

Verminderung der Wärmespannungen in geschweissten Stahlbauten

Autor(en): **Dörnen, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2810>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

III b 7

Verminderung der Wärmespannungen in geschweißten Stahlbauten.

La réduction des contraintes thermiques dans les constructions
métalliques soudées.

The Reduction of Thermal Stresses in Welded Steelwork.

Dr. Ing. A. Dörnen,
Dortmund-Derne.

Die *Wärmespannungen* in geschweißten Stahlbauten setzen sich zusammen aus *Walzspannungen*, die in den einzelnen Stäben vom Walzen her vorhanden sind, und *Schweißspannungen*, die durch das Schweißen hinzukommen. Beide überlagern sich. Es ergeben sich hieraus zwei Aufgaben:

1. Die Wärmespannungen in geschweißten Stahlbauten auf das Mindestmaß zu beschränken,
2. festzustellen, ob die in geschweißten Stahlbauten unvermeidlichen Wärmespannungen deren Tragfähigkeit gefährden.

Walzspannungen sind die Folge ungleichmäßiger Abkühlung und auch in der einfachsten Form des Walzstabes, im Rundstahl, vorhanden. Im abgekühlten Stab steht der Kern unter Zug, der Mantel unter entsprechendem Druck. Denn nach dem Walzen kühlt der Stab von außen nach innen ab, der Mantel vor dem Kern. Hierbei folgt der plastische Kern dem voreilenden Schrumpfen des Mantels, ohne daß zunächst Spannungen entstehen. Erstarrt aber der Mantel, so kann er dem weiteren Schrumpfen des warmen Kernes plastisch nicht mehr nachgeben. Er wird infolgedessen unter elastischen Druck gesetzt, dem nach vollständiger Abkühlung elastischer Zug im Kern entspricht. Diese Spannungsverhältnisse kann man durch einen Versuch leicht nachweisen:

Dreht man einen runden Walzstab, 80 mm dick und 1000 mm lang, auf 30 mm \varnothing ab, d. h. befreit man den unter Zug stehenden Kern von dem das Zusammenziehen verhindernden Mantel, so kürzt sich der Kern um 0,15 mm. Das entspricht einer mittleren Walzspannung von rd. 300 kg/cm² in ihm.

Walzspannungen kann man durch Ausglühen mildern, aber nicht beseitigen, weil für das Erkalten nach dem Ausglühen die gleichen Verhältnisse vorliegen wie in dem noch glühenden Stab nach dem Walzen. Je langsamer man aber den glühenden Stab sich abkühlen läßt, um so kleiner sind die in ihm verbleibenden Spannungen. Daß auch wiederholtes Ausglühen einen Stab nicht spannungsfrei machen kann, zeigt folgender Versuch:

Ein Rundwalzstab, 70 mm stark und 1000 mm lang, wurde 63 mal auf hellrot durchglüht und anschließend jedesmal zum langsamen Abkühlen sich überlassen. Er ist dabei allmählich um 26 mm kürzer geworden. Beim Erwärmen wird nämlich zunächst der Mantel, der, wie oben dargelegt, im kalten Stab unter elastischem Druck steht, vor dem Kern warm und plastisch. Die in dem jetzt noch kalten und noch elastischen Kern vorhandenen Zugspannungen stauchen infolgedessen den bereits warmen und plastischen Mantel. Der Stab wird dadurch kürzer und entsprechend dicker. Der glühende Stab ist nach diesem Ausgleich spannungslos. Nach der Abkühlung aber sind die Wärmespannungen in ihm, wie bereits oben gesagt, nach Größe und Verteilung die gleichen wie nach dem Walzen. Würde man den Versuch genügend lange fortsetzen, so müßte schließlich aus dem Stab eine Kugel werden.

In weniger einfach geformten Walzstäben sind die Walzspannungen größer als in einfachen Rundstäben. So habe ich in den Stegen von Trägern NP 50 als Walzspannung Druck von 170 kg/cm^2 , in den Stegen von Breitflanschträgern $42\frac{1}{2}$ sogar Druck von 1600 kg/cm^2 festgestellt.¹ Der große Unterschied liegt in den verschiedenen Größenverhältnissen der Flanschen zum Steg begründet. Es liegt nahe, zum Schweißen von Stahlbauten möglichst einfache Querschnitte mit den kleinsten Walzspannungen zu verwenden. Aus den oben dargelegten Gründen sind z. B. geteilte I-Träger nicht geeignet.

Die *Schweißspannungen* treten beim Schweißen zu den Walzspannungen hinzu. Sie sind nach Größe und Umfang von den Hilfsmitteln und der Reihenfolge bei der Schweißarbeit abhängig.² und ³ Sie nehmen unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Größe des Nahtquerschnittes zu. Man soll also Nahtquerschnitte nicht größer machen als nötig. Daher sind auch X-Nähte V-Nähten vorzuziehen, denn bei einem Öffnungswinkel von 90° und gleicher Materialstärke wird durch eine X-Naht die gleiche Tragfähigkeit mit dem halben Nahtquerschnitt — also auch der halben Schweißarbeit — und entsprechend kleineren Schweißspannungen erreicht. Außerdem entstehen durch die exzentrische Lage der V-Naht Verwerfungen, die man nur in den wenigsten Fällen durch entsprechende Lagerung der zu verschweißenden Stücke ausgleichen kann. Es muß nach dem Schweißen mit erheblichem Kostenaufwand und nicht zum Vorteil des Baustückes nachgerichtet werden.

In Nähten gleichen Querschnitts sind die Schweißspannungen größer, wenn man diese mit einer dicken Elektrode in einer Lage, als mit dünnen Elektroden in mehreren Lagen schweißt. Man sollte im Stahlbau keine stärkeren Elektroden als von 7 mm \varnothing verwenden. Andererseits soll man nicht unter 4 mm gehen, weil dann die im Stahlbau üblichen starken Querschnitte für einen einwandfreien Einbrand nicht genügend aufgeschmolzen werden.

Durch Schweißen im Pilgerschritt lassen sich die Schweißspannungen etwas mildern, allerdings muß man dann die vielen Nahtansätze mit ihren Nachteilen

¹ Dr. Ing. Dörnen: Schrumpfungen an geschweißten Stahlbauten. „Der Stahlbau“ 1933, H. 3.

² Dr. Ing. Schroeder: Zustandsänderungen und Spannungen während der Schweißung des Stahlbaues für das Reiterstellwerk in Stendal. „Der Bauingenieur“ 1932, H. 19/20.

³ Dr. Ing. Krabbe: Entstehung, Wesen und Bedeutung der Wärmeschrumpfspannungen. „Elektroschweißung“ 1933, H. 5.

in Kauf nehmen. Im Ergebnis sollte man daher doch das Schweißen in einem Zuge und von der Mitte des Stückes gleichmäßig nach den Enden hin vorziehen.

In einem Aufsatz im „Stahlbau“ 1936, Heft 9,⁴ und seinem Referat unterscheidet *Bierett* zwischen natürlichen und zusätzlichen Schweißspannungen und teilt die letzteren weiter in solche durch innere und solche durch äußere Verspannung unter. Die natürlichen Schweißspannungen entsprechen den Walzspannungen und müssen wie diese zunächst hingenommen werden. Sie sind im allgemeinen nicht größer⁵ als die Walzspannungen und — auch nach Ansicht von *Bierett* — wie diese nicht gefährlich. Die zusätzlichen Schweißspannungen durch innere Verspannung entstehen dadurch, daß die zu schweißende Naht über die ganze Nahtlänge und auf die ganze Nahtdicke nacheinander in einzelnen Lagen aufgebaut wird und daß noch geschweißt wird, wenn vorher eingeschmolzenes Schweißgut bereits erkaltet ist. Diese Spannungen sind in den Wurzellagen starker Nähte besonders kritisch und führen leicht zu Anrissen, wodurch die Naht in ihrem Kern krank wird. Man kann sie aber durch vorsichtiges Hämmern der kalten Lagen und — wie auch von *Bierett* empfohlen — durch entsprechende Wärmebehandlung dadurch auf unbedenkliche Größe mindern, daß man die bereits gelegten Nahtteile so lange warm hält, bis die Naht, wenigstens die Wurzellage, in ihrer ganzen Länge fertig ist. Für besonders wichtige Nähte, z. B. für die Stumpfnähte gezogener Gurtplatten, empfehle ich, die Naht über die Abmessungen der Gurtplatte hinaus dicker zu machen, die Stoßstelle beiderseits auf $\frac{1}{4}$ m Länge bis hellrot zu erwärmen und die vorstehende Nahtwulst auf die Abmessung der Gurtplatte zurückzuschmieden — Arbeiten in Blauwärme vermeiden! —. So schaltet man nicht nur alle zusätzlichen Schweißspannungen aus innerer Verspannung aus, sondern man verdichtet obendrein das Gefüge der Schweißnaht und macht die Verkrollung zwischen Naht und Mutterstoff an der empfindlichen Übergangsstelle inniger. Auf diese Weise kann man nicht nur Gurtplattenstöße, sondern auch Stegblechstöße, sogar die Universalstöße von Blechträgern in einen Spannungszustand bringen, der dem entspricht, als ob sie als Ganzes gewalzt wären. Hierbei haben sich Gasbrenner bewährt, die aus langen Rohren mit Reihen von Brennlöchern bestehen und die man in geeigneter Weise um das zu behandelnde Stück legt. Das nötige Gas wird in der Werkstatt der Gasleitung entnommen. Für die Baustelle kann man das Gas gegebenenfalls als Preßgas oder verflüssigtes Gas aus Vorratsflaschen verwenden.

Zusätzliche Schweißspannungen aus äußerer Verspannung entstehen, wenn die zu verschweißenden Teile dem Schrumpfen der Nähte nicht folgen können. Auch diese Spannungen kann man durch entsprechende Maßnahmen an den heute am meisten geschweißten Bauteilen, d. h. an vollwandigen Gebilden für Blechträger, Blechbogen, Blechrahmen und vollwandigen Langerbalken sowie Vierendeelträgern weitgehend ausschalten. Dies soll im Folgenden zur Lösung der ersten Aufgabe dargetan werden.

In der einfachsten und schweißtechnisch besten Form besteht der Blechträger aus einem Stegblech und zwei Gurtplatten, die ungestoßen über die ganze Länge

⁴ Prof. Dr. *Bierett*: Welche Wege weisen die Erkenntnisse über Schrumpfwirkungen den Arbeitsverfahren für die Herstellung von Stumpfnähten im großen Stahlbau? „Der Stahlbau“ 1936, H. 9.

⁵ Dr. Ing. *Dörnen*: Schrumpfungen an geschweißten Stahlbauten. „Der Stahlbau“ 1933, H. 3.

des Trägers durchgehen. Es sind nur die Halsnähte zu ziehen und die Aussteifungen einzuschweißen. Aus den Halsnähten kann man — wenn man es für nötig haben sollte — die zusätzlichen Wärmespannungen durch innere Verspannung dadurch nahezu beseitigen, daß man jede Naht über die ganze Länge gleichzeitig auf rd. 400 bis 500° erwärmt. Zusätzliche Wärmespannungen durch äußere Verspannung treten nicht auf, wenn man dafür sorgt, daß die Gurtplatten dem Querschrumpfen der Halsnähte ohne Widerstand folgen können. Die Aussteifungen schweißt man im allgemeinen am besten erst ein, wenn Stegblech und Gurtplatte miteinander verschweißt sind. Denn nach dem Schweißen der Halsnähte steht der Steg zunächst unter Druck, der durch das Einschweißen der Aussteifungen, parallel oder senkrecht zur Trägerachse, gemildert oder in Zug umgewandelt wird. Dabei wird auch der in den Gurtungen vorhandene

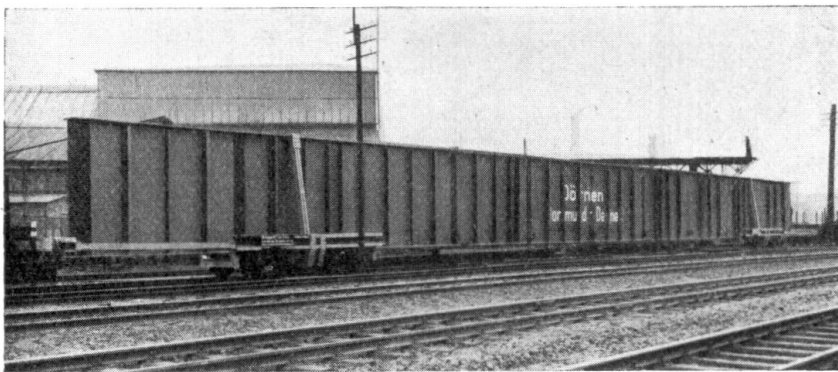


Fig. 1.

Zug kleiner. An den Stellen, wo vertikale Aussteifungen eingeschweißt werden sollen, läßt man zweckmäßig nach beiden Seiten je rd. 20 cm Halsnähte offen, die man ergänzt, wenn die Aussteifungen eingeschweißt sind. Dadurch gleichen sich Schrumpfungen im Stegblech, hervorgerufen durch die vertikalen Aussteifungsnähte, besser aus. Für die vertikalen Nähte genügen 3 mm Stärke. Diese klare Herstellung wird in ihrer einfachen Form begrenzt, wenn die Abmessungen der Träger ein bestimmtes Maß überschreiten, zu starke Gurtquerschnitte benötigen oder zu lang werden. Zu dicke ungeteilte Gurtplatten sind nicht erwünscht, weil sie walztechnisch Schwierigkeiten machen. Man sollte bei St. 37.12 nicht weit über 60 (70) mm Stärke hinausgehen. Bei größeren Dicken wird man die Gurtungen zweckmäßig in mehrere Lagen unterteilen, die ihrerseits ungestoßen bleiben. In solchen Fällen ist zunächst das Stegblech mit der innersten Gurtplatte allein zu verschweißen. Denn die Zugkräfte in den längs geschrumpften Halsnähten sind bei gleichem Nahtquerschnitt geringer, wenn die zu verschweißenden Querschnitte kleiner und damit nachgiebiger sind. Er wird durch die Kehlnähte zum Aufschweißen der folgenden Gurtplattenlagen weiter gemindert. Die Aussteifungen schweißt man zweckmäßig ein, wenn das Stegblech mit den innersten Gurtplatten verschweißt ist.

Werden die Träger zu lang, so müssen Stegblech oder Gurtungen oder beides gestoßen werden. Im allgemeinen wird man die Stegbleche eher stoßen müssen als die Gurtplatten. Man schweißt dann zunächst die Stegbleche für sich (durch Stumpfnähte) zusammen. Die Nähte werden gegebenenfalls durch Erwärmen von

den zusätzlichen Wärmespannungen durch die innere Verspannung befreit und durchstrahlt. Wärmespannungen durch äußere Verspannung vermeidet man

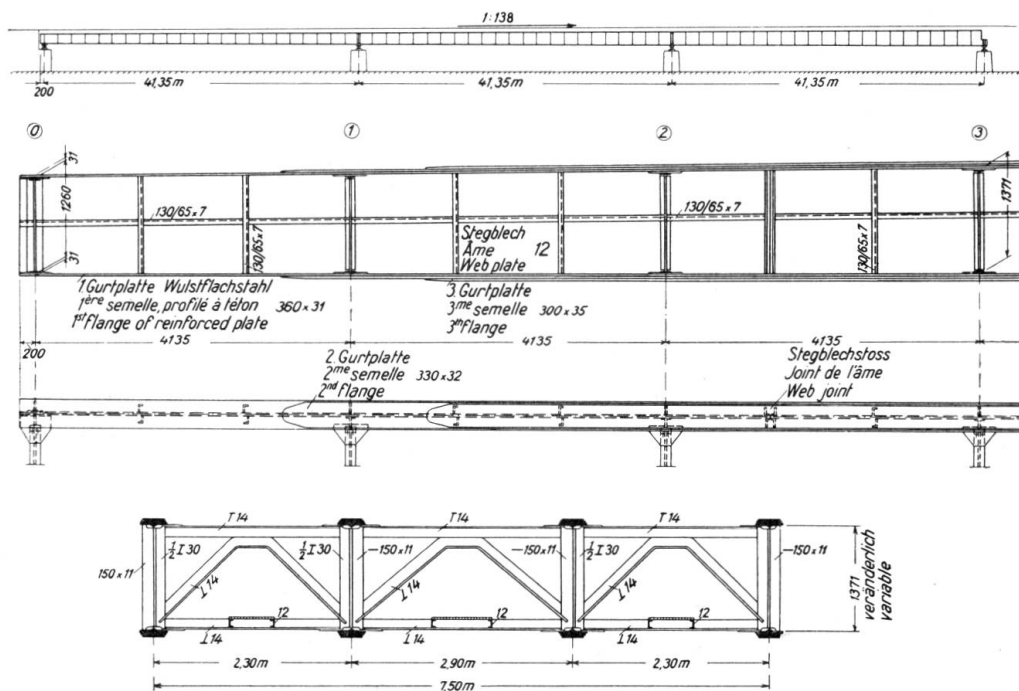


Fig. 2.

Geschweißte Flutöffnungen.

dadurch, daß man beim Schweißen der Nähte die Stücke aneinander heranholt. Dies darf nicht der schrumpfenden Naht selbst zugemutet werden, um Anrisse

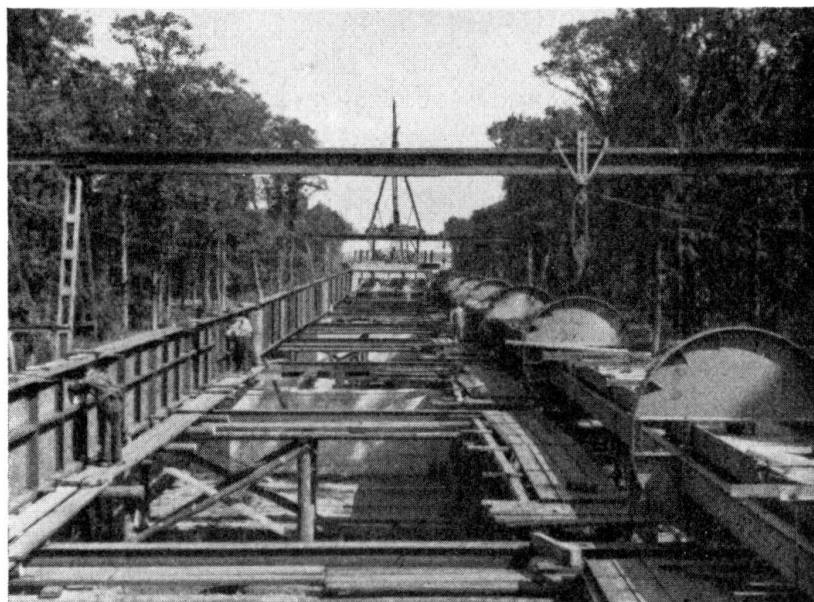


Fig. 3.

zu vermeiden. Die Güte jeder Stumpfnaht ist in erster Linie abhängig von tadellosen Wurzellagen, die auch nicht die feinsten Anrisse haben dürfen. Dann

werden die Ränder des Stegblechstranges auf die Überhöhung des Trägers zugeschnitten, zum Verschweißen mit den Gurtplatten hergerichtet und mit den Gurtplatten verschweißt. Die Aussteifungen werden wieder eingeschweißt, wenn

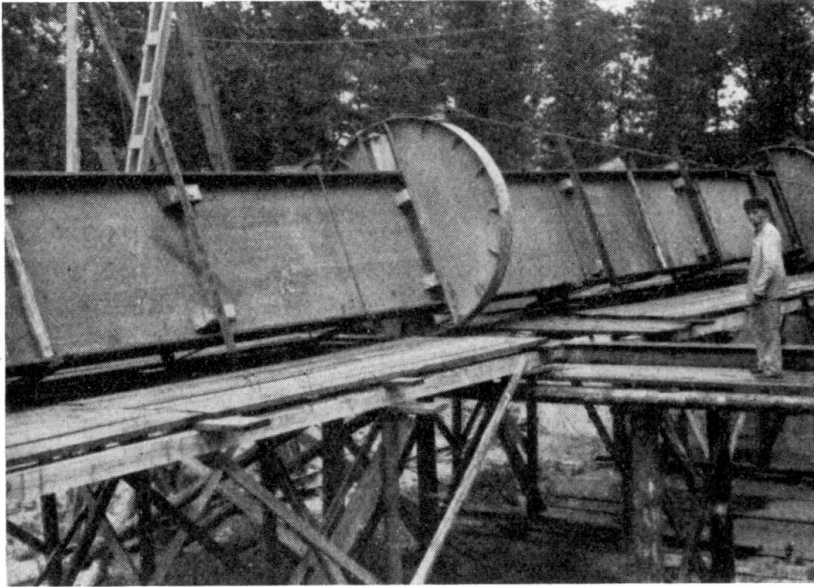


Fig. 4.

der Stegblechstrang mit den innersten Gurtplatten verschweißt ist. Jedoch sind senkrechte Aussteifungen in der Nähe der senkrechten Stumpfstoße des Stegbleches zu vermeiden, damit diese nicht zu stark unter Zug gesetzt werden.



Fig. 5.

Sind auch in den Gurtplatten Stöße nicht mehr zu vermeiden, so schweißt man dieselben, jeden Strang für sich, zusammen und bildet dann erst, wie oben dargetan, mit dem Stegblechstrang den Trägerquerschnitt. In der Wirkung ist der

Vorgang so günstig wie ohne Stöße. In den Gurtplattenstößen sollten die zusätzlichen Wärmespannungen infolge innerer Verspannungen durch entsprechendes Erwärmen vorher beseitigt werden. Zusätzliche Wärmespannungen durch äußere Verspannung treten auch hier nicht auf. Die Gurtplattenstöße legt man mit Vorteil an Stellen kleinster Beanspruchungen. Bei durchlaufenden Trägern z. B. an die Stelle der kleinsten Größtmomente, wo der Baustoff nur wenig beansprucht wird. Es empfiehlt sich, die Gurtplatten- und Stegblechstöße nicht in den gleichen Trägerquerschnitt zu legen. Auf diese Weise kann man Blechträger bis zu den größten Längen herstellen. Fig. 1 zeigt einen rd. 63 m langen und rd. 4 m hohen Blechträger im Gewichte von rd. 105 t, der so hergestellt und

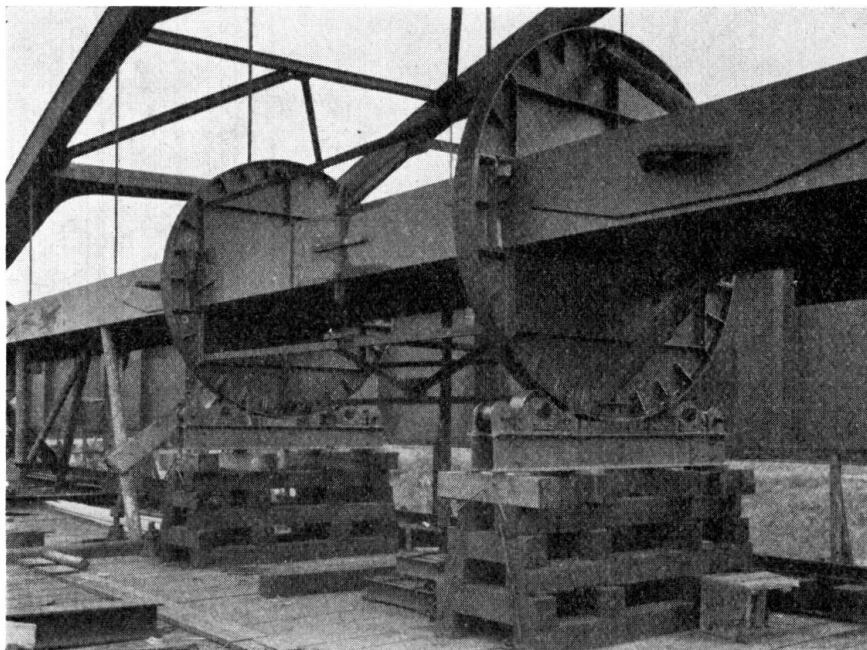


Fig. 6.

als Ganzes auf werkseigenen Wagen von Dortmund-Derne zur Baustelle (Rügendamm) geschafft worden ist. Bei noch größeren Abmessungen kann man die Stegbleche und Gurtplatten vollständig auf der Baustelle zusammenschweißen. Nur muß man dort die gleichen Vorrichtungen und Verhältnisse schaffen wie in der Werkstatt. Es ist selbstverständlich, daß in diesem Falle auch auf der Baustelle alle Nähte schweißgerecht von oben in Drehvorrichtungen und vor Wetter geschützt hergestellt werden. Als Beispiel sei die Herstellung von vier geschweißten Blechträgern (je 130 m lang) (Balken auf 4 Stützen, Fig. 2, 3, 4) für die Elbebrücke bei Dömitz aus St. 52 angeführt. Die Träger sind genau wie oben dargelegt angefertigt worden. Schwierigkeiten haben sich nicht ergeben, obwohl man hierbei zum ersten Male in dieser Weise vorgegangen ist. In gleicher Weise sind die rd. 95 m langen Versteifungsträger für einen Langer-Balken im Zuge der Reichsautobahn über den Lech bei Augsburg angefertigt worden (Fig. 5, 6).

Man sieht, die Verhältnisse für das Schweißen von Blechträgern liegen bis jetzt außerordentlich günstig. Sie werden schwieriger, sobald sich Universalstöße nicht mehr vermeiden lassen, wenn man fertige Trägerquerschnitte an-

einanderschweißen muß. Zusätzliche Wärmespannungen infolge äußerer Ver-
spannung sind dann nicht zu vermeiden. Man ist jedoch in der Lage, durch
geeignete Schweißfolge dieselben in durchaus tragbaren Grenzen zu halten und
darüber hinaus so zu beeinflussen, daß man z. B. in dem Bereich größter Zug-

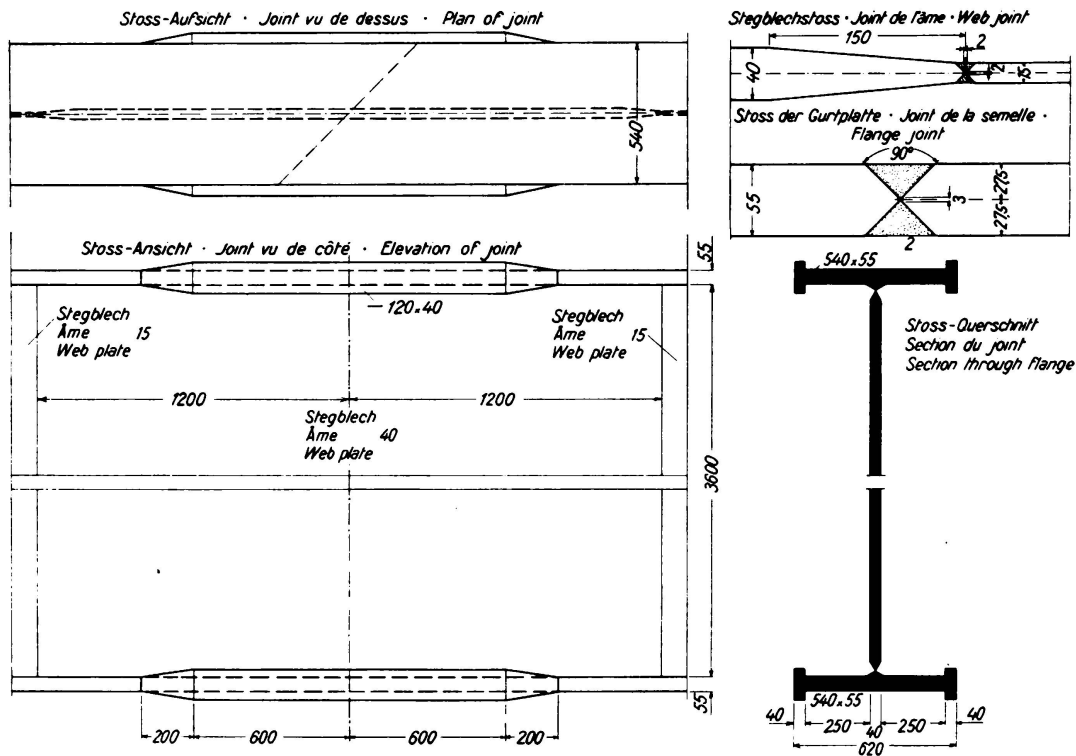


Fig. 7.

spannungen aus dem Schweißvorgang her eine Druckspannung als Vorspannung
hat und umgekehrt. Als Beispiel sei auf den in der Fig. 7 dargestellten Stoß der
Blechträger für die Brücke über den Strelasund im Zuge des Rügendamms
verwiesen. Es handelt sich dabei um geschweißte durchlaufende Balken auf
6 Stützen über 5 Öffnungen von je 54 m. Nach genauen Messungen des

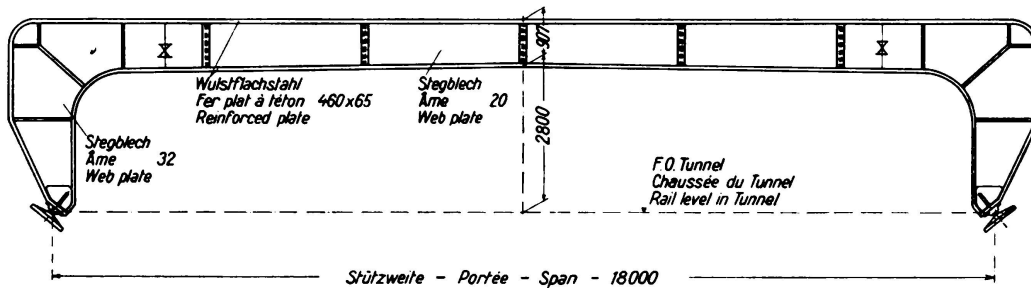


Fig. 8.

Staatl. Materialprüfungsamts in Dahlem ist ein Schweißvorgang gefunden worden,
bei dem die aus Eigengewicht und Verkehrslast am höchsten auf Zug bean-
spruchte Gurtung im Mittel eine Vorspannung von rd. 300 kg Druck hatte.
Das verstärkte Stegblech stand im mittleren Drittel unter einer Vorspannung
von etwa 350 kg Zug.

Bei Blechbogen und Blechrahmen liegen die Verhältnisse der Wärmespan-

nungen kaum weniger günstig als bei Blechträgern, solange man dafür sorgen kann, daß Spannungen durch äußere Verspannung vermieden werden. Bei den Blechrahmen nach Fig. 8 (Duisburg) sind zunächst die drei Stegblechstücke für sich zusammengeschweißt und dann erst mit den beiden aus je einem Stück gebogenen, ungestoßenen Gurtungen verbunden worden. Weil man von der

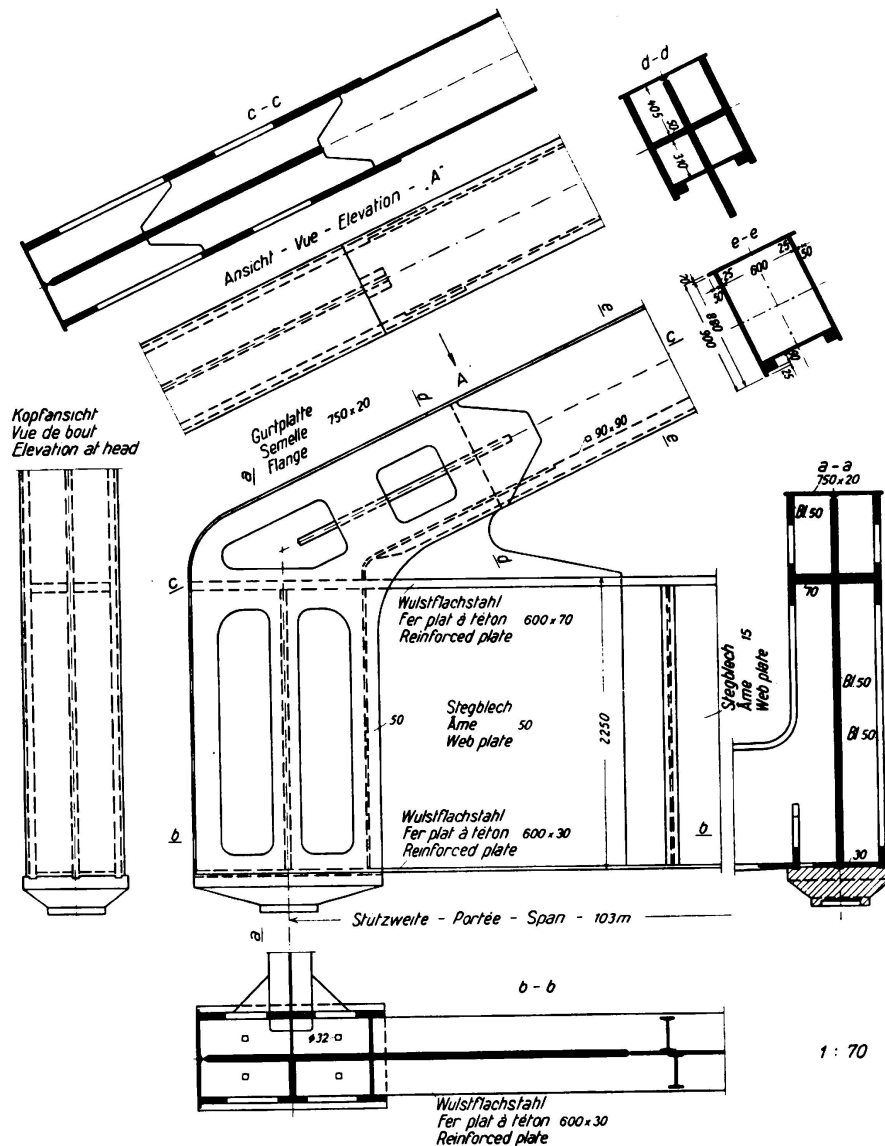


Fig. 9.

Mitte des Bogens nach den beiden Gelenken schweißte und weil man weiter durch entsprechende Vorrichtungen die Gurtplatten an den Stegblechstrang heranholte, wurden zusätzliche Wärmespannungen durch äußere Verspannungen vermieden.

Bisher ist nur von Gebilden gesprochen worden, die man als eben bezeichnen kann. Schwieriger sind Schrumpfspannungen aus äußerer Verspannung in räumlichen Gebilden zu beherrschen. Man muß dazu unter Umständen besondere Mittel anwenden. So stellt Fig. 9 den Endpunkt eines geschweißten Langer-Balken von 104 m Stützweite dar, der nur aus gewalzten Querschnitten zusammengeschweißt ist. Wenn das Schweißen dieses Stückes auch keine unüber-

windlichen Schwierigkeiten gemacht hat, so ist andererseits die Ausführung nicht gerade leicht gewesen. Auch war an dem Stück sehr viel Schweißarbeit. Das Endstück ist für zwei Überbauten insgesamt achtmal ausgeführt worden. Eingehende Untersuchungen, auch mit Durchstrahlungen, haben einwandfreie Beschaffenheit ergeben. Die an dieser Arbeit gesammelten Erfahrungen führten dazu, für den bereits herangezogenen Langer-Balken von 95 m Stützweite die Endpunkte nach Fig. 10 herzustellen. Zur Erleichterung der Schweißarbeit und zur Verminderung von Schrumpfspannungen ist zwischen den doppelwandigen

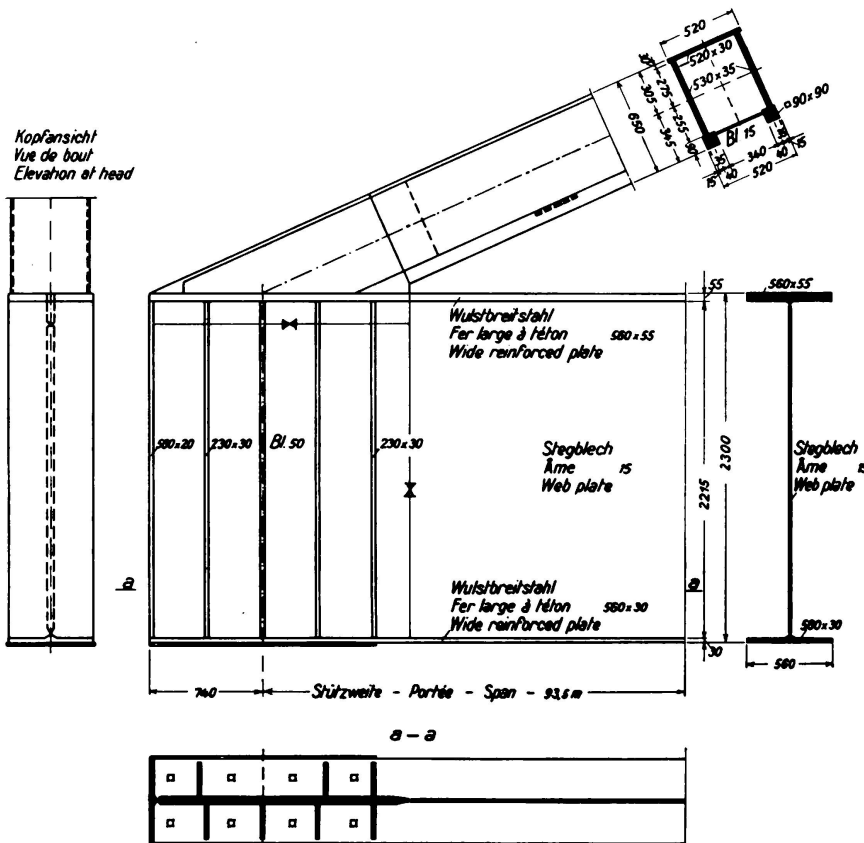


Fig. 10.

Stabbogen und den einwandigen Versteifungsträgern ein Schmiedestück zwischen- geschaltet, das mit einem starken Ansatz in den Versteifungsträger hineingreift und mit dem Stegblech und der geschlitzten Gurtplatte desselben in einfachster und bester Weise ohne Schrumpfspannungen aus äußerer Verspannung ver- schweißt worden ist. Auf dieses Schmiedestück setzt sich der doppelwandige Stabbogen auf. Ich glaube, diese Ausführung spricht für sich selbst, so daß nicht viel dazu zu sagen ist.

Um Schrumpfspannungen zu vermeiden, soll man sich nicht scheuen, in be- sonderen Fällen an einem geschweißten Bauwerk zu nieten. Hierdurch kann oft eine Verbilligung erzielt werden. Man soll nicht alles und unter allen Umständen schweißen wollen. Mit dieser Auffassung habe ich bereits auf dem vorigen inter- nationalen Kongreß in Paris 1932 Zustimmung gefunden. Es ist z. B. durchaus vertretbar, an geschweißten Stahlbrücken die Anschlüsse der Längs- und Quer- träger sowie der Windverbände zu nieten. Für die Aufstellung größerer Brücken

hat man an diesen Stellen zur Erleichterung der Arbeit ja doch Schraubenverbindungen nötig, mit denen man in den aufzustellenden Überbau Halt bringt. Es liegt dann nahe, diese Schraubenverbindungen auszubauen, daß sie als Nietverbindungen unter Einsparung von Schweißnähten genügen. Für geschweißte Fachwerkbrücken ist nach meinen Erfahrungen die wirtschaftlichste Herstellung die, daß man die einzelnen Glieder des Fachwerks und der Fahrbahn aus den Walzstäben für sich zusammenschweißt und die Knotenpunkte und Anschlüsse nietet. In den gezogenen Querschnitten kann man die Schwächung durch die Nietlöcher mit aufgeschweißten örtlichen Verstärkungen ausgleichen. Ich habe nach diesen Erfahrungen mit bestem wirtschaftlichen Ergebnis mehrere Überbauten hergestellt, von denen Fig. 11 einen darstellt.

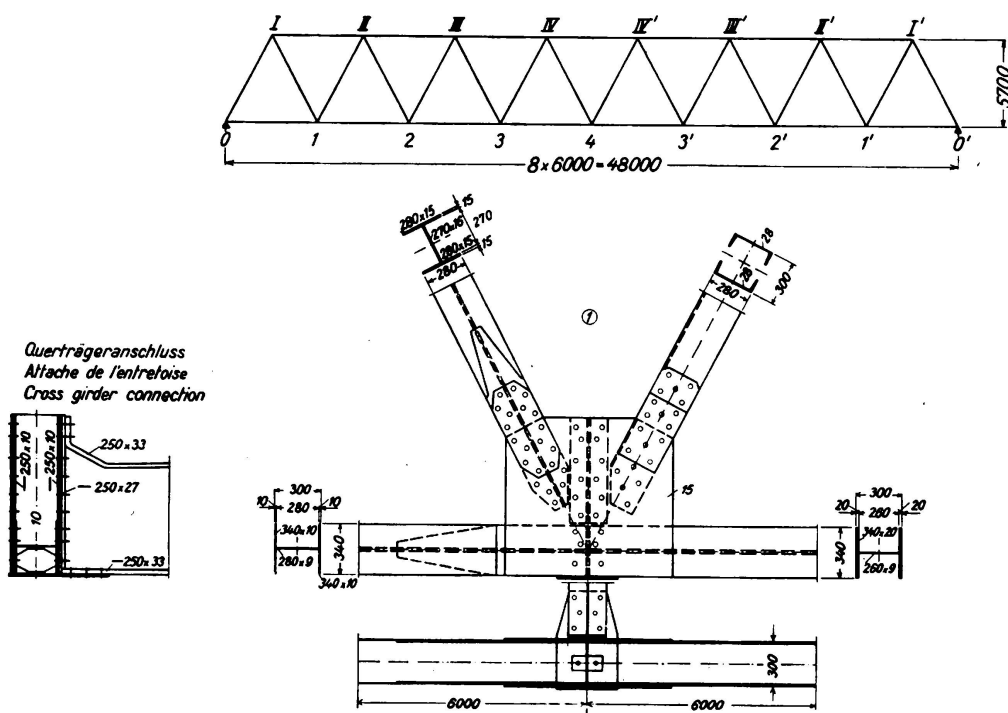


Fig. 11. Hauptträger. Knotenpunkt Nr. 1.

Die zweite Aufgabe ist gelöst, wenn, wie in allen normalen Konstruktionen mit normal starken Nähten, die Wärmespannungen nicht größer werden als die Walzspannungen in Walzträgern. Denn von diesen wissen wir aus den Erfahrungen von Jahrzehnten, daß sie nicht schädlich sind. Nun hat man aber in besonders gearteten Konstruktionen mit besonders dicken Nähten Schweißspannungen gemessen, die z. T. über 2000 kg/cm^2 liegen. Solche Spannungen kann man nicht ohne weiteres als unschädlich hinnehmen. Hierauf hat bereits im Jahre 1931 Reichsbahnoberrat *Dr. Schröder* hingewiesen und auch Erklärungen über das Entstehen so hoher Schweißspannungen gefunden. Durch Versuche an kleinen Stücken ergab sich aber, daß diese Schweißspannungen sich nicht zu den Spannungen aus Belastung addieren und damit auch nicht die Tragfähigkeit des Stückes gefährden. Eine einwandfreie Begründung hierfür hatte man nicht; die Tatsache aber stand fest. Als immer wieder Bedenken auftauchten, entschloß sich *Dr. Schaper* zu Versuchen an Stücken in natürlicher Größe, die auch ver-

öffentlich werden sollen.⁶ Ein Versuch sei beschrieben: Von einem vollständig geschweißten Rahmen der Überbauten für den Personentunnel in Duisburg (Fig. 8) wurden die beiden Ecken abgeschnitten und in die 600 t-Presse in Dahlem eingespannt. In den Stücken waren die in Fig. 12 dargestellten Schweißspannungen gemessen. Die Ecke hat über 2500 kg/cm² Versuchsspannungen ohne sichtliche Schäden ausgehalten. Eine höhere Belastung war in der Maschine nicht möglich. Die Ecke soll hierzu in eine größere Maschine gespannt werden. Dieser Versuch bestätigt, daß auch Schweißspannungen über 2000 kg/cm² die Tragfähigkeit geschweißter Konstruktionen nicht gefährden. Die weiteren Großversuche *Schapers* haben das gleiche Ergebnis gezeitigt.

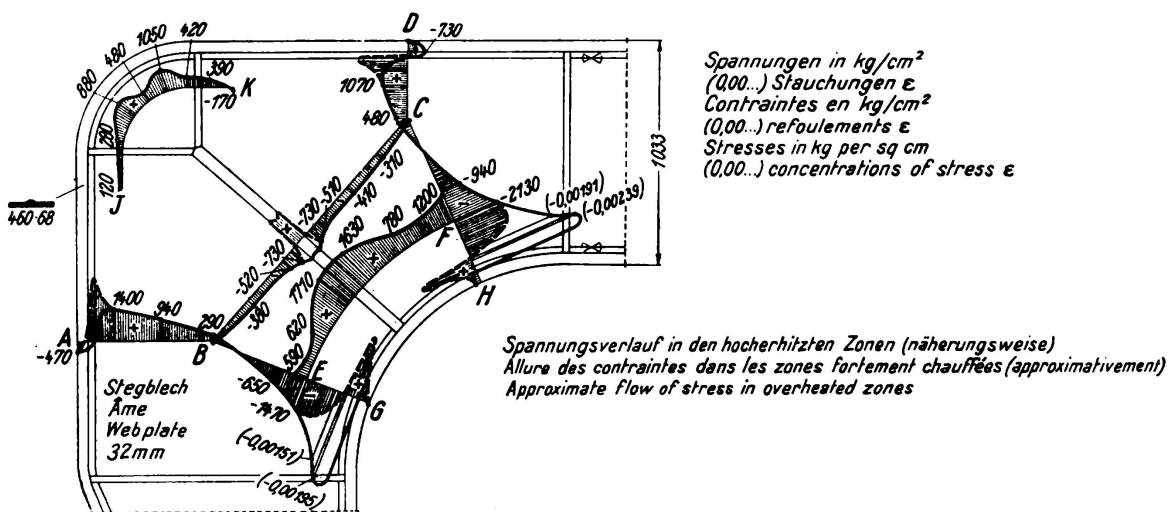


Fig. 12. Messung der Schweiß-Spannungen bei der Herstellung.

Ich möchte abschließend auf einen Aufsatz von *Körber* und *Mehovar*⁷ hinweisen, in dem nachgewiesen wird, daß in walzernen Schienen bereits durch Lagern die mechanischen Eigenschaften sich ändern: Die Dehnung und Einschnürung vor dem Bruch — Merkmale und Maßstab für höheres Arbeitsvermögen — erfahren durch längeres Lagern eine bedeutende Steigerung. Durch Anlassen und Glühen wird diese Wirkung schneller und in erhöhtem Maße erreicht. Als Grund vermutet man den Ausgleich von Gefügespannungen. Man kann zwar die diesbezüglichen Verhältnisse von Schienenstahl nicht ohne weiteres auf unsere Baustähle übertragen. Andererseits können sie nicht allzu sehr voneinander abweichen. Man kann folgern, daß auch in Schweißnähten durch Lagern ein Ausgleich von Gefügespannungen eintritt. Wenn in dem angezogenen Aufsatz eine weitere Steigerung der Dehnungs- und Einschnürungswerte nach einer umkristallisierenden Glühung festgestellt wurde, so liegt der Gedanke nahe, auch wichtige Schweißnähte und deren Umgebung entsprechend zu behandeln. Ich glaube, daß in dieser Hinsicht eine weitere Verbesserung der Schweißnähte möglich ist.

⁶ Inzwischen veröffentlicht: *Schaper*: Die Schweißung im Ingenieurhochbau und Brückenbau. „Elektroschweißung“ 1937, H. 7.

⁷ *Friedrich Körber* und *Johannes Mehovar*: Beitrag zur Kenntnis der zeitlichen Änderungen der mechanischen Eigenschaften walzerner Schienen, insbesondere aus Thomasstahl. „Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf“, Bd. XVII, Lieferung 7, Abhandlung 277.