch sogar überlegen sein kann, daß aber in der Mehrzahl der Fälle der Hohlträger wesentliche konstruktive Vorteile bietet. Der Hohlträger ist allerdings teurer als entsprechende Walzprodukte, dieser Einwand kann aber nur so lange gelten, als der Hohlträger nur vereinzelt Anwendung findet. Wenn diese Verwendung einmal mengenmäßig die gleiche sein wird wie die des offenen Trägers, dann wird auch dieser Einwand hinfällig werden. Direktor Kreissig.

Erfahrungen mit geschweißten Güterwagen der Normalbauart.

Von Reichsbahnrat Schinke.

1. Allgemeines.

Mit der Einführung der Schweißung wird im Güterwagenbau der Zweck verfolgt, das Eigengewicht der Wagen und damit das Totgewicht der Züge zu vermindern. Außerdem wird erwartet, daß die geschweißten Güterwagen weniger der Abrostung unterliegen als genietete Wagen, weil die Schweißung eine offenere Bauweise ermöglicht und somit die vielfach bei der Nietbauweise zu beobachtenden toten Ecken vermeidet. Bei einigen Güterwagengattungen (z. B. beim Rungenwagen) erhofft man auch eine Verbesserung des Wagenlaufes, weil mit der Schweißung eine starrere Verbindung der Wagenteile erreicht wird, so daß z. B. das Untergestell geschweißter R-Wagen während der Fahrt ruhiger zu liegen scheint als das genieteter R-Wagen. Die Entwicklung auf anderen Gebieten läßt ferner erwarten, daß sich geschweißte Wagen nach Überwindung der anfänglichen Schwierigkeiten, die naturgemäß bei jeder Neuerung aufzutreten pflegen, auch billiger herstellen lassen als genietete.

2. Gewichtsersparnis durch die Schweißung.

Zunächst ist nicht beabsichtigt, das Ladegewicht der Wagen oder ihre Tragfähigkeit mit Rücksicht auf die erzielte Gewichtsersparnis zu erhöhen. Eine solche Maßnahme wäre, sofern sie überhaupt in Frage käme, zweckmäßig erst dann durchzuführen, wenn die zu erreichende Gewichtsverminderung für alle Güterwagengattungen feststeht, damit die jetzt bestehende Gleichmäßigkeit in der Festsetzung der Tragfähigkeit und des Ladegewichtes nicht gestört wird.

Von den vorhandenen zwölf Güterwagengattungen gewöhnlicher Bauart sind bisher sieben Gattungen in Schweißbauweise entwickelt worden. Vier Gattungen wurden hierbei sowohl in Stahl 37 wie in Stahl 52 hergestellt. Zumeist kamen

Walzformisen zur Verwendung, in drei Fällen jedoch auch z. T. Hohlträger oder abgekantete Profile*). Die erzielten Gewichtsersparnisse gehen aus der Zusammenstellung 1 hervor. Sie liegen, bezogen auf das Liefergewicht der genieteten Wagen (Stahl 37), bei Wagen aus Stahl 37 zwischen 8,5 und 13% und bei Wagen aus Stahl 52 zwischen 18 und etwa 23%. Die SSI-Wagen, die schon in genieteter Bauweise aus Stahl 52 bestehen, erreichen eine Gewichtsverminderung von 18%. Die vierachsigen gedeckten Güterwagen mit 41,7 m² Bodenfläche (GGhs) sind nicht mit aufgeführt, weil es diese Wagen genietet nicht gibt. Die nicht unerhebliche Streuung in den Prozentzahlen ist zum größten Teil darauf zurückzuführen, daß die Gewichtsverminderung stark abhängig ist vom Anteil des zu verschweißenden Eisengewichtes am Gesamtgewicht des Wagens. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn die wenig Holz enthaltenden SSI-Wagen eine Gewichtsersparnis von 18% erbringen, während die Ghs-Wagen, deren anteilmäßiges Holzgewicht durch die Wände und das Dach sehr groß ist, nur eine solche von 8,5% aufweisen.

Bei Güterwagen ist die Wahl der Profile fast ausschließlich von der Forderung nach genügender Festigkeit im Rangierbetrieb abhängig. Nur in wenigen Fällen mußten bei genieteten Wagen mit Rücksicht auf die Unterbringungsmöglichkeit der erforderlichen Nietten stärkere Profile gewählt werden. Schwingungserscheinungen sind während der Fahrt bei Güterwagen noch nicht aufgetreten und haben daher die Auswahl der Profile bisher nicht beeinflusst. Da die geschweißten Güterwagen mindestens die gleiche Festigkeit aufweisen sollen

*) Hinsichtlich der Bauart der Wagen wird auf den Aufsatz des Verfassers „die Anwendung der Schweißung im Güterwagenbau“ in der Zeitschrift VDI, Heft 41 und 49 vom Jahre 1935 verwiesen.

Zusammenstellung 1.

Lfd. Nr.	Wagengattung	Gewichtsgegenüberstellung				Bemerkungen
		Gewicht		Gewichtersparnis in % bezogen auf Gewicht		
		der Lieferung kg	gesamtes kg	der Lieferung %	gesamtes %	
1	2 Om genietet St 37	7 360	10 500			Kasten: Holz Fußboden: Holz
2	2 Om geschweißt St 52	5 790	8 930	21,3	15	Bremsteile: Leichtbau. Untergestell: Hohlprofile und abgekanntete Profile
3	2 Om geschweißt St 52	5 920	8 910	19,6	15,1	
4	2 Om geschweißt St 52	5 665	8 805	23	16,1	
5	2 Om geschweißt St 52	5 905	9 116	19,8	13,18	
6	2 V genietet St 37	9 060	12 340			
7	2 V geschweißt St 37	7 895	11 170	12,86	9,48	Bremsteile: teilweise Leichtbau
8	2 V geschweißt St 52	7 321	10 600	19,2	14,1	Bremsteile: teilweise Leichtbau
9	2 K genietet St 37	7 600	10 880			
10	2 K geschweißt St 37	6 821	10 100	10,25	7,2	Bremsteile: normale Bauart
11	2 K geschweißt St 52	6 011	9 290	20,9	14,6	Bremsteile: Leichtbau
12	1 SSl genietet St 52	18 428	23 840			
13	1 SSl geschweißt St 52	15 118	20 530	18	13,9	Bremsteile: Leichtbau
14	1 Glhs genietet St 37	10 537	13 600			Wagen nicht gebaut Gewichte durch Umrechnung ermittelt
15	1 Glhs geschweißt St 37	9 637	12 700	8,54	6,62	
16	1 Glhs geschweißt St 52	8 660	11 870	17,81	12,72	
17	2 Glhs geschweißt St 37	9 198	12 440	12,71	8,53	Kasten 0,7 m länger als beim 1 Glhs (s. Nr. 15)
18	2 R genietet St 37	8 220	11 500			
19	2 R geschweißt St 37	7 515	10 670	8,58	6,13	Bremsteile: normale Bauart
20	2 R geschweißt St 52	6 775	10 000	17,6	12,6	Bremsteile: teilweise Leichtbau Untergestell: Walzprofile
21	2 R geschweißt St 52	6 775	10 000	17,6	12,6	Bremsteile: teilweise Leichtbau Untergestell: Hohlprofile

wie die genieteten, so mußten fast ausnahmslos auch gleich schwere Profile verwendet werden. Daraus ergibt sich, daß die erreichte Gewichtsverminderung bei den Wagen aus Stahl 37 und bei den SSL-Wagen allein auf die Schweißung zurückzuführen ist.

Bei einigen Wagengattungen wurden auch die Bremsteile im Leichtbau hergestellt. Abb. 1 zeigt im Vergleich zu einem

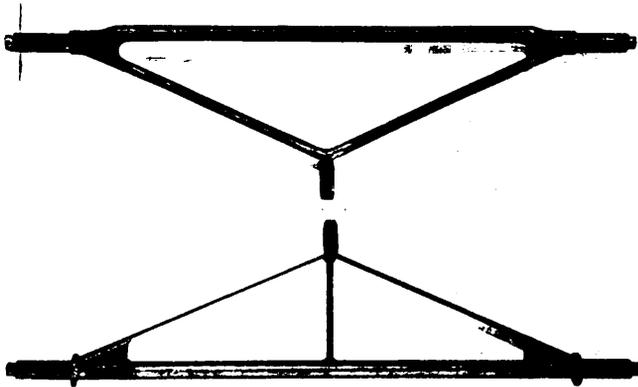


Abb. 1. Normales Bremsdreieck (oben) und geschweißtes Bremsdreieck (unten). Eigengewicht 38 kg zu 29 kg.

normalen Bremsdreieck ein Bremsdreieck, das aus einem Rohr als Druckstrebe und zwei Flacheisen als Zugstreben besteht. Das Rohr ist gegen Ausbiegen durch eine mittlere Stütze gesichert. Das Gewicht des leichten Bremsdreieckes beträgt 29 kg und das des normalen 38 kg. Belastungsversuche haben ergeben, daß die Verformungen der beiden Bremsdreiecke bei gleicher Zugkraft gleich groß sind, so daß das geschweißte Bremsdreieck dem normalen durchaus als gleichwertig angesehen werden kann.

3. Vereinfachung durch die Schweißung.

Daß die Schweißung zweckmäßig angewendet, eine wesentliche Vereinfachung bedeutet, soll an Hand von einigen Lichtbildaufnahmen dargelegt werden. Abb. 2 und 3 zeigen den Anschluß des Querträgers am Langträger beim genieteten und beim geschweißten Wagen. Während der Querträger beim

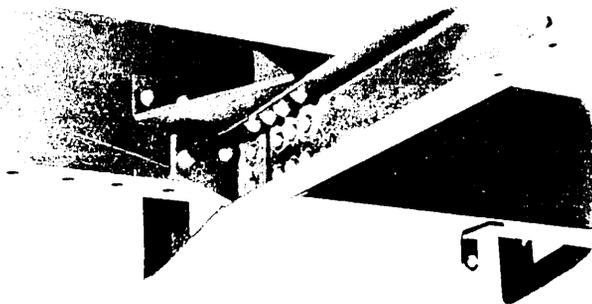


Abb. 2. Querträgeranschluß bei einem genieteten Güterwagen.

genieteten Wagen mit Hilfe von drei Winkeln und zwanzig Nieten am Langträger angeschlossen ist, ist der gleiche Träger beim geschweißten Wagen nach Aufschlitzen des Endes und Einschweißen eines dreieckförmigen Anschlußstückes unmittelbar am Langträger angeschweißt. Die Verbindung ist klar und übersichtlich. Sie bietet dem Rost keine Ansatzflächen, wogegen bei der Nietung der Rost sich leicht in den Ecken und an den Nieten festsetzen kann. Die Entrostung ist hier auch äußerst schwierig, denn die Nieten und die vorstehenden

Kanten der Anschlußwinkel behindern das ordnungsgemäße Arbeiten mit Entrostungswerkzeugen. Ähnlich liegt es mit dem Anschluß der Sprengwerkstützen und Sprengwerkstreben. Beim genieteten Wagen sind für diese Verbindung ein großes Knotenblech und 17 Nieten erforderlich. Beim geschweißten Wagen ist die U-Eisenstütze auf die Winkeleisenstrebe aufgesetzt und mit ihr ohne weitere Verbindungselemente ver-

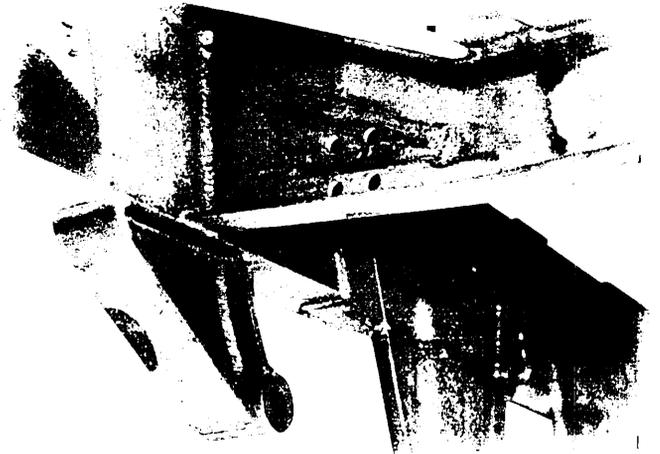


Abb. 3. Querträgeranschluß bei einem geschweißten Güterwagen.

schweißt. Die nächsten Abb. 4 und 5 zeigen, wie die Stirnwand des K-Wagens durch die Schweißung eine gefälligere und dem Rost weniger Angriffspunkte bietende Form erhält. Dadurch, daß die Dachbleche an den Enden dreieckförmig

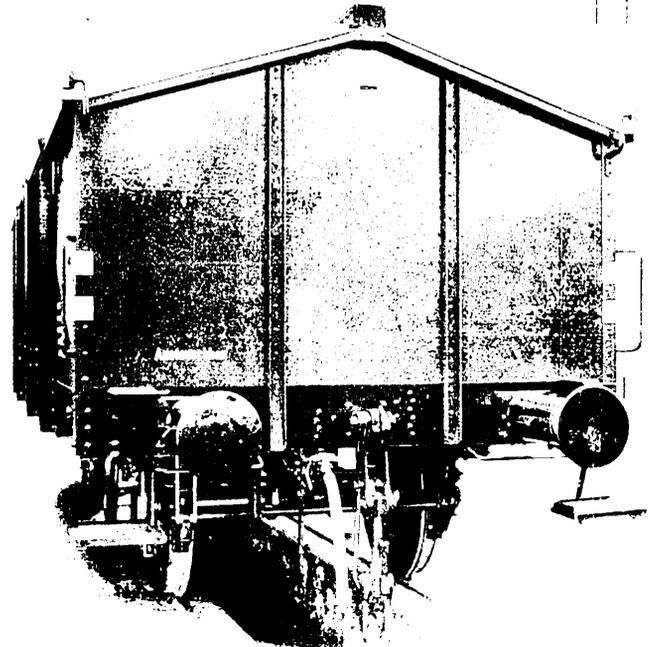


Abb. 4. Stirnwandansicht des genieteten Klappdeckelwagens (Kalkwagen).

umgebogen sind und mit dem Stirnwandblech einen Hohlkörper bilden, konnte der beim genieteten Wagen erforderliche besondere Deckenträger entbehrt werden. Die Schweißung ermöglichte es auch, die Stirnwandsäulen statt, wie beim genieteten Wagen mit dem Steg am Stirnwandblech anzuschließen, sie mit den Flanschen gegen das Stirnwandblech zu schweißen. Stirnwandblech und Stirnwandsäulen ergeben also Hohlträger, die dem Wagen eine größere Festigkeit gegen

Auflaufstöße verleihen als die beim genieteten Wagen übliche Verbindung. Ganz besonders treten aber die Vorteile der Schweißung bei den Abb. 6 und 7 in Erscheinung, die die Verbindung der Seitenwandstrebe mit der Seitenwand-

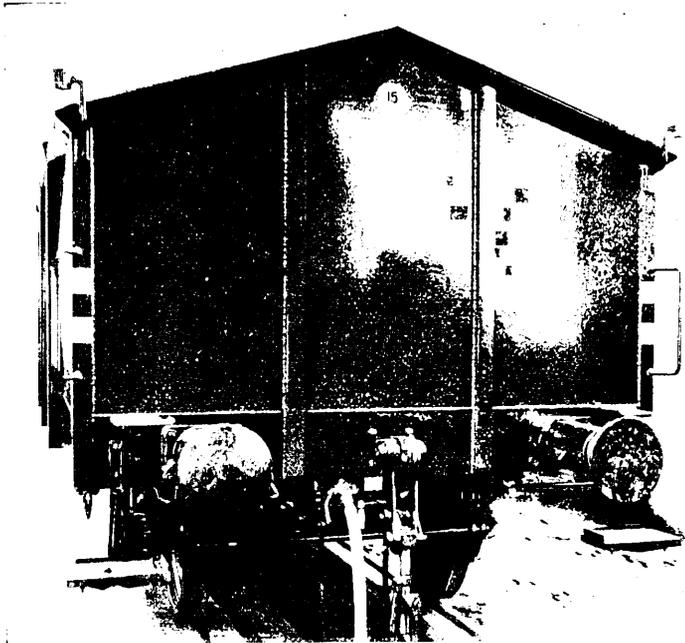


Abb. 5. Stirnwandansicht des geschweißten Klappdeckelwagens (Kalkwagen).

zwischen säule und dem Bodenrahmen darstellen. Beim genieteten Wagen ist ein besonderes Knotenblech zur Herstellung der Verbindung erforderlich, das ebenso wie die Seitenwandstrebe außerdem noch gekröpft werden muß. Die Seitenwand-

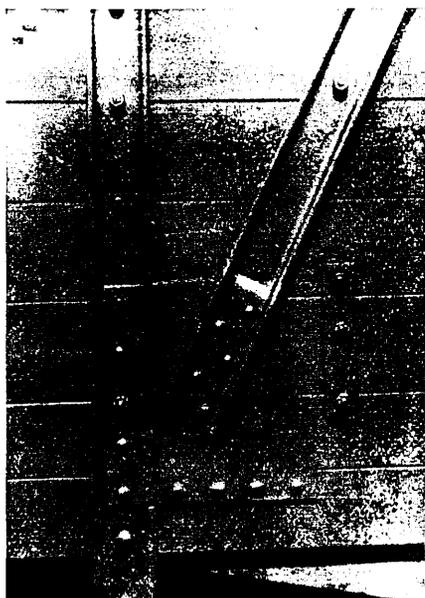


Abb. 6. Anschluß der Seitenwandstrebe an der Seitenwandzwischen säule eines genieteten gedeckten Güterwagens.

zwischen säule muß ferner durch Abklinken des Flansches stark geschwächt werden. Demgegenüber sind beim geschweißten Wagen keinerlei Zurechtarbeiten erforderlich. Die Strebe schließt glatt an die Seitenwand säule und an den Bodenrahmen an, und zwar unterhalb der Brettverschalung, so daß die Bretter im Gegensatz zur genieteten Verbindung vollkommen frei liegen und nicht verrotten können. Beim genieteten Wagen setzt sich hinter das große Knotenblech, besonders wenn es an der oberen Kante etwas klappt, Feuchtigkeit fest und die

Bretter faulen sehr leicht. Die Schweißung ermöglichte es auch, die Schwerlinien der drei Träger — Strebe, Säule und Bodenrahmen — so zu legen, daß sie sich fast in einem Punkt schneiden. Dadurch treten in der Verbindung fast nur Druck und Zugkräfte und nur in geringem Maße Biegekräfte auf.

4. Verwindungssteifigkeit der geschweißten Wagen.

Die Steifigkeit der einzelnen Wagengattungen ist in erster Linie abhängig von der Art der Bauausführung. Während ein offener Wagen mit losen Wänden, z. B. der R-Wagen, eine sehr große Verwindefähigkeit und dementsprechend nur eine geringe Steifigkeit aufweist, hat der Om-Wagen mit seinen festen Seitenwänden und losen Kopfklappen bereits eine kleinere Verwindefähigkeit.

also eine größere Steifigkeit. Die größte Steifigkeit und somit geringste Verwindefähigkeit hat jedoch ein gedeckter Wagen infolge seiner festen und hohen Seiten- und Stirnwände, die durch das Dach miteinander verbunden sind. Es war zu erwarten, daß auch die Art der Verbindung der Wagenbauteile, d. h. ob genietet oder geschweißt, einen erheblichen Ein-

fluß auf die Steifigkeit der Wagen ausübt, da Schweißverbindungen im allgemeinen steifer sind als die auf Reibungsschluß arbeitenden Nietverbindungen. Um diesen Einfluß zahlenmäßig zu erfassen, wurden von der Versuchsabteilung für Wagen mit geschweißten Güterwagen und vergleichsweise auch mit genieteten Wagen gleicher Gattung Verwindversuche durchgeführt. Zur Untersuchung dienten Wagenkastenwaagen (Hebel- oder Federwaagen) wie sie zur Verwiegung von Wagenkästen vierachsiger Wagen in den Reichsbahnausbesserungswerken gebräuchlich sind. Die Federn des

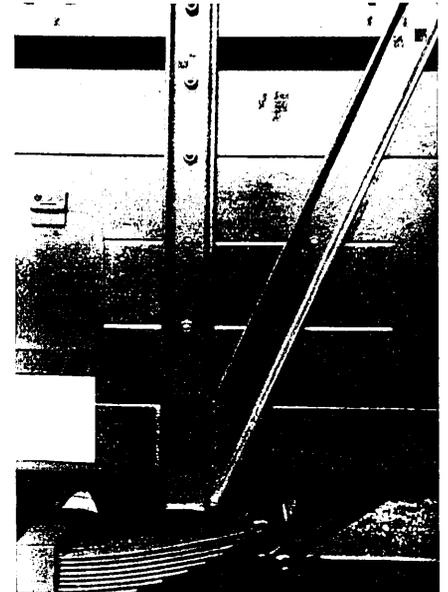


Abb. 7. Anschluß der Seitenwandstrebe an die Seitenwandzwischen säule eines geschweißten Güterwagens.

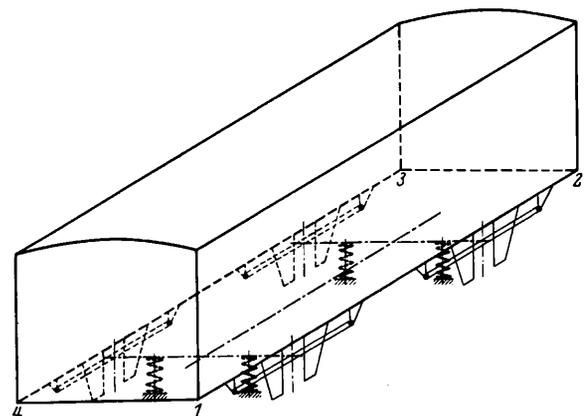


Abb. 8. Schematische Darstellung der Abstützung zur Ermittlung der Verwindefähigkeit von Güterwagen.

zu untersuchenden Wagens wurden nach Ausbau der Achsen durch feste Balken ersetzt. Mit diesen vier festen Längsbalken wurde dann der Wagen auf zwei Querbalken gelegt. Jeder Querbalken stützte sich, wie aus der schematischen Darstellung (Abb. 8) zu ersehen ist, auf zwei Feder oder Hebelwaagen ab. Nachdem mit Hilfe eines Nivellier-Instrumentes die vier in Mitte der Federersatzbalken liegenden Abstützpunkte des Wagens genau in eine waagerechte Ebene gebracht und die

Gewichte an den vier Waagen für diesen Zustand festgestellt worden waren, wurde eine Ecke des Wagens stufenweise gehoben und gesenkt, während die anderen drei Ecken in der ursprünglichen Lage verblieben. Nach jeder Änderung der Höhenlage wurden die Gewichte erneut ermittelt. Das Heben und Senken einer Ecke über und unter die waagerechte Ebene wurde möglichst so lange fortgesetzt, bis eine der Ecken fast ganz entlastet war, um das Verhalten des Wagens bei größtmöglicher Verwindung feststellen zu können.

brauchen nicht unbedingt gerade zu sein. Sind sie gekrümmt, so besagt dies, daß die Wagenkonstante innerhalb der Verwindungsstufen verschieden ist. Sie weist dann meist nach Heben oder Senken um ein bestimmtes Maß einen Knick auf, d. h. von dieser Verwindung ab wird infolge Eingreifens weiterer Bauteile die Wagenkonstante geändert. Die Größe des Winkels ist also ein Maß für die Verwindungsfähigkeit des Wagens, und zwar gehört zu einem wenig verwindungsfähigen Wagen wegen der sehr starken Verlagerung der Lastverteilung ein kleiner Winkel. Ist der Wagen nicht spannungsfrei zusammengefügt worden, sind also die Belastungen der vier Aufstützpunkte ursprünglich nicht gleich, so wird sich dies bei federnder Auflage des Wagens auf seinen vier Punkten durch Hängen oder Hochstehen einer Ecke bemerkbar machen. Eine solche Verspannung wirkt sich derart aus, daß erst eine Ecke um dieses Maß der Verspannung aus der waagerechten Ebene gehoben oder gesenkt werden muß, um die auf Grund der Gewichtsverteilung bedingten, ohne innere Spannungen beeinflussten, Gewichte auf den vier Punkten zu erhalten. Weisen z. B. die Ecken 2 und 4 gegenüber den Ecken 1 und 3 Lastunterschiede auf, so ergeben sich, wie Abb. 9, Fig. 2 erkennen läßt, beim Heben und Senken wohl ebenfalls zwei Linienzüge, jedoch schneiden sich diese nicht mehr auf der x-Achse, sondern um das Maß d ober- oder unterhalb von dieser. Die herabhängende Ecke, hier Ecke 2, muß erst um den Betrag d gehoben werden, ehe alle vier Ecken gleichmäßig belastet sind. Das Maß d gibt also in Millimeter die Größe der Verspannung einer Ecke an, während die Größe der Verspannung in Kilogramm durch das Maß h ausgedrückt wird. Andererseits kann ein Lastunterschied zwischen den Ecken 1/2 einerseits und 3/4 andererseits bestehen. Dieses Verhalten wird gekennzeichnet durch Abb. 9, Fig. 3. In der gewählten Darstellung hat die Seite 3/4 ein Übergewicht um 2 e kg gegenüber der Seite 1/2. Ein ähnliches Verhalten ergibt sich, wenn ein Lastunterschied zwischen den Ecken 2/3 und 1/4 vorhanden ist, siehe Abb. 9, Fig. 4. Das Übergewicht von 2 e kg liegt hier nach der zeichnerischen Darstellung auf der Seite 1/4. Bei gleichzeitigem Auftreten von Lastunterschieden in allen vier Ecken vereinigen sich die Fig. 3 und 4 mit Fig. 2 und gehen in die Fig. 5 und 6 über. Die Darstellung ist hierbei so gewählt, daß die Lastsumme der Ecken 1 und 3 gleich ist der Lastsumme der Ecken 2 und 4. Sind diese Lastsummen nicht gleich, sind also in der Schrägrichtung Gewichtsunterschiede vorhanden, so sind die Lastlinienentfernungen g und f der sich schräg gegenüberliegenden Ecken nicht mehr gleich e, sondern davon abweichend. Um das Maß g minus f ist dann eine Schräge mehr belastet als die andere.

Fig. 1.

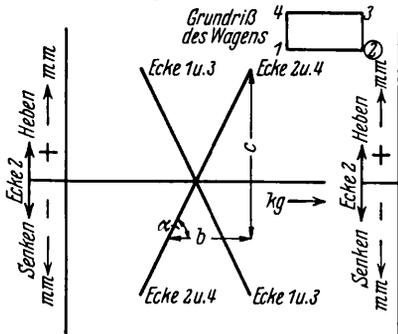


Fig. 2.

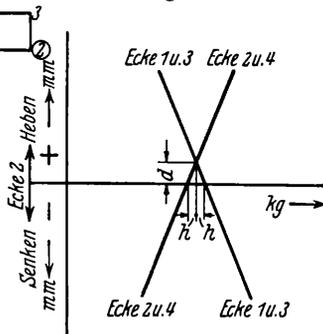


Fig. 3.

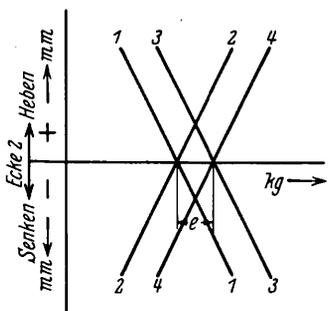


Fig. 4.

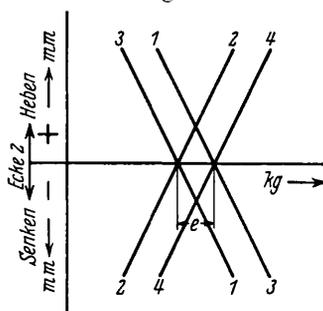


Fig. 5.

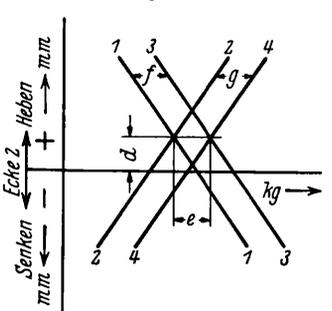


Fig. 6.

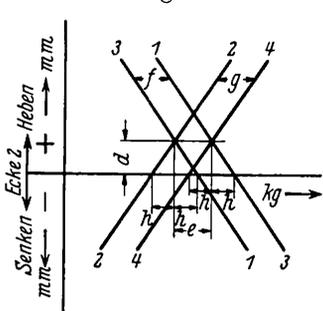


Abb. 9. Abhängigkeit der Raddrucke bei Güterwagen von der Bauart, der Verbindung ihrer Einzelteile und des maßgerechten Zusammenbaues.

Bei einem vollkommen symmetrisch gebauten Wagen ist die Belastung der vier in eine Ebene gebrachten Aufstützpunkte gleich. Wird eine Ecke angehoben, so wird diese und die schräg gegenüberliegende Ecke in gleichem Maße mehr belastet, während die beiden anderen Ecken um denselben Betrag entlastet werden. Umgekehrt verhält es sich beim Senken. Trägt man die ermittelten Gewichte graphisch in Abhängigkeit von dem Maße des Hebens und Senkens der in ihrer Höhenlage veränderten Ecken auf, so ergeben sich gemäß Abb. 9, Fig. 1 zwei Linienzüge, die sich auf der x-Achse in einem Punkt schneiden. Die Neigung dieser Linien ist ein Maß für die Verwindungsfähigkeit des Wagens ($\text{ctg } \alpha = \frac{b}{c}$), und das Verhältnis

$\frac{b}{c}$ stellt die „Wagenkonstante“ in kg/mm dar. Die Linienzüge

Bei den Versuchen stellte es sich heraus, daß nach dem Heben und Senken die Stützpunkte des Wagens nicht wieder in die Anfangslage zurückgingen. Die Lastlinien fallen beim Heben und Senken nicht aufeinander, sondern bilden eine Schleife, die man mit der Hysteresiskurve des Magnetismus vergleichen könnte. Hat z. B. die Seite 3/4 gegenüber der Seite 1/2 das Übergewicht, so nimmt die graphische Darstellung die Form wie Abb. 10 an. Das Heben und Senken ist durch Pfeile gekennzeichnet. Das Wagengefüge läßt eine deutlich hervortretende Verformung zu. Wie groß die Verformungsmöglichkeit ist, gibt das Maß a in Kilogramm an.

Aus der schematischen Darstellung der Versuchsvorrichtung (Abb. 8) geht hervor, daß Mitte Meßfeder der für die Versuche benutzten Federwaagen der Wagenversuchsabteilung nicht Mitte Wagenkastenfeder liegt. Infolgedessen sind die jeweils sich ergebenden Wagenkonstanten entsprechend der Hebelübersetzung zwischen Meßfederabstützpunkt und dem Abstützpunkt des Federersatzbalkens auf dem Querbalken zu groß. Um daher die spezifische Federung des Wagens an den Tragfederstützpunkten zu erhalten, sind die ermittelten,

Spalte d enthält dann noch die notwendigen Angaben über die Gewichtsverteilung. Diese Angaben sind genauer als man sie bei einer einzelnen Verwiegung ermitteln würde, weil durch Aufnahme der Schaulinien ein zufälliges Ergebnis durch Gewichtsverlagerung innerhalb der bleibenden Verformungsmöglichkeit des Wagens ausgeschaltet wird.

Wie groß der Einfluß der geschweißten Hohlträger ist, geht am besten aus einem Versuch hervor, der angestellt wurde, um die Federung der Achshalter in Wagenquerrichtung festzustellen. Die Achshalter des Wagens mit Hohlprofilangträgern wurden in Höhe Achsmittle in Wagenquerrichtung stufenweise belastet und hierbei die seitlichen Achshalter-Abfederungen gemessen. Ein gleicher Versuch wurde mit einem neuen genieteten Wagen durchgeführt, bei dem bekanntlich die Langträger aus U 23,5 bestehen. Abb. 11 läßt die ermittelten Federungen in Abhängigkeit von den einzelnen Last-

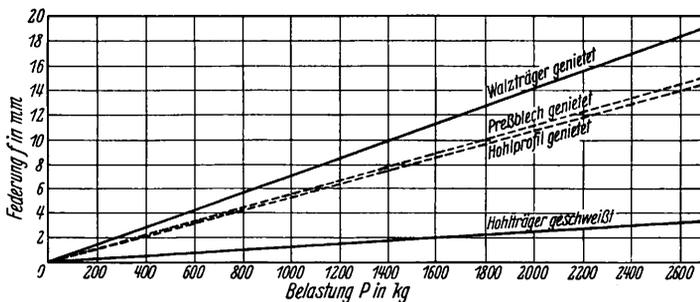


Abb. 11. Abhängigkeit eines Achshalterpaares von einer in Achsrichtung wirkenden Kraft.

— = Längsträgerverdrehung.
- - - = Achshalterdurchbiegung.

stufen erkennen. Während der genietete und der in sich geschweißte aber mit dem Langträger durch Nietung verbundene Achshalter etwa die gleichen Abfederungen ergeben, beteiligen sich die Langträger in sehr unterschiedlichem Maße. Der Hohllangträger gibt dem Achshalter in Höhe Achsmittle eine zusätzliche seitliche Abbiegung von 1,17 mm/t. der Langträger aus U-Eisen jedoch eine solche von etwa 7 mm/t, das ist etwa der sechsfache Betrag.

5. Die Herstellung geschweißter Wagen.

Die größere Verwindungssteifigkeit der geschweißten Wagen braucht kein Nachteil zu sein, weil unzulässige Radentlastungen erst auftreten können, wenn die Wagen auch zu harte Federn besitzen, also Federn, die nicht mehr in der Lage sind, Ungleichmäßigkeiten in der Gleislage in ausreichendem Maße auszugleichen. Mit Rücksicht auf eine ruhige Fahrlage kann es unter Umständen sogar erwünscht sein, einen etwas steiferen Wagen zu haben. Das scheint insbesondere auf den R-Wagen zuzutreffen. Sehr nachteilig wirkt sich aber die größere Steifigkeit dann aus, wenn beim Zusammenbau des Wagens und seiner Einzelteile auf nicht unbedingte maßgerechte Lage geachtet wird, weil schon eine geringe Maßabweichung sehr große Raddruckunterschiede zur Folge haben kann, besonders wenn es sich um Wagen von schon anfänglich hoher Verwindungssteifigkeit handelt. Diese Raddruckunterschiede beeinflussen den Wagenlauf sehr ungünstig. Diesem Umstand ist noch nicht genügend Rechnung getragen worden. Es darf nicht vorkommen, daß Wagen auf Holzböcken, die lose und ohne jede gegenseitige Abhängigkeit auf einem unebenen Fußboden stehen, verschweißt werden. Die meisten Wagenbauanstalten haben sich daher ähnlich wie für die genieteten Wagen bereits Vorrichtungen hergestellt, in die die einzelnen Wagenbauteile eingelegt und so verschweißt werden. Entsprechende Anschläge und Klemmvorrichtungen sorgen dafür, daß die Teile nicht nur maßgerecht zueinander liegen,

sondern auch unverrückbar festgelegt werden. Bevor eine solche Vorrichtung entworfen wird, müssen jedoch genaue Studien über die Formänderungen durch das Schweißen angestellt werden, sonst kann es vorkommen, daß beim Herausnehmen aus der Vorrichtung das ganze Wagenbauteil sich verwirft. Besonders vorteilhaft wirkt es sich aus, wenn die Vorrichtung noch drehbar gelagert wird, weil es dann möglich ist, alle Schweißnähte von oben zu legen. Senkrechte oder Überkopfnähte werden also weitgehend vermieden. Dadurch wird nicht nur eine saubere Verschweißung, sondern auch eine erhebliche Verbilligung erreicht. Bei einer formgerechten Durchentwicklung der Einspannvorrichtung werden auch die sehr kostspieligen Nacharbeiten vermieden. Die Abb. 12

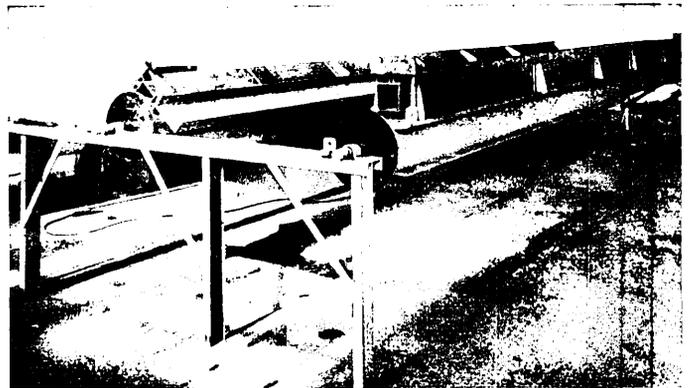


Abb. 12. Drehbare Einspannvorrichtung zum Schweißen von Hohltragern.

bis 14 zeigen einige Einspannvorrichtungen für den geschweißten Om-Wagen. Abb. 12 läßt den Zusammenbau des äußeren Langträgers erkennen. Der Träger liegt auf zwei miteinander



Abb. 13. Drehbare Einspannvorrichtung zum Aufschiessen der Achshalter.

verbundenen U-Eisen, die drehbar gelagert sind, so daß alle Nähte von oben gelegt werden können. Seitliche Anschläge halten den Träger in seiner Lage fest. Unterlagen von verschiedener Höhe geben ihm außerdem eine gewisse Vorspannung, die so bemessen ist, daß der Träger nach dem Zusammenschweißen und Herausnehmen ohne jede weitere Richtarbeit in die Vorrichtung nach Abb. 13 gebracht werden kann, in der die Achshalter angeschweißt werden. Auch diese Vorrichtung ist drehbar und bringt die Achshalter genau in die zeichnungsgemäß festgelegte Lage. Von hier wandert der Langträger mit den übrigen, in ähnlichen Vorrichtungen zusammengeschweißten Teilen in die drehbare Untergestellspannvorrichtung. Abb. 14 zeigt schließlich noch die Vorrichtung für das Zusammenschweißen der Seitenwandtür,

6. Schäden an geschweißten Wagen.

Von den in Schweißbauweise entwickelten sieben Güterwagengattungen sind bisher fünf Gattungen in größerer Stückzahl gebaut bzw. in Auftrag gegeben worden. Es sind dies

- 1641 großräumige gedeckte Wagen (Glhs).
- 500 offene Wagen (Om).
- 227 vierachsige Schienenwagen . (SSI),
- 200 zweiachsige Rungenwagen (R) und
- 25 .. Viehwagen (V).

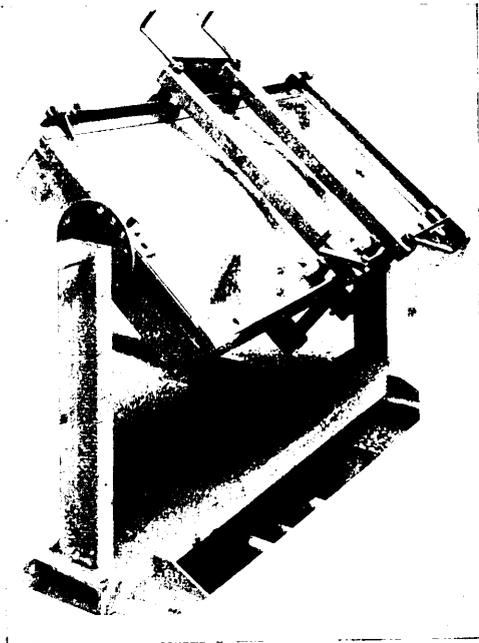


Abb. 14. Drehbare Einspannvorrichtung zum Schweißen der Seitenwandtür an offenen Güterwagen.

Von den übrigen Gattungen wurden zunächst nur wenige Versuchswagen hergestellt. Da auch die in größerer Stückzahl beschafften Wagen noch nicht lange im Verkehr stehen, liegen fast noch keine Betriebserfahrungen vor, so daß wir uns bezüglich der Beurteilung der geschweißten Wagen vorerst fast ausschließlich auf die bei den Auflaufversuchen gewonnenen Erfahrungen stützen müssen.

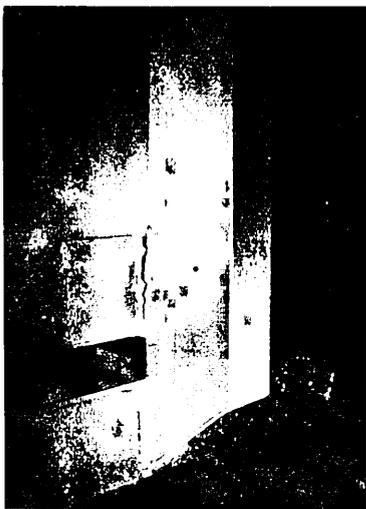


Abb. 15. Bei Auflaufversuchen gerissene Schweißnaht an der Verbindung der Stirnwandsäule mit dem Kopfstück.

nähte beträgt ein Mehrfaches des bisher üblichen Nietquerschnittes. Während sich jedoch die Nieten den Auflaufstößen stets gewachsen gezeigt haben, riß die Schweißnaht — allerdings bei der sehr hohen Auflaufgeschwindigkeit von rund

21 km/h — ein. Der Anriß nahm hierbei seinen Anfang an der oberen Ecke der Schweißnaht. Die Beschädigung ist darauf zurückzuführen, daß die auf Biegung beanspruchte Schweißnaht infolge der geringen Dehnungsfähigkeit der Schweißnaht nicht in der Lage ist, die gesamte Schweißnahtlänge zum Tragen mit heranzuziehen. Dadurch drängt sich die Kraftübertragung auf die obere Ecke der Schweißnaht zusammen, die nunmehr infolge Überlastung einreißt. Würde die Schweißnaht an dieser Stelle elastisch nachgeben, so würden

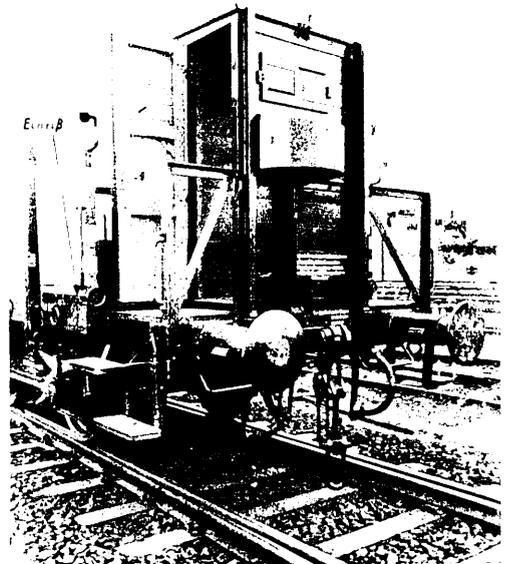


Abb. 16. Bei Auflaufversuchen gerissene Schweißnaht an der oberen Rungentasche bei SSI-Wagen.

die tiefer liegenden Schweißnahtteile zum Tragen mit herangezogen werden. Dadurch würde der Stoß nicht nur gemildert, sondern auch von einem größeren Querschnitt aufgenommen, die Spannungsspitze also abgebaut werden. Durch Legen einer waagerechten oberen Flanken-naht zwischen Kopfstück und Runge konnte der Mangel behoben werden, da diese Naht nunmehr fast die gesamten Kräfte aufnimmt und dadurch die obere Ecke der senkrechten Naht entlastet. Eine ähnliche Beschädigung trat an der einsteckbaren Eckrunge der SSI-Wagen auf. Hier riß (s. Abb. 16) die obere Rungentasche ab. Zur Entlastung der senkrechten V-Nähte wurde, wie Abb. 17 erkennen läßt, um die obere Rungentasche ein Flacheisen gelegt, das mit waagerechten Kehlnähten am Langträger und Kopfstück verschweißt ist. Die gleichen Beschädigungen wurden — wie die Abb. 18 zeigt — bei den mit V-Nähten befestigten Taschen an den Stirnwänden der Rungenwagen beobachtet. Auch hier wurde

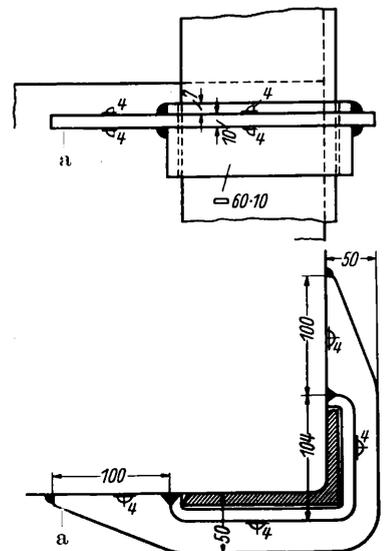


Abb. 17. Nachträglich angeschweißtes Flacheisen „a“ an der oberen Rungentasche bei SSI-Wagen zur Entlastung der oberen Ecke der senkrechten Nähte.

ist. Die gleichen Beschädigungen wurden — wie die Abb. 18 zeigt — bei den mit V-Nähten befestigten Taschen an den Stirnwänden der Rungenwagen beobachtet. Auch hier wurde

nachträglich ein waagrecht liegendes Flacheisen um die Rungentaschen geschweißt. Bei neu zu bauenden Wagen werden die Rungentaschen aus Winkeleisen gefertigt, so daß das Anschweißen eines besonderen Entlastungsflacheisens entfällt.

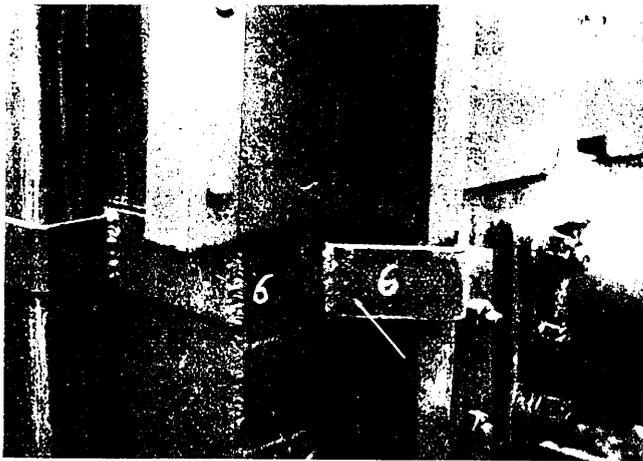


Abb. 18. Bei Auflaufversuchen abgerissene Tasche am Kopfstück eines geschweißten R-Wagens.

Aber nicht nur bei V- und Kehlnähten von senkrecht aneinander stoßenden Wagenbauteilen wurden derartige Schäden beobachtet, sondern auch bei auf Biegung beanspruchten V- und X-Nähten von stumpf zusammenstoßenden Wagenbauteilen. Abb. 19 zeigt die Ausbildung einer Kastenstütze. Diese besteht aus 2 TE 8/4, die an dem einen Ende stumpf mit den Langträgerflanschen verschweißt sind, wobei der

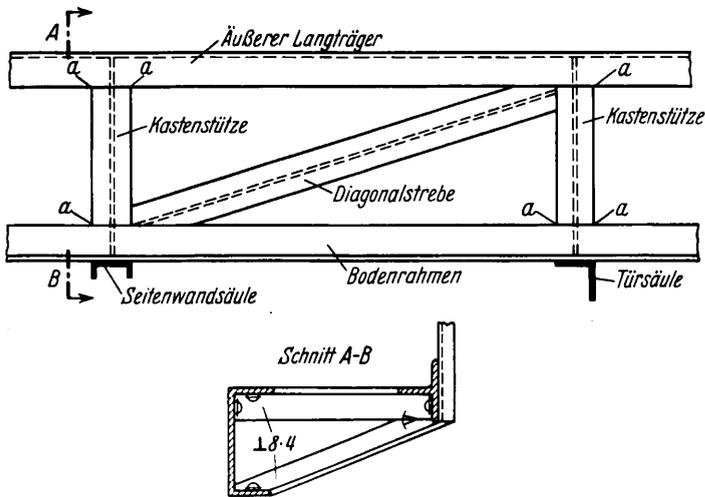


Abb. 19. Diagonalstrebe zur Entlastung der Stumpfnähte „a“ bei auf Biegung beanspruchten Kastenstützen.

Steg der TE bis zum Langträgersteg durchgeführt ist, und die an dem anderen Ende mit dem Bodenrahmen bzw. den Seitenwandsäulen verbunden sind. Durch den Schub, den bei Auflaufstößen die gesamte Masse der Seitenwand einschließlich Dach auf den Bodenrahmen ausübt, werden die Kastenstützen auf Biegung beansprucht. Dadurch treten an den Ecken a Spannungsspitzen an den Stumpfnähten auf, die zu Einrissen führten. Durch Einziehen von Diagonalstreben wurden die Biegungsspannungen beseitigt, so daß sich auch bei Auflaufgeschwindigkeiten von 20 km/h keine Einrisse mehr ein-

stellten. In einigen Fällen wurden auch Risse durch den vollen Querschnitt eines Bodenrahmens beobachtet, die ihren Ausgang vom Endkrater eines stumpf gegen den Winkeleisenflansch geschweißten Knotenbleches genommen hatten (s. Abb. 20 bei a). Wenn es nicht gelingt, durch sanften Übergang derartige Kerbwirkungen, besonders bei spitzwinkelig zusammenstoßenden Teilen, zu vermeiden, dürfte es ratsamer sein, das Knotenblech gemäß Abb. 21 auf oder unter das Winkeleisen zu legen. Diese Ausführung ist zwar der Nietung entlehnt und somit nicht restlos schweißgerecht, auch hat die nunmehr zur Anwendung kommende Flankennaht bei reinen Zugbeanspruchungen eine geringere Dauerfestigkeit als die Stumpfnah, jedoch ist es nunmehr möglich, eine kurze Entlastungsnah b vorzuschauen, so daß die hohe Spannungsspitze vom Flankennahtanfang ferngehalten wird. Es ist nur darauf zu achten, daß die Entlastungsnah nicht bis zur vorderen Kante des Winkeleisenflansches durchgeführt wird, damit hier der gesunde Baustoff erhalten bleibt. Eine Beschädigung, die bei fast allen Versuchswagen eintrat, ist das Einreißen angeschweißter Achshalter unterhalb des Anschlusses am Langträger. Die Anrisse gehen fast ausnahmslos durch das volle Blech. Bei der Herstellung von Serienwagen sollten daher zukünftig die Achshalter und auch die Federböcke nur noch angenietet werden, zumal gerade diese Teile am ehesten im Betrieb der Beschädigung unterliegen und es daher zweckmäßig ist, wenn sie leicht abgenommen werden können. Auch ist es leichter möglich, Veränderungen an angenieteten Achshaltern und Federböcken durchzuführen, wenn die im Gang befindlichen Versuche zur Erhöhung der Geschwindigkeit ergeben sollten, daß andere Achshalter oder Federböcke notwendig sind.

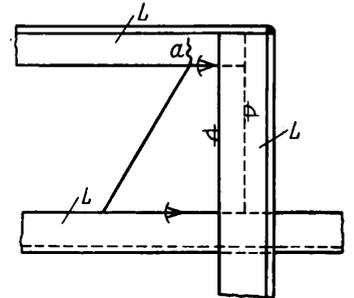


Abb. 20. Einriß des Bodenrahmenwinkels am Ende eines stumpf angeschweißten Knotenbleches.

Die Preise der geschweißten Güterwagen liegen zur Zeit noch über den der genieteten Wagen. Bei einer Wagengattung ist der Mehrpreis sogar sehr erheblich. Auf die Möglichkeit der Preisverbilligung bei der Herstellung durch genaues Studium der Formveränderungen als Folge der Schweißung und durch Anwendung von möglichst drehbaren Vorrichtungen, die diese Formveränderungen von vornherein berücksichtigen, ist bereits hingewiesen worden. Darüber hinaus muß versucht werden, auch möglichst bald zu einer einheitlichen Bauart zu kommen, damit auch von dieser Seite die Kostenfrage im günstigen Sinne beeinflusst werden kann. Eine weitere Verbilligung wird sich erzielen lassen, sobald die Wagen in mehreren Serien gebaut sein werden und hierbei Bauweisen aufgegeben werden, die bereits jetzt gezeigt haben, daß sie sowohl in konstruktiver wie in baulicher Hinsicht unvorteilhaft sind. Es ist dann zu erwarten, daß die geschweißten Wagen billiger, zum mindesten aber nicht teurer werden als die genieteten.

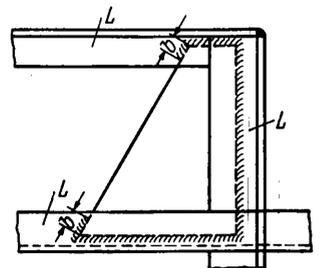


Abb. 21. Mit Kehlnähten angeschlossenes Knotenblech zwecks Erreichung einer Entlastungsnah „b“.

Schweißen im Wageneubau bei Großgüterwagen und Kübelwagen.

Von Reichsbahnrat Wolfgang Bode, Berlin.

Beim Bau von Großgüterwagen wurden zum ersten Male im Jahre 1929 versuchsweise zwei Koks-großgüterwagen geschweißt. Diese beiden Wagen waren einer laufenden Reihe von 100 Stück, die in genieteteter Bauweise in Auftrag gegeben war, entnommen. Man entschloß sich, diese Versuche zu machen, nachdem es zum erstenmal in befriedigender Weise geglückt war, den für die Großgüterwagen damals verwendeten Si-Stahl einwandfrei zu schweißen. Bei der Schweißung dieser beiden Wagen wurde, soweit es infolge der schon weit vorgeschrittenen Materialbeschaffung und Anlieferung noch möglich war, die Konstruktion in einzelnen Punkten geändert. Bei dieser, sozusagen behelfsmäßigen Umstellung einer genieteteten Bauweise auf die geschweißte wurden bereits 1300 kg am Wagengewicht gespart. Um Anhaltspunkte über die Festigkeit besonders hochbeanspruchter Teile zu erhalten, wurde bei den beiden geschweißten Versuchswagen die Hälfte der Achshalter angenietet, die andere angeschweißt. Die Wagen sind inzwischen über fünf Jahre lang im Schwerkverkehr gelaufen, Anstände haben sich keine ergeben.

Durch diesen ersten Versuch ermutigt ging man bald daran, ganz geschweißte Großgüterwagen, die von vornherein

Entwicklung der Großgüterwagen gesteckte Ziel eines Wagens unter 20 t Eigengewicht zu erreichen, um einen Nutzinhalt von 60 t befördern zu können. Das Gesamtgewicht beträgt 80 t und der Achsdruck bei vier Achsen 20 t. Bei einer Länge des Wagens von 10 m ergibt sich ein Metergewicht von 8 t.

Kurz nachdem die geschweißten Versuchswagen gebaut waren, entwickelte das Reichsbahnzentralamt zusammen mit zwei Wagenbauunternehmen infolge eines neu entstandenen Verkehrsbedürfnisses Kübelwagen (Abb. 2) zur Beförderung von Kohle vom Ruhrgebiet nach einem Nordseehafen. Diese Kübelwagen sind insofern bemerkenswert, als sie von vornherein in ganzgeschweißter Konstruktion entwickelt wurden und keinen Vorläufer in genieteteter Bauweise haben, wenn man von den bei den Zechen schon vor Jahren hergestellten Kübelwagen absieht. Es wurden zunächst fünf Versuchswagen gebaut, je zweimal zwei zweiachsige und ein vierachsiger Wagen mit verschiedenen Kübelausführungsformen. Anschließend wurden den beiden Firmen, die an der Entwicklung maßgebend beteiligt waren, je 100 Stück in Auftrag gegeben, so daß heute für diesen Sonderverkehr über 200 Kübelwagen zur Verfügung stehen.



Abb. 1. Ganz geschweißter Großgüterwagen für Kohle.

schweißgerecht durchgebildet waren, in vier Versuchsstücken herzustellen. Diese vier Wagen, im Jahre 1932 gebaut (Abb. 1), wurden eingehenden Auflauf- und Fahrversuchen unterworfen, und bewiesen hierbei in vollem Maße die Güte ihrer Konstruktion hinsichtlich Festigkeit und Haltbarkeit. Bei einem Gewicht von 19300 kg zeigten sie beim Auflaufversuch in vollbeladenem Zustand bei 14 km/h nicht die geringsten Verbiegungen oder Risse in den Nähten. Die Wagen wurden damals der Versuchsanstalt Wittenberge zur Durchleuchtung zugeleitet, die ebenfalls keine Anstände der Schweißkonstruktion erbrachte. Nachdem diese vier Wagen im Betrieb in den Verkehren Oberschlesien—Berlin und Ruhrgebiet—Berlin täglich teilweise 500 km, d. h. im Jahre durchschnittlich 135000 km, zurückgelegt haben, wurden im Jahre 1934 45 Großgüterwagen in ganzgeschweißter Bauart in Auftrag gegeben, die seit einem Jahr im Betrieb sind. Hiervon sind 40 Stück Kohlenwagen und 5 Stück Koks-wagen mit Klappdeckeln. Diese Wagen erhalten zum erstenmal Hohlachsen, welche eine Gewichtersparnis für den Wagen von rund 1,1 t zusätzlich bringen, so daß der Kohlenwagen ungefähr 18,4 t gegenüber 21,2 t beim genieteteten Wagen mit Vollachsen und der Koks-wagen 21,6 t mit Klappdeckeln und Hohlachsen gegenüber 24,0 t beim genieteteten Wagen mit Vollachsen wiegt. Es wurden also bei dem Kohlenwagen $2,8 - 1,1 = 1,7$ t und beim Koks-wagen $2,4 - 1,1 = 1,3$ t durch Schweißung gespart. Durch die geschweißte Bauart ist es möglich geworden, das bei der

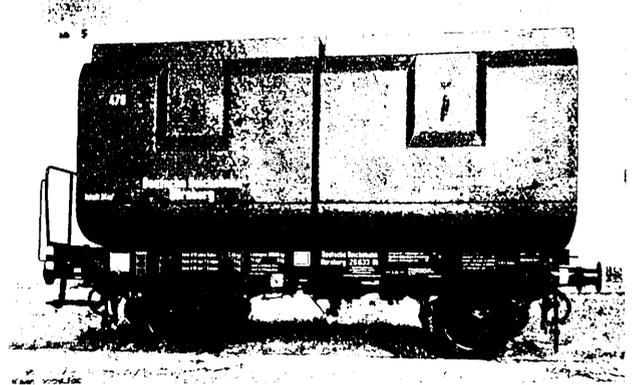


Abb. 2. Ganz geschweißter Kübelwagen für Koks.

Bei den Großgüter- und Kübelwagen sind die Ersparnisse durch Einführung der Schweißung nicht so hoch wie bei den Personen- und D-Zugwagen. Das hat folgenden Grund: Der Großraumwagen als Wagen, an dem außer Stahl keine anderen Baustoffe vorkommen, wurde in den Jahren seiner Entwicklung — und neuerdings der Kübelwagen — unter Anwendung aller Mittel bereits so leicht als möglich durchkonstruiert; er wurde sogar so leicht gebaut, daß eine nachträgliche Versteifung einzelner Teile notwendig wurde. Die Wagen sind von Anfang an aus Si-Stahl bzw. St. 52, der sich bekanntlich aus dem Si-Stahl entwickelt hat, gebaut worden.

Wie überall im Fahrzeugbau hat sich auch bei den Großgüterwagen der Übergang vom Nieten auf das Schweißen allmählich vollzogen. Man lernte die Konstruktion den Forderungen der Schweißtechnik anzupassen, so daß eine einwandfreie Herstellung in der Werkstatt möglich wurde, die gutes Verlegen der Nähte, Zusammenbau der im einzelnen vorher hergestellten Teile, die dabei auftretenden Spannungen, sowie die Möglichkeit einer späteren Ausbesserung berücksichtigte.

Die genietetete Konstruktion setzt sich bekanntlich aus Walzprofilen, für die schwierigen Konstruktionselemente aus Stahlgußstücken und, soweit es möglich ist, aus gepreßten Blechen zusammen. Bei der Schweißkonstruktion dagegen werden Stahlgußstücke fast überhaupt nicht mehr verwendet, dafür wird aber um so mehr Gebrauch gemacht von der Zu-

sammenschweißung von Blechen und gepreßten Teilen zu Kasten und Hohlkörpern großer Steifigkeit.

Daraus ergibt sich gleichzeitig Gewichtsparsnis und Erhöhung der Festigkeit. Im allgemeinen ist damit auch eine längere Haltbarkeit verbunden, da der Verschleiß der Fahrzeuge mindestens im Leerlauf infolge ihres geringeren Gewichts und der damit zwangsläufig kleineren Kräfte geringer sein muß.

Was die Großgüter- und Kübelwagen betrifft, bei denen bekanntlich besondere Anforderungen an ein geringes Eigengewicht bei großer Tragfähigkeit bestehen, so hat sich als vorteilhaftes Mittel zur Erhöhung der Festigkeit bei gleichzeitiger Gewichtsparsnis die Verwendung von Hohlkörpern herausgestellt. Nach seinen Abmessungen kann man den Hohlkörper entweder als Hohlprofil oder als Hohlträger bezeichnen. Hohlprofile entstehen in einfachster Weise durch entsprechendes Zusammenschweißen von kleineren Winkeleisen, von Blechen mit umgebördelten Kanten usw. und vermeiden die sonst beim Nieten üblichen Profileisen und Laschen. Man kann sie auch als Versteifungsrippen in Hohl- oder Röhrenform bezeichnen. Sie dienen in erster Linie der Versteifung und weniger zur unmittelbaren Aufnahme von Kräften. Ihre Verwendung ist außerordentlich zweckmäßig und erhöht die Eigenfestigkeit bei geringstem Gewicht in billigster Weise. Unter Hohlträgern seien dagegen alle Hohlkörper größerer Abmessung verstanden, die als tragendes Element der Konstruktion Verwendung finden und vorzugsweise kastenförmigen Querschnitt haben. Sie bestehen aus gepreßten oder abgekanteten Blechen und besitzen oftmals entsprechend der Größe ihres Querschnitts und der beabsichtigten Belastung innere Versteifungsbleche. Ihr Kennzeichen ist ihre Festigkeit auf Biegung und Verdrehung. Da sie in der Herstellung teurer als Hohlprofile sind, wird es von Fall zu Fall zu prüfen sein, ob es nicht wirtschaftlicher ist, statt dessen Walzprofile zu verwenden, besonders wenn die Forderung nach gleichzeitiger Festigkeit auf Biegung und Verdrehung nicht gestellt wird. Die Bedingungen, welche für die Wahl maßgebend sind, kann man folgendermaßen zusammenfassen:

Zu berücksichtigen sind:

- a) die Beanspruchung des Konstruktionsteils und die zulässige Spannung,
- b) der zur Verfügung stehende Raum und die besondere Ausbildung der Teile im Rahmen der Gesamtkonstruktion,
- c) die zu erstrebende Gewichtsparsnis und
- d) der Herstellungspreis und die Möglichkeit einwandfreier Unterhaltung und ihrer Kosten.

Es wird vielfach die Befürchtung geäußert, daß Hohlträger mit der Zeit von innen heraus durchrosten. Da die geschlossene Form keine Untersuchung zulasse, sei hierin eine nicht zu verkennende Gefahrenquelle zu sehen. Ein Hohlträger wird jedoch nur dann von innen heraus rosten können, wenn er nicht vollständig luftdicht abgeschlossen ist, d. h. also, wenn die Schweißnaht nicht ordnungsgemäß ausgeführt oder vorzeitig von außen her durchgerostet ist oder der Träger zur Befestigung neuer Teile angebohrt wird. Wie an dem Langträger eines Kübelwagens, der nach anderthalbjähriger Betriebszeit aufgeschnitten wurde, festgestellt werden konnte, waren die Anrostungen ganz geringfügiger Natur. Nach dem Befund konnten sie lediglich von der seinerzeit bei der Herstellung mit eingeschlossenen Sauerstoffmenge herrühren. Vorwiegend war noch die graue Farbe des reinen Eisens zu erkennen. Zwei weitere Träger, die nach zweieinhalbjähriger Betriebszeit geöffnet wurden, zeigten das gleiche Ergebnis. Wenn auch diese Beispiele nicht ohne weiteres verallgemeinert werden dürfen, so ist doch festzustellen, daß die Frage der Verwendung von Hohlträgern in erster Linie eine Frage der werkstatttechnischen Herstellung ist. Die Sorgfalt, mit der die

Dichtigkeit der Schweißnähte überwacht wird, entscheidet über die Haltbarkeit des Hohlträgers und damit u. U. über die des ganzen Wagens.

Die Verwendung des Schweißens im Fahrzeugbau soll aber nicht nur Gewichtsparsnis und größere Festigkeit, sondern auch eine billigere Fertigung bringen. Verspricht man sich durch das geringere Gewicht des Wagens an sich schon geringere Gesamtkosten, so erwartet man, daß sich durch das Zusammenschweißen vereinfachter Teile gegenüber der genieteten Ausführung die Kosten noch weiter senken lassen. Als Mittel hierzu dienen sogenannte Schweißvorrichtungen. Sie haben nicht allein den Zweck, eine Massenanfertigung genau gleicher Teile zu erreichen, sondern auch das Zusammensetzen der einzelnen Bauteile zu erleichtern. Die Vorrichtungen sind nicht erst mit dem Aufkommen der Schweißung entstanden, sondern schon von der Nietbauweise her bekannt, wo sie z. B. als Bohr- oder als Zusammenbauvorrichtungen Verwendung fanden und verdanken ihre Entstehung letzten Endes der Forderung nach billiger Massenherstellung genau gleicher Teile. Die jetzigen Schweißvorrichtungen dienen jedoch noch anderen Aufgaben. Sie ermöglichen einerseits das Zusammenfügen einzelner Teile, da beim Schweißen ein vorheriges Heften durch Schrauben nicht mehr durchführbar ist und verhindern durch das Einspannen der einzelnen Bauteile, daß sich die beim Schweißen auftretenden Spannungen auswirken können. Andererseits erlauben sie das Werkstück so zu drehen und zu wenden, daß die Schweißnähte waagrecht gezogen werden können und Überkopfschweißungen vermieden werden!

Die gegenüber früher größere Zahl der Vorrichtungen wirkt zweifellos bis zu einem gewissen Grade verteuern auf die Fertigung. Auch soll nicht unerwähnt bleiben, daß die beim Schweißen auftretenden Schrumpfungen die Herstellung von Versuchsstücken erforderlich machen, um die Größe der Schrumpfungen zu bestimmen, und daß bei manchen geschweißten Werkstücken — jedoch in vereinzelt Fällen — Kosten für das nachträgliche Richten von Hand aufgewendet werden müssen. Trotz aller dieser Nebenarbeiten ist der Arbeitsvorteil mit den Schweißvorrichtungen aber doch so groß, daß im Endergebnis bei Reihenherstellung mit einer Verbilligung zu rechnen ist.

Wie sich der Übergang von der genieteten Bauweise auf die geschweißte beim Großgüterwagen vollzogen hat, kann man am besten bei Gegenüberstellung der früheren und der heutigen Ausführung sehen. Die großen Vorteile, die die Schweißung in der Verbindung von einzelnen Konstruktionselementen bietet, sind besonders an Teilen des Untergestells, des Langträgers und der Achshalter und am Kastenaufbau zu erkennen. An einzelnen Beispielen wird verdeutlicht, wie die Verbindung der Walzprofile in geschweißter Ausführung sich gegenüber der genieteten Bauweise vereinfacht hat. Abb. 3 zeigt das Untergestell des genieteten Wagens. Man sieht die große Zahl von Nietköpfen, die besonders unschön und unruhig wirken, wenn eine Häufung der Konstruktionsteile wie beim Ausgleichhebellager auftritt. Zu beachten sind auch die Achshalterbleche, die als Preßbleche mit hochgebördeltem Rand ausgebildet sind und um die Unterkante des Langträgers herum abgekröpft sind. Zum Gegenhalten von der anderen Seite des Langträgers her dient ein gepreßtes Blech, dessen Nietreihe im Bereich des Rades versenkt ausgebildet werden mußte. Demgegenüber zeigt Abb. 4 die Untergestellecke mit Achshalter und Ausgleichhebellager in geschweißter Ausführung und läßt den einfachen glatten Anschluß der vorher aus Stahlguß hergestellten, jetzt aus St. 52 gepreßten Teile am Langträger erkennen. Die Federböcke sind als Hohlträger ausgebildet, die einen geschlossenen Kasten darstellen, bei dem drei Seiten aus einem gepreßten Blech gebildet werden und dessen vierte Seite durch ein eingeschweißtes Blech geschlossen ist. Zur inneren Ver-

steifung sind besondere Rippen eingesetzt, die durch das Schlußblech hindurchgezogen sind. Dieser Federbock wurde besonderen Belastungsversuchen unterworfen, bei denen er das Doppelte der zulässigen Belastung aushielt, ohne in die bleibende Verformung überzugehen. Die Federböcke umgreifen den Steg und den unteren Flansch des Langträgers. So ergeben

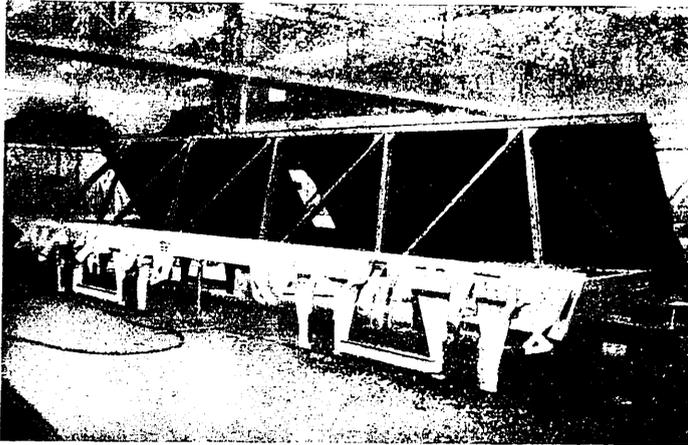


Abb. 3. Untergestell eines genieteten Großgüterwagens.

sich genügend lange Nähte zur Aufnahme der quer zur Fahrzeuglängsachse auftretenden Kräfte, während die Nähte durch das Umgreifen des Langträgers durch den Federbock gegen die in Fahrzeuglängsrichtung wirkenden Kräfte wirksam entlastet sind.

Die Verbindung der Achshalter mit dem Langträger ist besonders bemerkenswert (Abb. 5). Durch den unteren waagerechten Schenkel des Langträgers ist das Achshalterblech durch einen Schlitz hindurchgeführt und ungefähr auf halber Höhe mit dem senkrechten Steg des Langträgers verschweißt. Zur Versteifung sind je drei V-förmig ausgebildete Hohlrippen

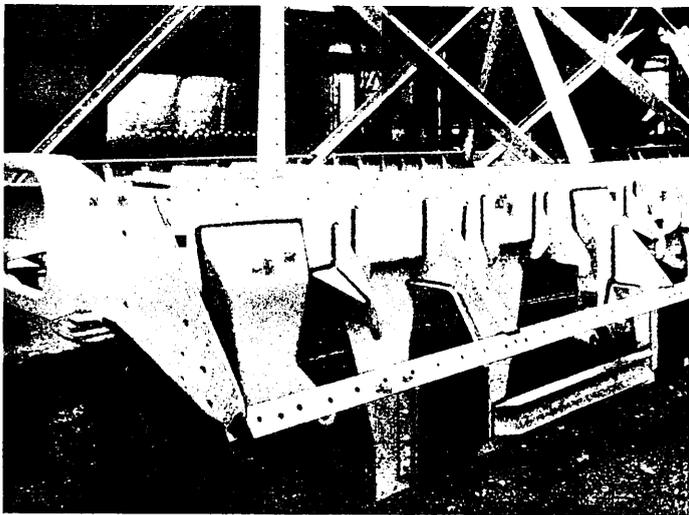


Abb. 4. Untergestell eines geschweißten Großgüterwagens.

von der Innenseite des Langträgers aus dagegen geschweißt, die durch ihre V-Form auf günstigste Weise die erforderlichen Querschnittvergrößerungen an der beanspruchten, räumlich sehr beengten Stelle ergeben. In ihrer Form passen sie sich am unteren Teil dem Seitenspiel des Radsatzes an. Die am Achshalter angreifenden Kräfte beim Querverschieben der Achse beanspruchen die Befestigung des Achshalters am Langträger auf Biegung, die sich am oberen Ende der Versteifungsrippen als Zug auswirkt. Durch die V-Form der Hohlrippen wird hierbei erreicht, daß am oberen Ende eine ununterbrochene Naht entsteht, die der Beanspruchung gewachsen

ist, während an der gleichen Stelle bei einer einfachen Rippe die Naht mit einem Endkrater endigen würde.

Die Herstellung des Wagenuntergestells erfolgt in der Weise, daß die Langträger und die Kopfträger mit anschließendem Diagonalkreuz zur Aufnahme der Zugvorrichtung in je einer Vorrichtung hergestellt werden (Abb. 6).

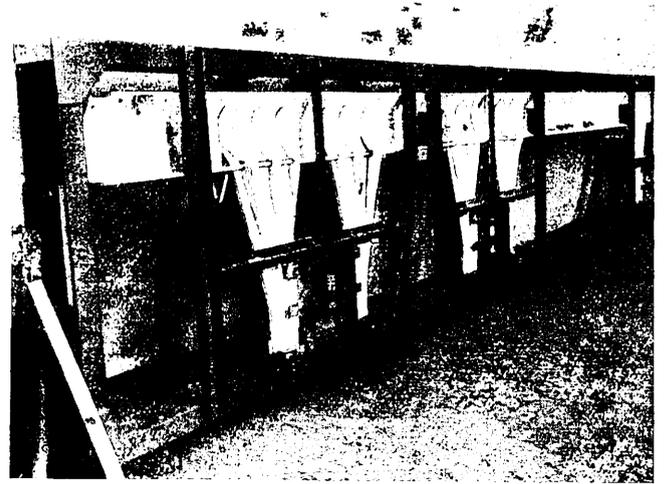


Abb. 5. Langträger des Großgüterwagens in der Schweißvorrichtung.

Sämtliche Vorrichtungen sind drehbar gelagert. In einer weiteren Vorrichtung werden diese Teile dann zum Untergestell zusammengesetzt und nach Einfügen der Querträger miteinander verschweißt (Abb. 7). Beim Schweißen dieser Teile treten größere Verwerfungen nicht auf. Es sind daher nur geringe Nacharbeiten vor dem Zusammenbau zum Untergestell erforderlich. Beim Diagonalkreuz z. B. werfen sich beim Schweißen die überstehenden Lappen des Kopfträgers und müssen nachträglich gerichtet werden. Durch das Anschweißen der Achshalter, Federbrücke usw. an den Langträger zieht sich der Träger stark zusammen. Im vorliegenden Fall beträgt das Maß, das bekanntlich von der Zahl der senkrechten Schweißnähte abhängig ist, 17 mm. Dieser Verkürzung trägt die Vorrichtung Rechnung.

Auf dem Rahmen baut sich der Fachwerkträger auf, der die sogenannten Sattelbleche trägt. Der ganze Dreieckverband des Untergestells, der aus den Langträgern einschließlich dem Fachwerk des Sattels besteht, ist so entworfen, daß er einen in sich tragenden Brückenträger bildet und gleichsam das Rückgrat des Großgüterwagens darstellt. Die auf dem Bild (Abb. 4) erscheinenden Bohrlöcher sind die Befestigungslöcher für die Sattelbleche, welche bis heute noch angenietet werden, um sie bei Verschleiß leichter abnehmen zu können. Man sieht auf Abb. 8 das Zusammenlaufen der Diagonal- und Querverbindungen des Rahmens am Langträger, während gleichzeitig

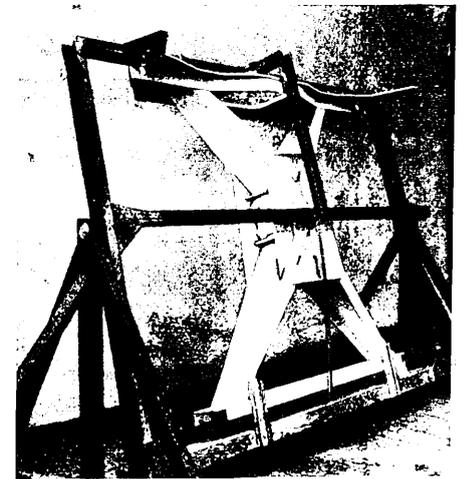


Abb. 6. Kopfträger des Großgüterwagens mit anschließendem Diagonalkreuz zur Aufnahme der Zug- und Stoßkräfte in der Schweißvorrichtung.

von oben die U-Eisen der Tragkonstruktion des Sattels kommen. Man kann gut erkennen, in welcher leichter gefälliger Form die einzelnen Teile miteinander verbunden sind. Die den Sattel bildenden U-Eisen sind ausgeklinkt und mit einer sehr langen Schweißnaht mit dem oberen umgebogenen Flansch des Langträgers innig verbunden. Besonders zu

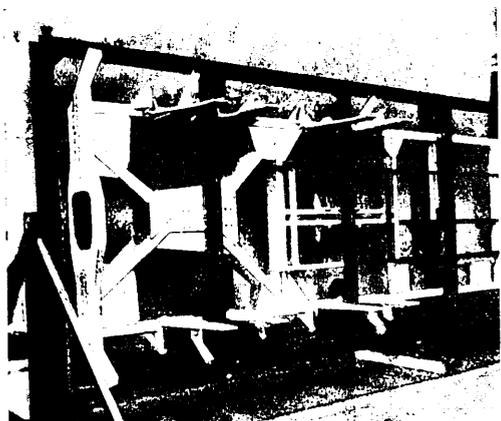


Abb. 7. Untergestell des Großgüterwagens in der Schweißvorrichtung.

beachten ist auch die Versteifung des U-Eisens, das die Diagonalverstrebung des Rahmens bildet. Ein mit zwei Aussparungen versehenes Stehblech ist parallel zum U-Eisensteg in geringem Abstand von der Kante seiner Schenkel eingesetzt und überbrückt hierbei gleichzeitig die durch die eingeschweißten Knotenbleche am Ende der Schweißnähte durch den Einbrand geschwächten Stellen. Eine so einfache und wirksame Versteifung ist bei geringen Platzverhältnissen nur durch Schweißung möglich. Ebenso sinnfälliger ist die Verbindung des Firstwinkels mit den Streben ausgeführt. Auf dem Untergestell baut sich der Kasten auf, der aus den Stirnwänden, Seitenwänden und den Klappen besteht.

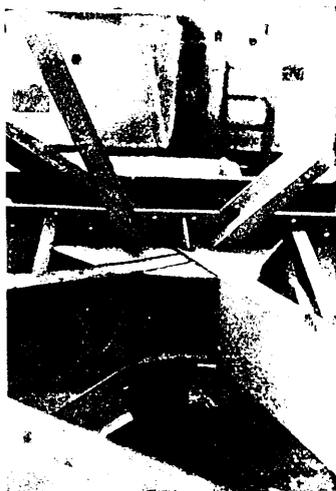


Abb. 8. Knotenpunkt am Ausgleichhebellager beim Großgüterwagen.

Die Ausbildung der Stirnwand in geschweißter Bauweise ist ein gutes Beispiel dafür, wie durch Verwendung gepreßter Blechteile sowohl die Form vereinfacht und das Gewicht erleichtert als auch die Festigkeit erhöht werden können (Abb. 9). Das mittlere Saumeisen bestand bei genieteter Bauweise aus einem nach unten umgebogenen U-Eisen. Dadurch bildete sich zwischen Stirnwand und dem an der Stirnwand liegenden Schenkel des U-Eisens eine nach oben offene Rinne, in der Schmutz und Regen sich festsetzen und zu Rostbildungen Anlaß gaben. In der geschweißten Bauweise ist der an der Blechwand anliegende Schenkel des U-Eisens weggelassen und das nunmehr gepreßte Winkelstück stumpf dagegen geschweißt. Der eine Schenkel des U-Eisens ist also zur Versteifung gar nicht notwendig (Abb. 10).

Die Stirnwand besteht aus zwei Hälften, die in einer senkrechten Verbindungsnaht zusammengefügt sind. Früher wurde das innere schräge Versteifungsblech für die obere Stirnwandhälfte mit zwei Winkeln gegen die beiden Hälften

der Stirnwand geschweißt, die damit zusammengehalten wurden; gleichzeitig mußte man von außen auch noch einen Dichtungstreifen auflegen. Jetzt wird dieses Versteifungsblech für die obere Stirnwandhälfte auf dem Sattel abgestützt, durch die beiden Hälften hindurchgezogen, so daß es wenige Millimeter darüber hinaus nach außen hervorsteht, und die beiden

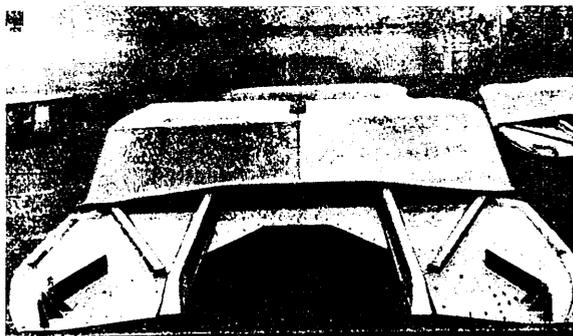


Abb. 9. Stirnwand des geschweißten Großgüterwagens.

Hälften werden stumpf dagegen geschweißt. In seinem unteren Ende ist das Versteifungsblech etwas weiter hinausgezogen und auf der mittleren Längsversteifung aufgeschweißt.

Diese Ausführungsform ist außerordentlich einfach und fest. Bei der Herstellung der Stirnwand in der Vorrichtung muß das mittlere Saumeisen um ungefähr 20 mm vorgespannt werden, um die Schrumpfspannungen auszugleichen. Auf die anderen Versteifungen der Stirnwand durch aufgesetzte Hohlprofile an Stelle von U-Eisen und Winkeleisen ist nur hinzuweisen.

Das vorhin erwähnte obere Versteifungsblech der Stirnwand, welches sich auf den Sattel abstützt, war bei der genieteten Bauweise sehr weit nach innen vorgezogen. Nunmehr bildet an Stelle des Bleches ein in sich steifer Hohlkörper — ein geschlossenes Rohr — die Absteifung der oberen Stirnwandkante mit dem Sattel. Die Verbindung zwischen dem Rohr

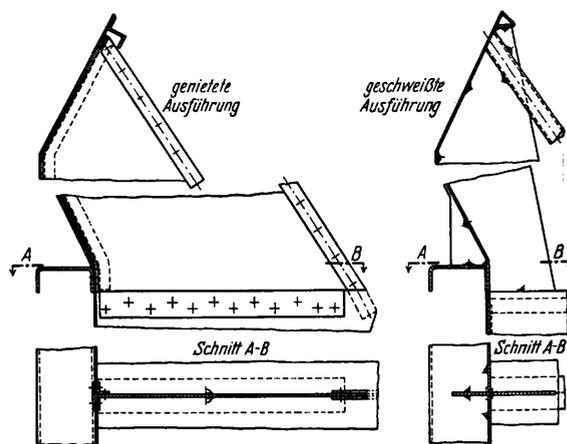


Abb. 10. Stirnwandversteifung in genieteter und geschweißter Ausführung.

und dem Satteltgurt wäre in genieteter Bauweise sehr schwierig und würde ein kompliziertes Schmiedestück erfordern.

Die Seitenwand besteht aus vier Blechtafeln, die ebenfalls in einer drehbar gelagerten Vorrichtung zusammengefaßt werden (Abb. 11). Die Bleche haben eine Stärke von 4 mm und weisen sehr große Abmessungen auf. Zunächst werden jeweils die oberen und unteren Bleche überlappt geschweißt. Sodann werden sie mit dem mittleren Saumeisen des Kastenaufbaus, einem U-Eisen verbunden. Dieses U-Eisen muß wegen seiner Länge und einseitigen Erwärmung eine Vorspannung von 40 mm erhalten, damit es nach dem Schweißen

gerade ist. Alsdann werden noch die inneren Versteifungsrippen, Saumeisen und Fußtritte eingeschweißt. Anfänglich traten im Bereich des Quersattels und des oberen Fußtritts starke Einbeulungen der Seitenwände auf, da sich beim Schweißen die Teile stark zusammenziehen. Das konnte vermieden werden, indem man die Quersattelverbindung etwas

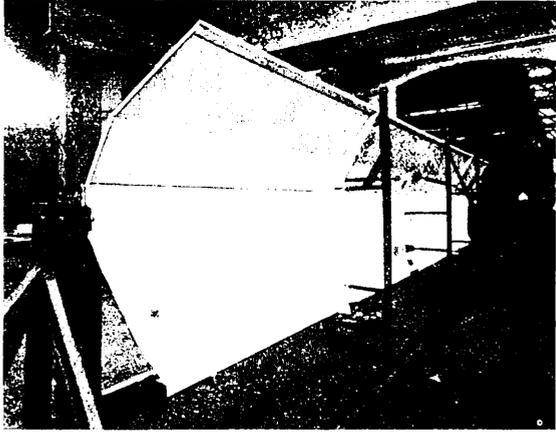


Abb. 11. Seitenwand in der Schweißvorrichtung.

länger machte und die Fußtritte erst nach Vollendung des Kastenaufbaus einsetzte.

Die obere Randversteifung des Kastenaufbaus ist wieder eine Hohlversteifung, ebenso wie die Eckverbindung zwischen Seitenwand und Stirnwand. Die Ausbildung der Stelle, wo Eckversteifung und Rändversteifung zusammentreffen, war in genietetem Bauweise besonders schwierig, während sie in geschweißter Ausführung auf das einfachste gelöst werden kann (Abb. 12).

In genieteter Bauweise treffen viele Winkeleisen aufeinander, deren Schenkel im Verbindungspunkt teils abgeschnitten, teils abgekröpft werden müssen. Ein gemeinsames Deckblech, welches oben darauf gelegt wird, ergibt die Diagonalversteifung der Ecke. Viele Niete, Häufung von Material sind das Kennzeichen der alten Bauweise. In geschweißter Ausführung erkennt man die zur Randversteifung des Kastens dienenden hohlförmig gepreßten Randleisten, die mit der von unten herauf kommenden Hohlversteifung stumpf aufeinanderstoßen und miteinander ohne weitere Bleche verschweißt werden. Die Hohlecke des Kastens ist nach einem der Firma Orenstein und Koppel erteilten Patent ausgeführt. Sie kommt

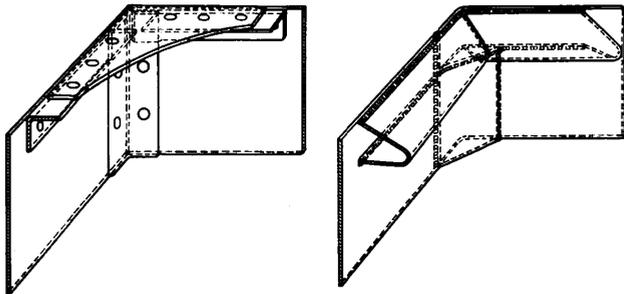


Abb. 12. Obere Eckverbindung des Kastenaufbaus in genieteter und geschweißter Ausführung.

dadurch zustande, daß die beiden in der Ecke zusammenstoßenden Bleche unter gleichzeitiger Bildung eines Hohlraums übereinander geschweißt sind.

Als weiteres Beispiel für die Gewichterleichterung durch Schweißkonstruktion bei gleichzeitiger Erhöhung der Festigkeit ist die Versteifung der Klappe zu nennen (Abb. 13). Die innere Klappenversteifung bestand früher zunächst in mehreren aufgenieteten Winkeleisen, sodann, weil diese auf die Dauer

keine genügende Steifigkeit der Klappe ergaben, in U-Eisen und schließlich beim Übergang zur geschweißten Bauart in aufgeschweißten gepreßten Kappenversteifungen. Es sei vorausgeschickt, daß die Festigkeit der Klappe durch die letztgenannte Versteifung so groß ist, daß die Schwierigkeiten mit der Dichtung am Großgüterwagen für Feinkohle

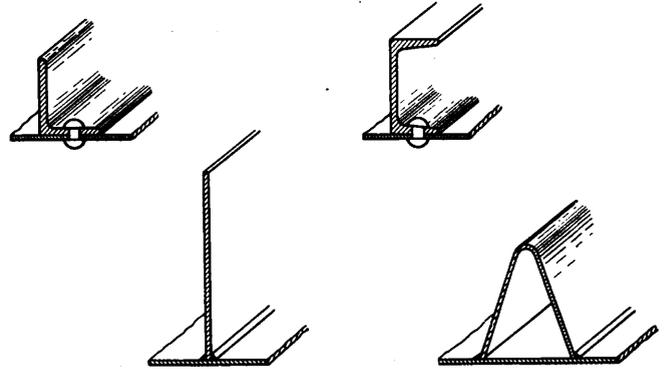


Abb. 13. Verschiedene Klappenversteifungen genietet und geschweißt.

behoben sind, während man gezwungen war, bei den früheren Versteifungen in genieteter Ausführung besondere Dichtungseisen aus Gummischläuchen einzubauen. Das Gewicht ergibt folgendes Bild:

Eine einzelne Versteifungsrippe in T-Eisen wiegt . . .	15,5 kg
in U-Eisen	19 kg
in gepreßter Form	10,7 kg:
jedes Stück einschließlich dem daran befindlichen Gelenkkopf gerechnet. Die genietete Versteifung der ganzen Klappe bestand aus	
Zwei U-Eisen	= 38 kg und
Zwei L-Eisen	= 31 kg
zusammen	69 kg

bei vier Versteifungsrippen. Heute besitzt die Klappe fünf Versteifungen in gepreßter Form von zusammen 53,5 kg.

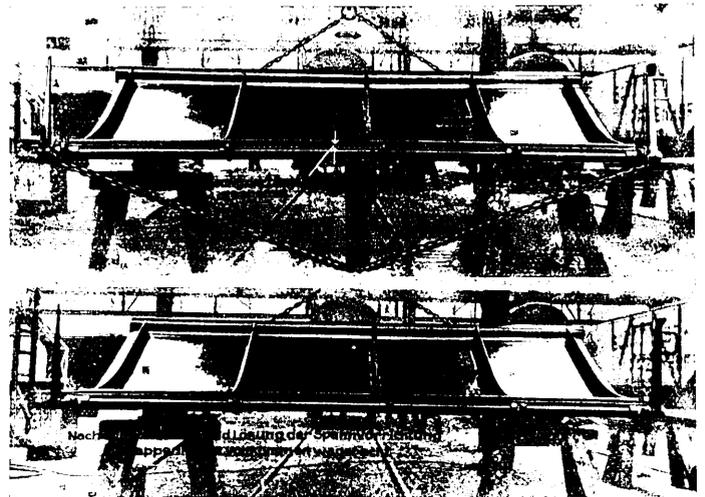


Abb. 14. Herstellung der geschweißten Klappe.

Es ergibt sich also ein Mindergewicht von 15,5 kg für eine Klappe bei gleichzeitiger Erhöhung der Stückzahl der Rippen von vier auf fünf. Zum Anschweißen des Saumeisens zur unteren Klappenversteifung muß die Klappe vorgespannt werden, ebenso wie auch die Seitenwände zum Anschweißen des U-Eisens, das die mittlere Versteifung des Kastenaufbaus bildet, Vorspannung erhalten müssen, damit nach dem Zusammenziehen durch die Schweißspannungen die Werkstücke

gerade sind. Wie dieses Vorspannen in einfacher Weise mit einer Kette, die durch eine Winde angespannt wird, auszuführen ist, zeigt Abb. 14.

Die vier geschweißten Versuchswagen haben nunmehr eine dreieinhalbjährige Betriebszeit hinter sich. Als sie unlängst zur Untersuchung kamen, wurden alle Schweißnähte gründlich überprüft. Bis auf einen einzigen Schaden, der bei allen Wagen gleichmäßig aufgetreten ist, konnten keine Mängel gefunden werden. Im unteren Flansch der Langträger zeigten sich in der Nähe der Federböcke, dicht neben der Schweißnaht feine Anrisse, die von der Kante ausgingen. Die Anbruchstellen befanden sich sowohl neben den inneren als auch äußeren Federböcken, aber jeweils auf der dem Radsatz abgewandten Seite. Es handelt sich um reine Dauerbrüche. Die Ursache hierfür besteht in erster Linie in der gegenüber früher wesentlich höheren Steifigkeit des Untergestells. Die von der Achse hervorgerufenen quer zur Fahrtrichtung am Achshalter angreifenden Kräfte beanspruchen den Langträger auf Verdrehung, indem sie den Achshalter als Hebelarm benutzen. Da der Langträger gegenüber der Nietbauweise im Bereich der aufgeschweißten Federböcke, Federfangbleche und Sattelstreben viel verwindungssteifer ist, werden die Kräfte bis zu einer Stelle im Langträger weitergeleitet, die nachgiebiger ist. Beim Übergang von der steiferen zur weniger steifen Zone muß dann der Anriß auftreten. Hierzu kommt ferner die Verringerung der Festigkeit durch die benachbarte Schweißnaht, deren Einbrand den Flansch geschwächt hat.

Zur Wiederherstellung wurden die Risse ausgekreuzt und verschweißt. Um die Auswirkung der beschriebenen Kräfte zu verhindern, wurde außerdem eine dreieckige Blechlasche zur Verbindung des Langträgerflansches mit dem benachbarten Querträger aufgelegt. Dadurch soll der Langträger an der Stelle eine größere Steifigkeit erhalten. Ein anderes Mittel, um das gleiche Ziel zu erreichen, besteht in dem Einziehen von Stegen in der Innenseite des Langträgers an der gefährdeten Stelle. Ob damit die Anrisse in Zukunft vermieden werden, muß man abwarten, weil durchaus die Möglichkeit besteht, daß der Langträger an einer anderen Stelle, die nunmehr die schwächste ist, einreißt.

Wie beim Großgüterwagen, so ist auch beim Kübelwagen ein niedriges Eigengewicht bei gleichzeitig geringer Wagenlänge Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Einsatz für die Reichsbahn. Wegen der niedrigen Tarife des Massengutes — bei Kübelwagen Kohle, Koks und auch Erz — und des meistens nur einseitigen Lastlaufs sind ein möglichst günstiges Verhältnis von Nutzlast zu Totlast und großer Nutzinhalt pro Zugeinheit Vorbedingung. Während beim Großgüterwagen die Wagenumgrenzungslinie voll ausgenutzt werden kann, ist das beim Kübelwagen nicht in gleichem Maße möglich, weil der Wagen in einzelne Kübel aufgeteilt ist, deren Größe sich vorwiegend nach der Tragfähigkeit der Krananlagen richten muß.

Es war also besonders beim Kübelwagen wichtig, ein möglichst geringes Eigengewicht zu erzielen. Und das konnte am günstigsten durch restlose Anwendung der Schweißung erreicht werden.

Auch die Kübelwagen wurden, bevor sie in größerer Zahl hergestellt wurden, in Versuchsausführung beschafft und eingehenden Auflaufversuchen unterworfen. Trotzdem hierbei die Wagen mit 18 km/h Geschwindigkeit auf ein feststehendes Hindernis aufliefen, waren weder an ihnen noch an den Kübeln Beschädigungen irgendwelcher Art festzustellen. Die nur lose aufgesetzten Kübel kippten beim Auflaufstoß in die Laufrichtung hoch, konnten jedoch nicht umkippen, da sie sich infolge des geringen Abstandes von 70 mm gegenseitig stützen, wie die schräg gestellten Steine einer Beet-

einfassung. Nach dem Stoß fielen die Kübel in die Führungen und Kübelsitze zurück.

Abb. 2 zeigt den Wagen in der Gesamtansicht mit zwei Kokskübeln. Die beiden Kübel wiegen je 2,7 t bei einem Nutzinhalt von 24 cbm. Das Eigengewicht des Untergestells ohne Kübel beträgt 7,5 t. Der Wagen mit Kübel wiegt also 12,9 t. Wenn die Achsbelastung von 20 t ausgenutzt wird, ist der Wagen in der Lage, eine Nutzlast von rund 27 t zu befördern. Auf dem Untergestell können gleichzeitig an Stelle der zwei Kokskübel drei Kohlenkübel aufgestellt werden. Ihr Gewicht beträgt 1,73 t bei einem Inhalt von 12 cbm, so daß die drei Kübel zusammen 5,2 t wiegen. Auch in diesem Falle ist wiederum eine Nutzlast von etwa 27 t zu befördern.

Das Untergestell besteht aus zwei seitlichen Langträgern und zwei Kopfrägern, die als Hohlträger ausgebildet sind, und aus zwei mittleren Langträgern, die aus U-Eisen bestehen. Abb. 15 zeigt den Langträger in der Werkstatt mit den angeschweißten Kübelführungen und den angeschweißten Achshaltern. Die Kübelführungen sind ebenfalls Hohlkörper; die Achshalter bestehen aus Preßblechen mit umgebördeltem Rand, in deren Hohlseite hinein ein zweites Preßblech zur Versteifung gegen die Innenseite des Langträgers eingeschweißt ist. Der Langträger selbst ist in einer Länge von etwa 6,5 m in einem Stück U-förmig gepreßt. Der obere Flansch verläuft

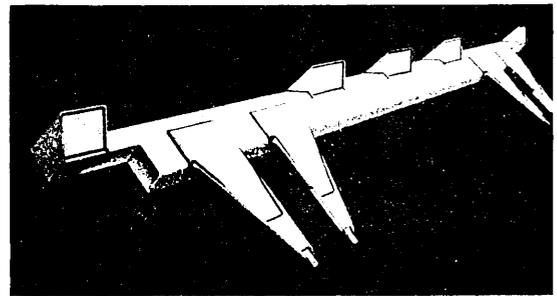


Abb. 15. Langträger des Kübelwagens.

nicht waagrecht, sondern schräg unter 45° , um den Schließdruck für die Kübel zu erzielen, die offene Seite des U-Profils ist durch ein Blech geschlossen. Im Innern des Trägers befinden sich eingeschweißte Stege, die mit der äußeren Seitenwand durch Lochschweißung verschweißt sind.

Es machte anfangs Schwierigkeiten, die Stege so genau an die richtige Stelle zu setzen, daß beim nachträglichen Schließen des Hohlträgers das Schlußblech mit den vorgebohrten Löchern genau auf die Stege traf. Einmal änderte der Träger durch das Einschweißen der Stege seine Länge, zum andern aber waren die Bleche der Stege so dünn, daß sie die Löcher beim Zuschweißen nicht genügend abdeckten. Die Genauigkeit, die verlangt werden mußte, wenn eine gute Schweißung erzielt werden sollte, war also sehr hoch. Andernfalls mußte man in Kauf nehmen, daß ein großer Teil des Schweißmaterials an den Stegen entlang nach innen lief, ehe es gelang, das Loch zu schließen. Hinzu kam ferner noch, daß bei einem solchen Verschweißen der Stege außerhalb ihrer Mittellinie die Festigkeit des Trägers herabgesetzt wird, da nunmehr bei Belastungen des Trägers Biegemomente an den Stegen auftreten, denen die kurzen Schweißstellen der Lochschweißung nicht gewachsen sind. Um daher allen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, wurden auf die Stege schmale Blechstreifen aufgesetzt, die die Lochschweißung aufnahmen. Geringe Abweichungen beim Zusammenschweißen der Träger wurden nun durch die Blechstreifen ausgeglichen und eine einwandfreie Lochschweißung konnte in jedem Fall gewährleistet werden.

Abb. 16 zeigt die Kopfträger in der Werkstatt noch geöffnet in umgekehrter Lage. Man erkennt die Anschlußbleche rechts und links für die äußeren Langträger, die eingebauten Seilösen, ferner die Anschlußbleche für die mittleren Langträger. Das Verschweißen der Verschlussbleche mit den im Innern befindlichen Stegen konnte wiederum nur durch Lochschweißung erfolgen. Es wurde darauf Wert gelegt, die Lochschweißung möglichst wenig anzuwenden, vielmehr die inneren Stege nach außen hindurchzuziehen und Hohlnähte auszubilden, um eine möglichst sichere Verbindung zu erhalten. In allen Fällen ließ sich das jedoch mit Rücksicht auf den Zusammenbau der Hohlträger zum Untergestell nicht erreichen.

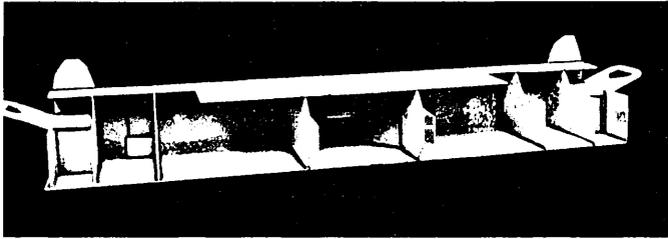


Abb. 16. Kopfträger des Kübelwagens (Rückenlage).

Besonders hinzuweisen ist auf das untere gepreßte Abschlußblech der Kopfträgerecke, welches von der einen der beiden Lieferfirmen in der Weise hergestellt wurde, daß ein vierfach so großes Blech in entsprechender Weise gepreßt und dann in vier Teile geschnitten wurde. Dadurch ließ sich die Herstellung sehr vereinfachen. Langträger und Kopfträger sind so ausgebildet, daß jeder für sich vollständig fertig in den Vorrichtungen hergestellt werden können. Der Zusammenbau erfolgte dann nachträglich mit einer besonderen Vorrichtung. Den fertigen Rahmen erkennt man in Abb. 17. Man sieht hier wiederum die vom Großgüterwagen schon bekannten Federböcke, die aber in diesem Fall aus gleichmäßig gepreßten Hälften zusammengeschweißt sind. Ferner ist der Anschluß der mittleren Langträger an den Kopfträger zu erkennen. Die mittleren Langträger bestehen aus U-Eisen, die zum Kopfträger hin in zwei Winkeleisen aufgespalten sind. Die Blechstärken, die bei dem Untergestell verwendet sind, betragen 5 mm für Federbock und Achshalter, 6 mm für die Langträger. Die Höhe der Langträger beträgt 380 mm. Zur Querversteifung des Fahrzeugrahmens sind noch drei Querträger eingebaut, die aus 5 mm starken Blechen kastenförmig ausgebildet sind und in ihrem oberen Teil Sattelform haben. Der obere Teil ist durch den äußeren Langträger bis außen hindurchgesteckt und mit dem Außenblech verschweißt wie auf Abb. 17 an der untern Bildkante zu erkennen ist.

Das schweißtechnisch interessanteste Stück ist der Kübel selbst. Bei seinem großen Inhalt mußte besondere Aufmerksamkeit auf die Eigensteifigkeit verwendet werden. Abb. 18. Die Kübel sind als Klappkübel gebaut, deren beide Hälften durch kräftige Scharnierbänder gelenkig miteinander verbunden sind. Die von den Traghaken und von den Entleerhaken kommenden Kräfte müssen durch entsprechende Versteifungen so auf die Kübelwände und den Boden übertragen werden, daß keine Verbeulungen der Bleche eintreten können. Über den an jeder Längsseite des Kübels befindlichen Entleerhaken ist deshalb zunächst eine Hohlkörperversteifung angebracht. Der Haken ist mit der Versteifung durch die Kübelwand hindurchgeführt und mit der Hohlversteifung ebenso wie mit der Wand selbst verschweißt.

Unterhalb des Hakens befindet sich im Kübelinnern eine V-förmige Versteifung, die mit der hinter dem Entleerhaken liegenden Versteifung verbunden ist, so daß die aus dem Entleerhaken kommenden Kräfte unmittelbar von dieser senkrechten durchgehenden Versteifung aufgenommen werden.

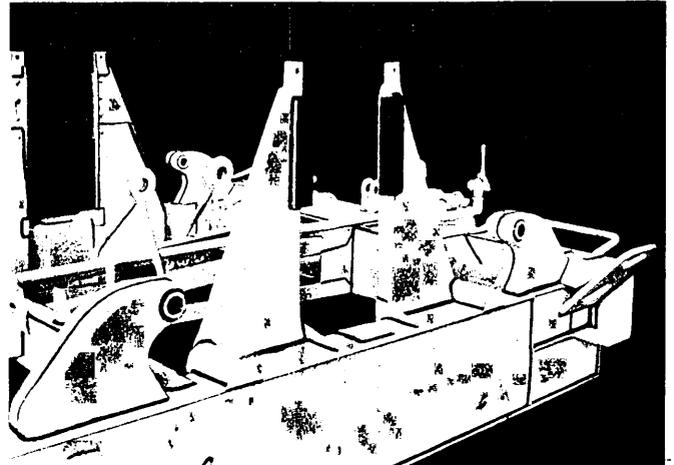


Abb. 17. Kübelwagenuntergestell (Rückenlage).

Die Rundung der Bodenbleche kann als untere Eckversteifung angesehen werden, während die obere Eckversteifung bei dem Kohlenkübel durch den Laufsteg und bei dem Kokskübel durch den Laufsteg und eine besonders vorgesehene V-förmige Hohlversteifung gebildet wird. Die senkrechte Versteifung

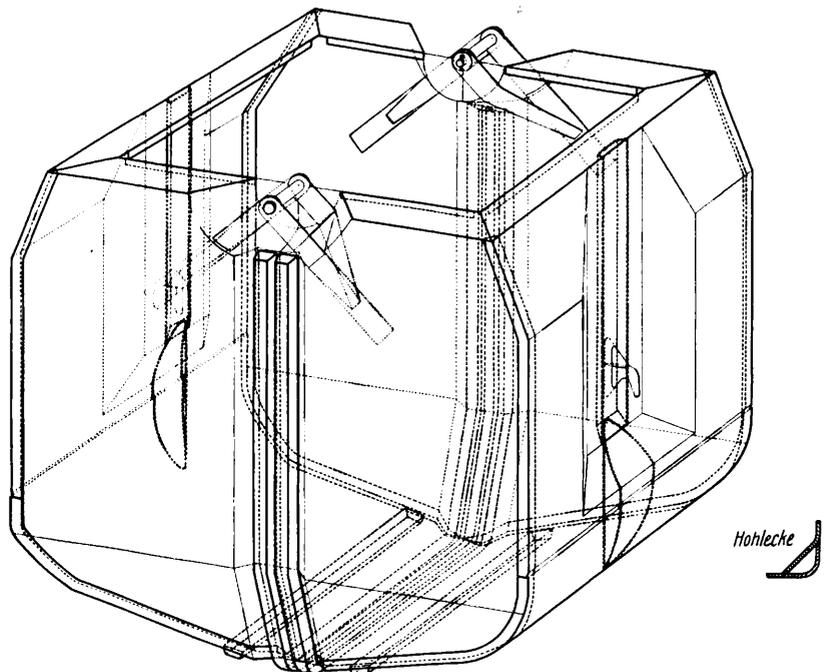


Abb. 18. Schema der Rahmenbildung beim Großbraunkübel.

hinter dem Entleerhaken, die zwischen den vorherbeschriebenen Versteifungen liegt, überträgt somit die aus dem Entleerhaken kommenden Kräfte auf die unteren und oberen Versteifungen. Durch diese werden die Kräfte den Stirnwänden zugeführt und dort von deren Eckversteifungen, die einen dreieckigen Querschnitt haben, übernommen. Die Eckversteifungen sind wiederum mit den oberen und senkrechten mittleren Stirnwandversteifungen verbunden, so daß ein völlig geschlossener Tragrahmen vorhanden ist. Die senkrechten mittleren Versteifungen der Stirnwände jeder Kübelhälfte sind unter dem Kübel durchgezogen, wodurch gleichzeitig

die Randversteifung des Bodens gebildet wird, so daß wiederum an dieser Stelle ein geschlossener Rahmen besteht. In diesen Rahmen sind bei den Kokskübeln dort, wo die größten Kräfte auftreten, also in der halben Höhe der Kübel und in der Mitte des Bodens zur Erzielung eines höheren Widerstandsmomentes Flacheisen angeschweißt.

Abb. 19 zeigt den Kübel beim Herausheben aus der Schweißvorrichtung in der Werkstatt. Die Seiten-, Stirn- und Bodenbleche werden vor dem Zusammensetzen in der Vorrichtung weitgehend hergerichtet, kleinere Teile z. B. Entleerhaken, Aufhängelaschen, Fußtritte eingeschweißt und die Kanten bearbeitet. In der Vorrichtung werden an die Bleche, nachdem sie verschweißt sind, noch die Rand- und Bodenversteifungen und die Kübelfüße angeschweißt.

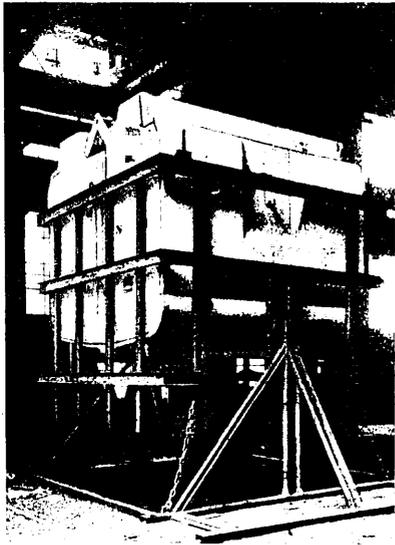


Abb. 19. Kokskübel in der Schweißvorrichtung.

Die Vorrichtung ist im Untergestell drehbar gelagert, damit der Kübel so geschwenkt werden kann, daß Überkopfschweißungen vermieden werden. Das Einpressen der großen Tasche für den Entleerhaken in die Seitenwand machte wegen der Tiefe der Tasche Schwierigkeiten, weil sich das Material nicht genügend ziehen ließ und auf der Seitenwand Falten bildete. Durch die Verbesserung des Preßvorgangs wurden jedoch die Schwierigkeiten behoben. Die Eckversteifung der Kübel wurde von der einen der beiden beteiligten Lieferfirmen in der bekannten Hohlform ausgebildet, während die andere Firma die zusammenstoßenden Bleche mit Überlappung verschweißte. Die Verbindungsnaht zwischen Seitenwand und Bodenblech ist von beiden Firmen überlappt ausgeführt worden, wobei das Bodenblech zur Erzielung einer möglichst glatten Kübelaußenseite nach innen eingezogen ist. Ob die Ausbildung der Eckversteifung als Hohlecke oder die überlappte Ausführung den Anforderungen besser entspricht, muß dem Urteil des Betriebes überlassen bleiben. In der Herstellung war die letztere wesentlich einfacher und billiger. Die Umkämpfung der Stirnwand konnte hierbei weggelassen und das Zusammensetzen der Seiten-, Stirn- und Bodenbleche gestaltete sich

wesentlich einfacher. Es sei besonders auf die nicht einfache werkstattechnische Herstellung des Punktes hingewiesen, indem die Verbindungsnahte der drei Bleche zusammenstoßen. Abb. 20 zeigt den fertigen Kübel in halb geöffnetem Zustand. Die inneren Versteifungen für den Entleerhaken sind besonders gut erkennbar.

Über die Unterhaltung und die Höhe der Ausbesserungskosten der geschweißten Fahrzeuge in den Werkstätten etwas zu sagen, erscheint z. Z. verfrüht, weil die Kübelwagen bis jetzt erst zwei Jahre alt sind und eine größere Anzahl Großgüterwagen in geschweißter Bauweise erstmalig im vergangenen Jahre fertiggestellt wurde. Es ist jedoch zu hoffen und mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten, daß die Unterhaltungskosten geringer sein werden als bei den genieteten

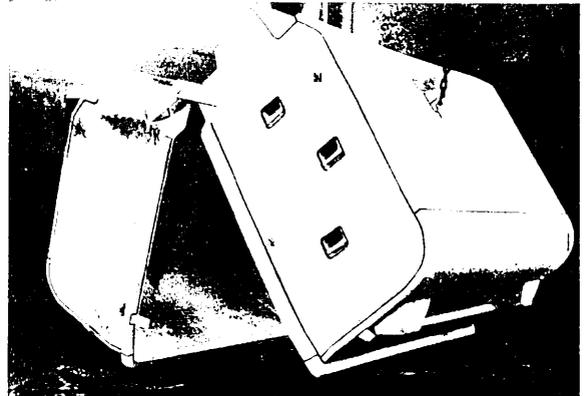


Abb. 20. Kokskübel in Entleerstellung.

Wagen, weil die das Rosten begünstigenden Nietköpfe und Knotenbleche fortfallen. Von großem Einfluß auf die Haltbarkeit der Wagen ist außerdem ihre gegenüber der Nietbauweise größere Steifigkeit und Festigkeit, die sie für Beanspruchungen und Schäden des Betriebes unempfindlicher machen. Dies wurde bereits in zwei Fällen bewiesen, in denen ein Großgüterwagen entgleist, ein anderer mit großer Macht auf ein festes Hindernis beladen aufgelaufen war. Die Schäden waren trotz der Schwere der Unfälle wider Erwarten gering. Wenn vorläufig wohl höhere Kosten für das Herausbrennen beschädigter Teile und das höhere Anforderungen stellende Wiedereinschweißen aufzuwenden sind, so dürften sie doch durch den geringeren Anfall an Ausbesserungen infolge der genannten höheren Widerstandsfähigkeit der Wagen ausgeglichen werden. Es ist also zu hoffen, daß sich die Schweißung nicht nur bei der Herstellung, sondern auch bei der Unterhaltung für den Fahrzeugpark der Reichsbahn insbesondere für die Großgüterwagen und Kübelwagen bewähren wird.

Inhaltsverzeichnis:

	Seite		Seite
Stieler, Wirtschaftliche und praktische Gesichtspunkte bei der Neufertigung und Instandsetzung von Wagen	233	Kreissig, Diskussionsausführungen zu dem Vortrag von Baurat Boden in Wittenberge	248
Maurer, Schweißgerechtes Konstruieren im Fahrzeugbau	237	Schinke, Erfahrungen mit geschweißten Güterwagen der Normalbauart	248
Boden, Schweißen beim Neubau von Personenwagen der Deutschen Reichsbahn	241	Bode, Schweißen im Wageneubau bei Großgüterwagen und Kübelwagen	257

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

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

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

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