Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 26

Artikel: Elektrisch geschweisster Blechträger
Autor: Huggenberger, A.U.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-44802

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Motiv aus Gandria am Luganersee. Nach Skizze von † Hermann Fietz.

Elektrisch geschweisster Blechträger.

Von Dr. sc. techn. A. U. HUGGENBERGER, konsult. Ingenieur, Zürich.

Der in Abb. 1 dargestellte, von der Firma Buss A.-G., Basel, für einen Stahlskelettbau in Basel hergestellte Blechträger aus Stahl St 37 hat eine totale Länge von 11,7 m und wiegt 4,86 t. Der Steg, der eine Höhe von 850 mm bei 20 mm Blechdicke aufweist, ist aus zwei Feldern zusammengesetzt. Zur Durchführung der Armierungseisen weisen die Felder Bohrungen von 26 mm Durchmesser auf, deren Verteilung aus Abb. 1 ersichtlich ist. Der Flansch des I-Eisens wird im mittlern Teil in einer Länge von 7 m durch eine Lamelle von 350 mm Breite und 50 mm Dicke gebildet, während die beiden Enden in der Länge von 2,32 m eine Lamelle von 30 mm Dicke aufweisen.

An die Konstruktion des Blechträgers wurde u. a. die Forderung gestellt, dass sämtliche Verbindungstellen mittels elektrischer Lichtbogenschweissung ohne irgendwelche Verstärkungslaschen anzufertigen sind. Zudem verfolgte die Konstruktionsfirma den Gedanken, durch äusserst sorgfältig ausgeführte Schweissarbeit bei Verwendung einer erstklassigen Elektrode eine derart hochwertige Schweissnaht zu erhalten, dass die zulässige Beanspruchung von Schweissnaht und Blech einander gleich gesetzt werden darf. Sämtliche Schweissnähte wurden mittels der sog. „Stabilend"-Elektroden der Soudure Electrique Autogène S. A., Lausanne-Prélaz, angefertigt, deren ausgezeichnete Festigkeitseigenschaften aus der Tabelle I hervorgehen.[1]) Diese Tabelle enthält die Daten der Zerreissversuche mit drei runden Probestäben von 12,7 mm Durchmesser, die in der Mitte auf 75 mm Länge eine reine Schweissnahtzone aufweisen. Die Schlagbiegeprobe an zwei eingekerbten Stäben von der Breite $b = 10$ mm, der Kerbtiefe von 5 mm, der Kerbbreite von 4 mm und dem Querschnitt von $F = 1{,}5$ cm² ergaben, bei einer mittlern Deformationsarbeit des Bruchquerschnittes von 14,6 kgm/cm², einen Biegewinkel von im Mittel $24^1/_2{}^0$, während der nicht eingekerbte Stab von 2 cm² Querschnitt bei 70 kgm/cm² Deformationsarbeit einen Biegewinkel von 107° aufweist. Das Schweissgut war in der Mitte des Stabes auf eine Länge von 40 mm abgesetzt.

Die Art der am Träger zur Verwendung gelangenden Schweissnähte, wie die Abmessungen, sind in Abb. 1 durch besondere Zeichen angegeben. Es bedeutet SE5/*a*, Abb. 1b, die beidseitig durchlaufende Naht, wobei *a* die Länge der Kathete des dreieckigen Querschnittes ist. Die v-förmige Naht ist durch das Zeichen SE7/*b*, Abb. 1d, gekennzeichnet, wobei *b* die Höhe der v-förmigen Naht ist.

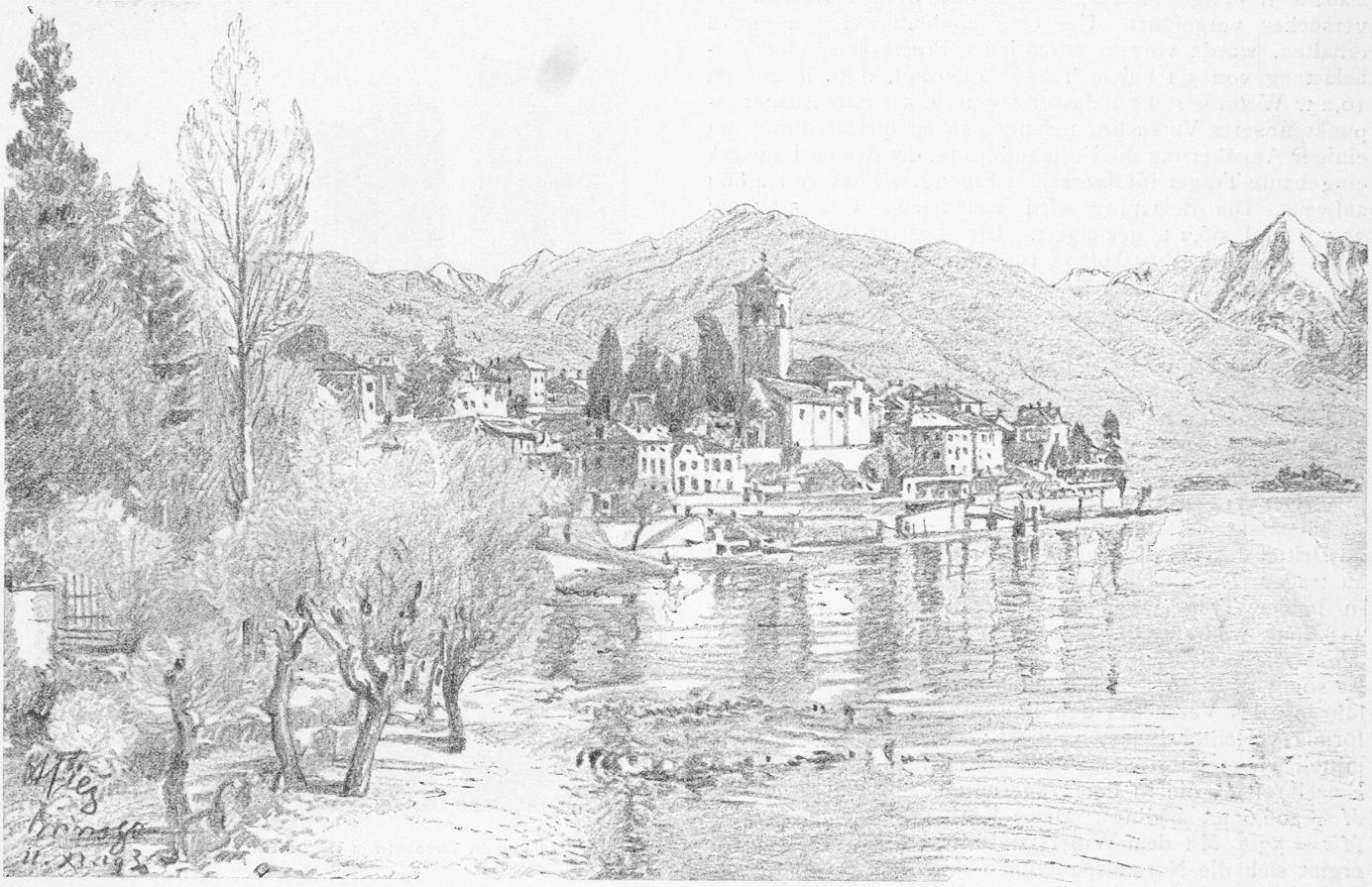
Wir entnehmen aus Abb. 1, dass die beidseitig durchlaufenden Nähte der Versteifungstege die Wurzelbreite von 7 und 10 mm aufweisen, je nachdem es sich um einen gewöhnlichen Versteifungsteg, oder um einen Versteifungsteg mit Trägeranschluss handelt. Die Stegblechhälften sind durch eine durchgehende Rippe, Abb. 1c, Schnitt b-b, in der Mitte gestossen (durchgehende Schweissnähte SE 5/14). Die Verbindung von Lamelle und Stegblech geschieht mittels durchlaufender Schweissnähte, deren Wurzelbreite 12 mm beträgt. Die beiden Lamellen sind durch eine v-förmige Schweissnaht von 30 mm Höhe miteinander verbunden (Abb. 1d).

Tabelle I. Zerreissproben.

Probestab Nr.	E t/cm²	σ_P t/cm²	σ_s t/cm²	β_z t/cm²	λ_2 mm
1	1950	3,90	4,14	5,55	29,4
2	2020	3,90	4,14	5,51	31,3
3	1990	4,14	4,29	5,59	28,4

E = Elastizitätsmodul σ_P = Proportionalitätsgrenze
σ_s = Streckgrenze β_z = Zugfestigkeit
λ_2 = Dehnung nach Bruch gemessen auf 6 cm.

[1]) Versuchsergebnisse der Eidg. Materialprüfanstalt, Zürich.



Brissago am Langensee, Kt. Tessin. Nach Skizze von † Herm. Fietz, vom 11. November 1930.

Der mit dem Träger vorgenommene Belastungsversuch umfasst Dehnungs- und Durchbiegungsmessungen. Der Träger ist 180° um seine Längsaxe gegenüber der Lage beim Einbau gedreht. Zwei aufeinander gelegte I Eisen dienen als Lagergestelle der beiden hydraulischen Pumpen, die je in einem Drittel des Trägers (Abb. 3a) angreifen. Die Enden des Trägers sind mittels Winkeleisen gegen die beiden I Eisen abgestützt (Abb. 2). Die Mitte des Trägers ist durch seitlich angebrachte Differdingerträger gegen Ausknicken gesichert (Abb. 4). Um das Kippen der behilfsweise ausgeführten Versuchsvorrichtung zu vermeiden, werden die Enden des Trägers durch Holzbalken gegen den Boden verstrebt. Der Kolbenquerschnitt der Pumpe ist $f = 254$ cm². Die Pressung wird an einem Manometer in kg/cm² abgelesen. Das Produkt aus Kolbenquerschnitt und Manometerablesung ergibt die in den Tabellen II, III und IV notierte Belastung in Tonnen. Die Messtellen für die Dehnungsmessung sind in Abb. 3 eingetragen. Abb. 3f gibt die schematische Darstellung der Seitenansicht, der Ansicht und des Grundrisses des Dehnungsmessers. Die Messlänge beträgt 100 mm. Im mittleren Querschnitt (Abb. 3c) sind 16 Messtellen. Um über die Grösse der Beanspruchung in der Schweissnaht der Stossstelle der Lamellen einen Einblick zu erhalten, wurde an der Kante der Lamelle je ein Dehnungsmesser befestigt. Diese Messtellen sind aus Abb. 3a und Abb. 3b ersichtlich.

Als Dehnungsmesser kam das sog. „Tensometer" zur Verwendung, dessen Messlänge mit Hilfe einer Verlängerungsvorrichtung C 100 auf 100 mm erweitert wurde.[1]) Zur Befestigung der Dehnungsmesser im Steg wurden für jeden Messpunkt zwei Stehschrauben L 1 im Abstand von 160 mm mittels elektrischer Lichtbogenschweissung angeheftet, um nach erfolgter Messung von Hand wieder entfernt werden zu können. Die gerade Nadel N 1/200 wird durch eine Bohrung der Verlängerungstange C 100 hindurchgeführt und mit Hilfe der Stehschraube an den Enden niedergedrückt. An der Aussenkante der Lamelle ist das Tensometer mit einer kleinen Klammer A 2 festgeklemmt. Um das Tensometer in der Mitte der Lamelle zu befestigen, verwendet man zweckmässigerweise die Klemmvorrichtung D 1/200.

Es war beabsichtigt, die Durchbiegung in der Mitte des Trägers mit Hilfe von Messuhren zu messen, die mittels Gabel, Kugelgelenk und Schraubzwinge befestigt wurden. Infolge der Nachgiebigkeit der Lagerung des Trägers reichte der Messbereich von 10 mm nicht aus, sodass die Durchbiegungsmessung mit Hilfe von Massstab und Nivellierinstrument ermittelt wurde.

Anschliessend an zwei Vorversuche seien in

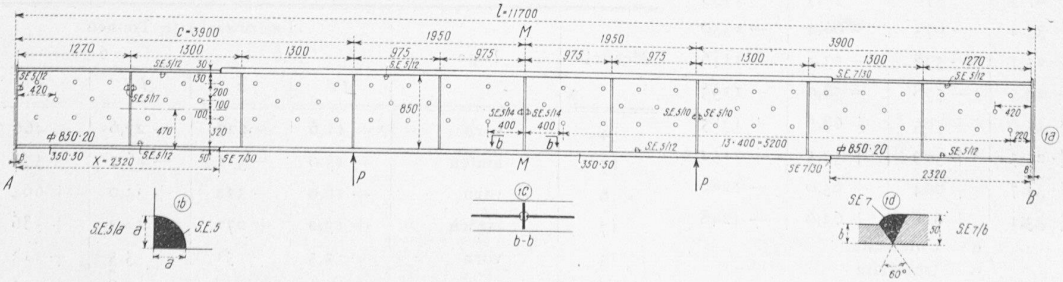


Abb. 1. Durch elektrische Schweissung aus zwei Feldern zusammengesetzter Blechträger. Gewicht 4,86 t.

[1]) Sämtliche Dehnungsmesser und Messuhren stammen aus der Werkstätte für Präzisionsmechanik Huggenberger, Zürich. Bezüglich der Bezeichnungen von Anspannvorrichtungen verweisen wir auf die Zusammenstellung auf Seite 32 von Bd. 95 (18. Januar 1930).

Tabelle II einige Messergebnisse des dritten Belastungsversuches vorgeführt. Um eine eindeutige Lagerung zu erhalten, wurde vorerst durch jeden Presskolben eine Vorbelastung von 5,1 t dem Träger auferlegt, d. h. insgesamt 10,2 t. Wenn wir die Belastung von je 5,1 t als Ausgangspunkt unseres Versuches nehmen, so entspricht dieser mit einiger Annäherung die Formänderung, die der im Bauwerk eingebaute Träger infolge seines Eigengewichtes von 4,86 t aufweist. Die Belastung wird stufenweise von 5,1 t auf 35,7 t und 66,2 t gesteigert. Die Lastzunahme beträgt somit für jeden Presskolben rund 30,6 t. In den Tabellen II und III sind die in der Belastungstufe von je 30,6 t gemessenen Längenänderungen $\Delta l'$ eingetragen, die an der Skala des Tensometers bei einer Messlänge von $l = 100$ mm abgelesen wurden. Ist n das Uebersetzungsverhältnis des Tensometers, so erhält man die Längenänderung $\Delta l = \Delta l'/n$ und die spezifische Dehnung $\varepsilon = \Delta l/l$. Aus dem Hookeschen Gesetz $\sigma = E\varepsilon$ folgt die Normalspannung. Wir nehmen für $E = 2\,100000$ kg/cm² an.

Der Träger hat eine Belastung bestehend aus einer gleichmässig verteilten Last von $P_1 = 81$ t und je einer im Drittel der Trägerlänge wirkenden Einzellast $P_2 = 22{,}5$ t zu tragen. Die gleichmässig verteilte Last $P_1 = 81$ t ergibt in halber Trägerlänge das Biegemoment $M_1 = P_1\, l/8 = 118{,}8$ mt, während der Einzelkraft $P_2 = 22{,}5$ t das Moment $M_2 = P_2\, c = 87{,}8$ mt entspricht. Das resultierende Moment ist somit $M = M_1 + M_2 = 206{,}6$ mt. Da wir bei der Ausführung des Versuches den Belastungszustand der gleichförmig verteilten Belastung nicht verwirklichen können, ermitteln wir rechnerisch die im Kraftangriffspunkt notwendige Einzelkraft P, die in der Trägermitte das Biegungsmoment $M = 206{,}6$ mt bedingt. Diese Kraft ergibt sich zu $P = M/c = 53$ t. Mit dem Widerstandsmoment $W = 17\,100$ cm³ ergibt sich die Normalspannung $\sigma = M/W = 1210$ kg/cm². Der Versuchslast $P = 61{,}1$ t entspricht somit die Normalspannung von $\sigma = 1210 \times 61{,}1/53{,}0 = 1385$ kg/cm². Aus der Tabelle II ist ersichtlich, dass wir an der äussersten Faser der unteren Lamelle $\sigma = -1319$ kg/cm² und der oberen Lamelle $\sigma = +1385$ kg/cm² gemessen haben, d. h. im Mittel $\sigma = 1352$ kg/cm².

Von besonderem Interesse ist die Beanspruchung in der Schweissnaht der Lamelle, die $x = 2{,}32$ m vom Auflagerpunkt A und B entfernt ist. Das Biegungsmoment herrührend von der gleichförmig verteilten Last P_1 ist $M_1' = P_1 \frac{x}{2}\left(1 - \frac{x}{l}\right) = 75{,}2$ mt. Der Anteil herrührend von der Einzelkraft folgt durch verhältnisgleiches Umrechnen des über dem „Dritteilpunkt" wirkenden grössten Momentes $M_2 = 87{,}8$ mt bezüglich des Abstandes $x = 2{,}32$ m und ergibt sich zu $M_2' = 52{,}9$ mt. Beachtet man, dass das Widerstandsmoment $W_1 = 17\,100$ cm³ und $W_2 = 11\,200$ cm³

Tabelle II. Dehnungen und Normalspannungen an der unteren und oberen Lamelle in halber Länge des Trägers.

Messtelle	Lage		Lastzuwachs in Tonnen 30,6		61,1	
			$\Delta l'$	σ	$\Delta l'$	σ
1	L_{1u}	halbe Breite	− 32,5	− 654	− 65,5	− 1319
9	L_{2o}	halbe Breite	+ 33,6	+ 678	+ 68,6	+ 1385
2	L_{1u}	vorn	− 27,5	− 578	− 58,5	− 1235
13	„	hinten	− 33,2	− 675	− 66,4	− 1350
3	L_{1o}	vorn	− 25,1	− 538	− 53,4	− 1146
14	„	hinten	− 29,5	− 578	− 58,0	− 1153
8	L_{2o}	vorn	+ 35,0	+ 705	+ 68,8	+ 1385
19	„	hinten	+ 25,5	+ 509	+ 57,5	+ 1152
7	L_{2u}	vorn	+ 33,7	+ 664	+ 65,0	+ 1280
18	„	hinten	+ 33,1	+ 618	+ 62,6	+ 1248

L_1 = untere Lamelle u = Unterseite
L_2 = obere Lamelle o = Oberseite
Messlänge $l = 100$ mm $E = 2\,100\,000$ kg/cm²

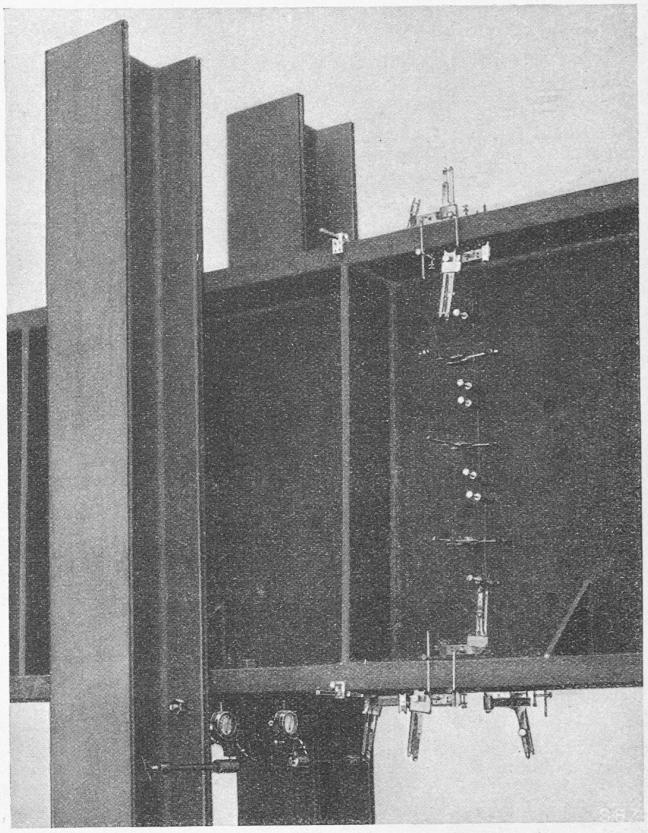


Abb. 4. Befestigung der Tensometer in Trägermitte.

beträgt, je nachdem man den Querschnitt als zur dickern oder dünnern Lamelle zugehörig ansieht, so erhält man als Normalspannung $\sigma_1 = 750$ kg/cm² und $\sigma_2 = 1143$ kg/cm². Um mit den Versuchsergebnissen Vergleiche ziehen zu können, ist wieder die Einzellast zu berechnen, die im

Tabelle III. Ergebnisse der Dehnungsmessung über die Lamellenschweissnaht.

Messtelle	Lage		Lastzuwachs in Tonnen 30,6		61,1	
			$\Delta l'$	σ	$\Delta l'$	σ
22	L_{1r}	vorn	− 21,8	− 450	− 50,1	− 1036
24	„	hinten	− 30,1	− 594	− 45,4	− 897
20	L_{1l}	vorn	− 29,8	− 588	− 60,9	− 1203
26	„	hinten	− 30,8	− 616	− 54,3	− 1086
23	L_{2r}	vorn	+ 33,9	+ 680,6	+ 63,5	+ 1275
25	„	hinten	+ 11,7	+ 250	+ 37,9	+ 811
21	L_{2l}	vorn	+ 31,9	+ 644	+ 62,2	+ 1256
27	„	hinten	+ 18,6	+ 375	+ 43,3	+ 874

L_1 = untere Lamelle r = rechte Seite } von der Pumpe
L_2 = obere Lamelle l = linke Seite } aus gesehen.

Tabelle IV. Ergebnisse der Dehnungsmessung im Steg in halber Länge des Trägers.

Messtelle	Lage	Lastzuwachs in Tonnen 30,6		61,1	
		$\Delta l'$	σ	$\Delta l'$	σ
4	vorn	− 11,6	− 229	− 23,6	− 466
15	hinten	− 15,0	− 311	− 26,7	− 554
6	vorn	+ 16,0	+ 322	+ 33,0	+ 664
17	hinten	+ 13,2	+ 272	+ 28,3	+ 586
5	vorn	+ 2,5	+ 51	+ 5,5	+ 113
16	hinten	+ 1,0	+ 20	+ 2,8	+ 56

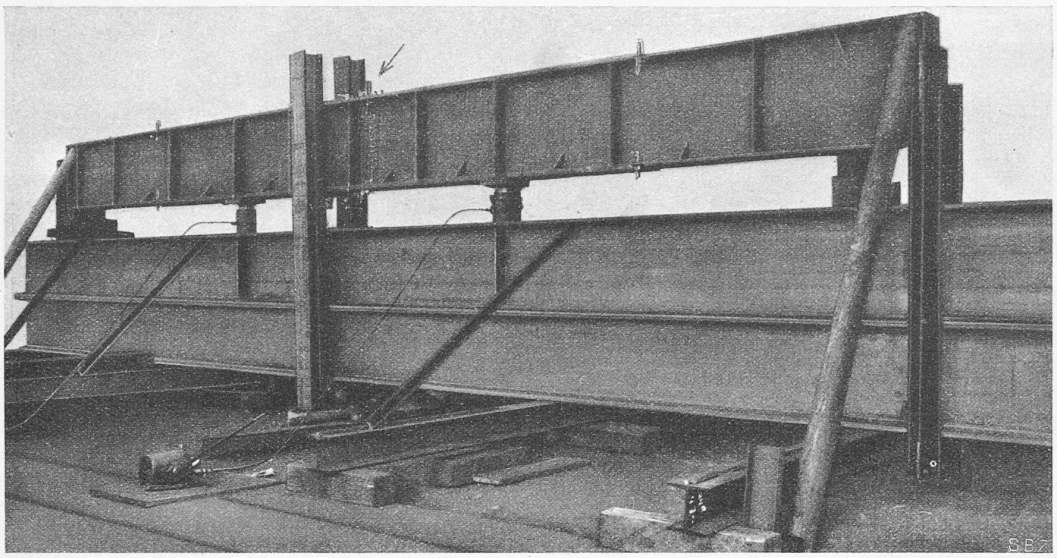


Abb. 2. Der elektrisch geschweisste Blechträger auf dem Versuchstand.

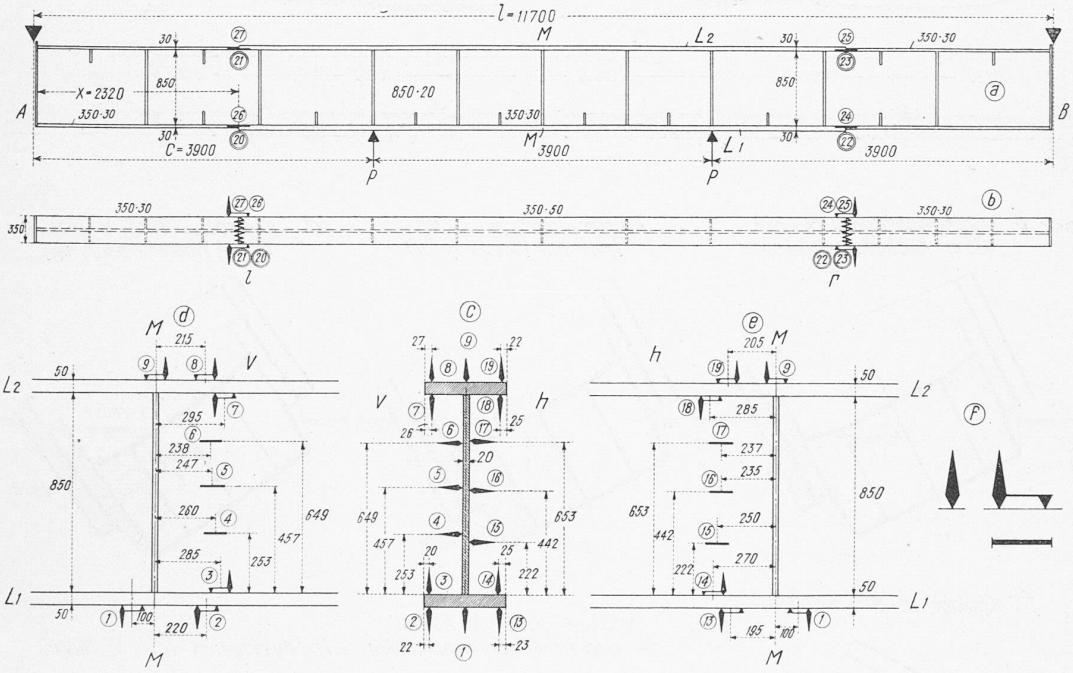


Abb. 3. Ansicht und Draufsicht des Trägers 1 : 80 und Querschnitte 1 : 30, mit Angabe der Messstellen.

Schweissnahtquerschnitt das theoretische Biegemoment $M' = 128$ mt erzeugt. Die elementare Rechnung, von deren ausführlicher Wiedergabe wir absehen, ergibt $P' = 54{,}5$ t. Für die auf die Versuchslast von $P = 61{,}1$ t bezogene Normalspannung erhält man $\sigma_1' = 842$ kg/cm² und $\sigma_2' = 1280$ kg/cm². Die an dieser Stelle gemessenen und in Tabelle III zusammengestellten Werte liegen zwischen 811 kg/cm² und 1275 kg/cm². Die Rechnung gibt auch an dieser Unstetigkeitstelle gute Anhaltspunkte über die am ausgeführten Träger zu erwartenden Beanspruchungen. Bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse ist zu beachten, dass die starke Querschnittsänderung lokale Biegungsspannungen zur Folge hat, welche durch die Rechnung nicht erfasst werden.

Um rechnerisch die grösste Ausbiegung zu ermitteln, die in halber Länge des Trägers auftritt, reduziert man die Momentenfläche, der die Versuchslast von 61,1 t entspricht, im Verhältnis der Trägheitsmomente, und findet eine Durchbiegung von 2,2 cm. Der Anteil, den die Querkraft von 61,1 t an der resultierenden Ausbiegung hat, ergibt sich zu 0,18 cm. Die rechnerische Durchbiegung ist somit 2,38 cm, während die Messung 2,36 ergab. Der Vergleich der Messergebnisse[1]) und der Rechnung zeigt eine gute Uebereinstimmung. Wir verweisen noch auf die in Tabelle IV im Steg des Trägers durch Messung ermittelten Normalspannungen. Ein Ueberblick der Messergebnisse bestärkt die Vermutung, dass der Träger sich bei der Belastung etwas um seine Längsaxe verdrehte. Diese Erscheinung ist dem Umstand zuzuschreiben, dass die Kolben der hydraulischen Pressen nicht genau in der Symmetrieebene des Trägerquerschnittes wirkten.

Bei der Bewertung der Versuche ist nicht ausser Acht zu lassen, dass für die Vorbereitung und Durchführung nur wenig Zeit zur Verfügung stand. Sie hatten nur den Zweck, einen allgemeinen Einblick in die Festigkeits-Verhältnisse zu liefern, soweit sie für die Werkstatt und das Konstruktionsbureau von Interesse sind. Systematisch ausgeführte Untersuchungen, die unter Umständen bis zur Zerstörung auszudehnen sind, würden naturgemäss die ausgeführten Versuche in wertvoller Weise ergänzen und eine Reihe von Fragen abklären, wie z. B. den Einfluss von Eckversteifungen.

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass bei sorgfältiger Schweissarbeit und bei Verwendung erstklassiger Elektroden erfreuliche Fortschritte in der Anwendung der Elektroschweissung erzielt werden können.

Neuartige Fundation beim Bau der Brücke über den Kleinen Belt.

Diese Brücke zwischen dem festländischen Jütland und der Insel Fünen soll die gegenwärtigen Trajektfähre über den Kleinen Belt ersetzen, sodass künftig der Bahn- und Strassenverkehr von Kopenhagen mit den westlichen, grössten Landesteilen nur noch durch *eine* Trajektstrecke, die über den Grossen Belt, gehemmt wird.

Die im internationalen Wettbewerb vor drei Jahren vorgeschlagene neuartige Lösung für die Gründung der Brückenpfeiler, deren Fundamentsohle bis 37 m unter dem Meeresspiegel liegt, hat zur Zeit den Beweis ihrer Tauglichkeit für die praktische Ausführung zu erbringen. Das System beruht grundsätzlich darauf, einen Senkkasten mit ovalem Grundriss von 41 m Länge und 20 m Breite zu

[1]) Die Ablesungen wurden von Herrn Ing. Fröhli, Adjunkt der Baupolizei Basel vorgenommen.