

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Band:** 103/104 (1934)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Ueber Wärmespannungen bei Schweissungen  
**Autor:** Sonderegger, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83336>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.11.2024

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

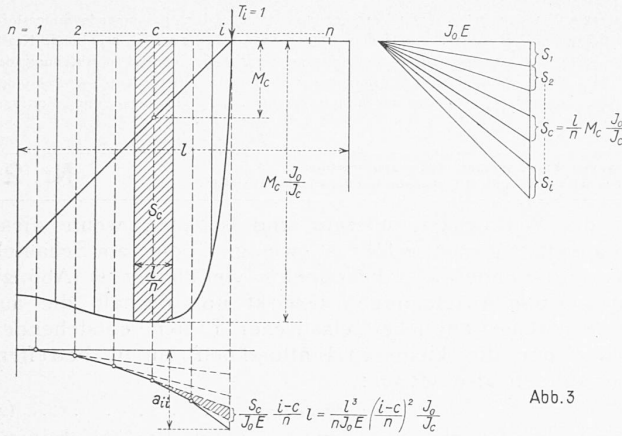


Abb. 3

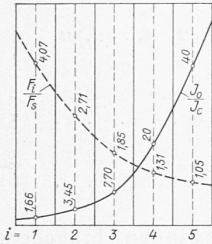


Abb. 4

Endlich ist die Schwingungszahl pro Minute

$$n = \frac{30 \lambda}{\pi} = \frac{30 \beta_v^2}{\pi} \frac{1}{l^2} a_l i_0 \quad (13)$$

mit  $a_l = \sqrt{\frac{E}{\mu}}$  = Materialkonstante  
 $i_0 = \sqrt{J_0/F_s}$

Je weniger Elemente man wählt, umso rascher ist die Rechnung gemacht, aber desto ungenauer das Resultat. Die Praxis hat gezeigt,

dass eine genügende Genauigkeit erreicht wird, wenn man die Schaufeln in fünf Elemente teilt.

Als Beispiel berechnen wir das  $\beta_v^2$  einer stark verjüngten Schaufel, um die Anordnung der Rechnung zu zeigen. Der Trägheitsmoment- und Querschnittsverlauf dieser Schaufel ist durch Abb. 4 gegeben.

i	$\left(\frac{i-c}{n}\right)^2 \times \frac{J_0}{J_c}$	$\frac{F_i}{F_s}$
1	0	
2	$0,04 \times 1,66 = 0,066$	$2,71$
3	$0,16 \times 1,66 = 0,266$	
	$0,04 \times 3,45 = 0,138$	
	$0,404 \times 1,85 = 0,747$	
4	$0,36 \times 1,66 = 0,598$	
	$0,16 \times 3,45 = 0,552$	
	$0,04 \times 7,70 = 0,308$	
	$1,458 \times 1,31 = 1,910$	
5	$0,64 \times 1,66 = 1,060$	
	$0,36 \times 3,45 = 1,240$	
	$0,16 \times 7,70 = 1,230$	
	$0,04 \times 20,00 = 0,800$	
	$4,330 \times 1,05 = 4,550$	

$$\beta_v^4 = 25/7,386 = 3,39$$

$$\beta_v^2 = 1,84$$

$$\sum_i a_{ii}' \frac{F_i}{F_s} = 7,386$$

Die für diesen Fall ausgeführte Rechnung nach Rayleigh ergab genau das selbe Resultat.

Für eine Schaufel konstanten Querschnitts findet man nach vorstehender Methode  $\beta_v^2 = 3,54$  statt des genauen Wertes von 3,52, d. h. eine Abweichung von rd.  $\frac{1}{2} \%$ . Noch andere Vergleichsrechnungen wurden durchgeführt bei mehr oder weniger verjüngten Schaufeln, und immer stimmte das Resultat mit dem nach Rayleigh überein.<sup>4)</sup>

Der Vorteil dieser Methode ist, dass die ganze Rechnung, wenn die Verjüngung der Schaufel, d. h. die F- und J-Kurven bekannt sind, nur etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde beansprucht.

<sup>4)</sup> Es ist nun ohne weiteres möglich, die statische Schwingungszahl der gebundenen Schaufeln und die dynamische Schwingungszahl der freien oder gebundenen Schaufeln (siehe Fussnote 1) nach dieser Methode zu ermitteln. Im Bindungskoeffizienten wird man jedoch einen Mittelwert des Trägheitsmomentes der Schaufel einsetzen, z. B.  $J = J_0 \frac{\beta_v^2}{3,52}$ .

## Ueber Wärmespannungen bei Schweißungen.

Von Dipl. Ing. A. SONDEREGGER, Zürich.

Bestrebungen, aus grösseren Versuchs- und Beobachtungsreihen allgemeingültige Grundlagen zur Beurteilung und Berechnung der bei bestimmten Konstruktionen und Schweißverfahren auftretenden Wärmespannungen in den Schweißnähten zu erhalten, tauchen immer wieder auf, wie wir sehen werden mit negativem Erfolg. Es sollen im folgenden zwei solcher in grösserem Stile durchgeführte Untersuchungen besprochen und anschliessend gezeigt werden, warum solche Versuche zu keinem Erfolg führen können.

Von der amerikanischen Marine sind gelegentlich des Baus eines lichtbogengeschweissten Hilfsfahrzeuges in grösserem Umfange Messungen über die Schrumpfung verschiedener Schweißverbindungen infolge von Wärmespannungen gemacht worden. Dabei wurden kontrolliert: 1. die T-Schweißung der Stehbleche auf der durchgehenden Schiffsschale; 2. die gejoggelte Ueberlapptschweißung; 3. die Stosschweißung mit einseitiger Lasche. Es wurden durchlaufende und intermittierende Nähte kontrolliert. Von jeder Schweißart wurden etwa 50 von verschiedenen Schweißern ausgeführte Schweißstellen gemessen. Es wurden die Längs- und hauptsächlich die Querschrumpfung gemessen. Für die Messung quer zur Naht wurde eine Länge von 6" als Normalmass kontrolliert. Die Kontraktion in der Längsrichtung wurde auf die Länge von 10 Fuss gemessen. Den Tabellen<sup>1)</sup> über die erhaltenen Resultate sei noch vorausgeschickt, dass das ganze Fahrzeug von 37 m Länge auf diese Länge eine Gesamtverkürzung unter das Zeichnungsmass von 75 mm erfuhr, während genietete Schiffe erfahrungsgemäss dieses Mass immer etwas überschreiten.

Tabelle I (S. 239) zeigt den grossen Unterschied in der Kontraktion unterbrochener und durchgehender Kehlnähte (Abb. 1). Einem Maximum von nur 1,27 mm bei jenen steht bei diesen ein solches von 2,03 mm gegenüber, während das Verhältnis der Gesamtmittel 0,25 zu 1,44 beträgt. Es ist also in Bezug auf Spannungen unbedingt vorteilhaft, Stehbleche z. B. an das Stegblech von Trägern mit unterbrochenen Nähten anzuschweissen. Der Vergleich zwischen Tabelle II und III ergibt, dass die überlappte Schweißung (Abb. 2) erheblich weniger geschwunden ist als die Stosschweißung (Abb. 3) mit einseitiger Lasche — eine Folge der kleinern Zahl der Nähte im ersten Fall.

Ein wesentliches Ergebnis aller Messungen ist ihre starke Streuung. Die ausserordentlich grossen Schwankungen, die trotz genau gleicher konstruktiver Verhältnisse und genau gleicher Ausführung vorliegen, zeigen, dass auf diese Weise exakte Resultate nicht erhalten werden können, und dass ein Faktor mitsprechen muss, der diese verschiedenen Resultate unter anscheinend gleichen Verhältnissen verursacht.

In Deutschland wurden in neuerer Zeit — auf Veranlassung des Zentralverbandes der Preussischen Dampfkessel-Ueberwachungsvereine — ebenfalls Spannungsversuche in grösserem Ausmass veranstaltet. Für diese Versuche wurden Blechtafeln von  $1500 \times 1200 \times 14$  mm verwendet und die nach dem Schweiessen solcher Platten und nach dem völligen Erkalten eingetretene Verformung, Schrumpfung und Dehnung und die denselben entsprechenden inneren Spannungen nach Grösse und Lage bestimmt. Ueber diese Versuche hat Reinhard im vergangenen Jahre berichtet.<sup>2)</sup> Von den Blechtafeln wurde ein Teil mit durchgehender Stossnaht in der Längsmittellinie geschweisst (Abb. 4). Ein anderer Teil der Tafeln wurde in der Längsachse mit einem Schlitz von 300 mm Länge versehen, der zugeschweisst wurde (Abb. 5). Die Platten wurden mit einer scharfen Reissnadel mit einem

<sup>1)</sup> „Designing for Arc Welding“, Lincoln Electric Co., Cleveland.

<sup>2)</sup> „Die Wärme“, Nr. 4, 56. Jahrgang, 28. Januar 1933.

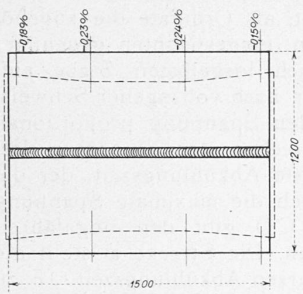


Abb. 4.

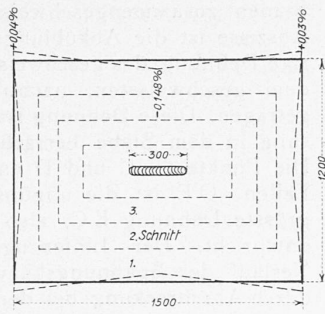


Abb. 5.

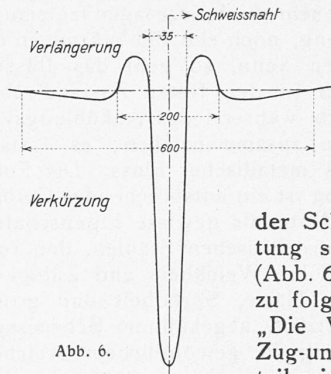


Abb. 6.

Liniennetzwerk von 40 mm Quadratseite überzogen. Dieses Netz wurde vor und nach dem Schweißen teils mit dem Mikroskop, teils mit einer Feinmess-Schieblehre ausgemessen; die Differenzen beider Messungen ergaben dann die Verformung durch das Schweißen. Soweit war das Verfahren einleuchtend. Es wurde dann aber unter Verkleinerung der Tafeln durch Abschneiden von Streifen weitergemessen und die hierbei eintretende neue Verteilung der Längsänderungen der Netzlinien bestimmt. Was damit erreicht werden sollte, ist nicht klar. Ueber eine vorangegangene Glühung der Bleche äussert sich der Bericht-erstatler nicht. Die Blechtafeln wurden gross gewählt, in der Meinung, die schlitzförmige Schweissstelle könne dann als fest eingespannt betrachtet werden. Indessen zogen sich die Blechränder trotzdem in der Längsaxe um 1,78 mm zusammen. In der Querrichtung war die Kontraktion ungleichmässig, mit einer Einbuchtung in der Mitte.

ergeben. Der Bericht-erstatler erhebt aber die Frage, ob diese Resultate auch für den Fall einer (fest eingespannten) Naht an einer Kesseltrommel gelten. Er gibt zu, dass nach den vorliegenden praktischen Resultaten bei ausgeführten Nähten an Druckgefässen nie Misserfolge aufgetreten seien, die das Bestehen so hoher Eigenspannungen vermuten liessen. Er schliesst selbst, dass die Ergebnisse der Versuche nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse im Druckgefässbau übertragbar seien, ohne die Gründe zu kennen."

Während also bei den amerikanischen Versuchen eine erhebliche Unklarheit durch die Verschiedenheit der gemessenen Resultate besteht, so wird hier an den Ergebnissen gezweifelt, weil die Erfahrungen im praktischen Gefässbau zu den hohen gemessenen Spannungen der Versuche in Widerspruch stehen. Auch hier ist offenbar ein Faktor in Wirkung getreten, der trotz anscheinend gleichen Verhältnissen bei den Versuchen und in den Fällen der Praxis verschieden ist.

Der diese Unstimmigkeiten verursachende Faktor ist die Art und das Tempo der Abkühlung der Schweißung. Um deren Einfluss zu überblicken, muss man sich den ganzen Wärmevergung bei einer Schweißung überlegen.

Erwärmt man eine Stelle in der Mitte einer Blechtafel lokal mit einem Gasschweissbrenner, so sucht sich das erwärmte Material auszudehnen und es entsteht, weil es dieser Ausdehnung im Sinne der Blechfläche nicht folgen kann, in dem erwärmten Material eine zunehmende Spannung. Sobald die erwärmte Stelle in den rotwarmplastischen Zustand gelangt, staucht sich das Material, was sich als Verdickung des Bleches an dieser Stelle äussert. Entfernt man nun die Wärmequelle, so tritt durch den allseitigen Wärmeabfluss in das umgebende Blech eine rasche Abkühlung der erwärmten Stelle ein. Dabei vermag sich die entstandene Stauchung durch eine Streckung im entgegengesetzten Sinne nicht wieder aufzuheben. Die Verdickung des Materials bleibt bestehen und es entstehen an der behandelten Stelle elastische Radialspannungen. Dieser Vorgang ist allen Praktikern in der Blechbehandlung bekannt; er wird dazu benutzt, um Ausbeulungen in geraden Blechflächen eben zu ziehen, "einzuziehen" wie man es nennt. Zu diesem Zwecke werden auf der Beule einige verteilte Punkte mit dem Schweißbrenner rotwarm gemacht: Durch die hervorgerufenen Radialspannungen verkürzt sich die gewölbte Fläche und wird eben, während sich die erwärmten Stellen verdicken. Aehnlich geschieht das Geradeziehen krummer Träger aller Art, indem man auf der konvexen Längsseite einen schmalen Streifen erwärmt, sodass sich hierin das Material aufstaucht. Bei der Abkühlung zieht nun die eintretende Verkürzung den Balken gerade.

Bei einer autogenen oder elektrischen Schweißnaht hat man es nun ebenfalls mit einer lokalerwärmten Stelle eines Metallkörpers zu tun. Hier wird die Wärme in flüssigem Metall sehr rasch eingebracht, und das Verhalten dieser Stelle ist nun ein wesentlich anderes je nach der Art und Schnelligkeit der Abkühlung.

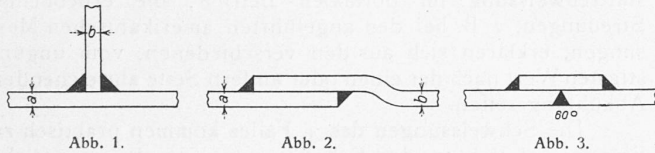


Tabelle I (Abb. 1).

T-Verbindung auf dem vollen Blech, fortlaufend und unterbrochen geschweisst.

Dicke der Bleche in mm		Querschrumpfung (auf 6 Zoll) in mm							
a	b	Unterbrochen geschweisst			Durchgehend geschweisst				
		Messungen	max.	min.	mittel	Messungen	max.	min.	mittel
3,2	3,2	3	0,25	0,0	0,0	4	1,27	1,12	1,27
6,3	6,3	28	1,27	0,0	0,25	—	—	—	—
6,3	8,0	—	—	—	—	28	2,03	1,01	1,42
6,3	9,5	5	0,76	0,0	0,25	—	—	—	—
8,0	8,0	—	—	—	—	2	—	—	1,65
9,5	9,5	10	0,76	0,0	0,35	13	1,8	0,0	1,04
Gesamtmittel		46	—	—	0,25	47	—	—	1,44
6,3	6,3	—	—	—	—	5	0,5	0,0	0,25

Tabelle II (Abb. 2).

Ueberlappte Verbindung gegjgelt.

Dicke der Bleche in mm		Querschrumpfung (auf 6 Zoll) in mm			
a	b	Messungen	max.	min.	mittel
3,2	4,8	3	2,3	1,27	1,78
4,8	4,8	—	—	—	—
6,3	6,3	8	1,65	1,02	1,27
6,3	8,0	—	—	—	—
6,3	9,5	10	3,4	0,64	1,62
8,0	8,0	—	—	—	—
9,5	9,5	16	1,90	1,02	1,50
Gesamtmittel		37	—	—	1,50

Tabelle III (Abb. 3).

Stumpfstoss mit einseitiger Lasche.

Dicke von Blech und Lasche in mm		Querschrumpfung (auf 6 Zoll) in mm			
	Zahl der Messungen	max.	min.	mittel	
3,2	2	2,05	1,90	2,0	
6,3	42	5,3	1,52	2,2	
8,0	5	2,28	1,52	1,90	
9,5	13	2,6	1,27	1,93	
Gesamtmittel		62	—	2,13	



Erfolgt die Abkühlung sehr rasch, sozusagen momentan, durch sofortige Abschreckung, noch ehe die Wärme in das umgebende Blech abfliessen kann, so geht das flüssige Schweissgut ganz plötzlich in den festen Zustand über, ohne dass es Zeit hat, sich während des Abkühlungsvorganges in normaler Weise zusammenziehen; es erstarrt vielmehr augenblicklich als metallischer Fluss. Die Folge der plötzlichen Abschreckung ist ein entsprechendes Gefüge, das je nach der Art des Materials gewisse Eigenschaften mit sich bringt. Bei den austenitischen Stählen, den rostfreien Stählen, ist diese Folge Weichheit und Zähigkeit, bei den Kohlenstoffstählen Härte, Sprödeheit und grosse innere Spannung. Bei plötzlich abgekühltem Schweissgut einer Lichtbogenschweissung in gewöhnlichem weichem Flusseisen sind innere Spannungen nicht gefunden worden. Auch andere Nachteile im Gefüge solchen Materials sind nicht bekannt. Der englische Metallurge L. W. Schuster hat sogar in allerneuester Zeit gefunden, dass die plötzliche, d. h. möglichst rasche Abkühlung einen günstigen Einfluss auf die Kerbzähigkeit des Eintragmaterials ausübe. In einem Berichte der Institution of Mechanical Engineers<sup>3)</sup> gibt er als Grund hierfür das Verhalten des in einer Bogenschweissung stets in geringsten Mengen vorhandenen Stickstoffs an. Erfolgt die Abkühlung der Schweisstelle nicht so plötzlich, sondern etwas langsamer, so wird das Schweissgut dem Gesetz der Zusammenziehung bei der Abkühlung zu folgen suchen, soweit dies die Einspannung der zusammengeschweissten Teile gestattet. Dabei können äussere und innere Teile des Schweissguts zufolge schnellerer und langsamer Abkühlung nicht gleichzeitig folgen. Hierbei hat man sich den Abkühlungsvorgang noch von einer andern Seite zu überlegen. Mit dem geschmolzenen Schweissgut wird in die Schweissfuge eine Wärmemenge eingebracht, die sofort abzufließen beginnt, einerseits durch Strahlung in die Umgebung, andererseits durch Leitung in das umgebende Muttermaterial beiderseits der Schweissung. Durch die zufließende Wärme beginnen bei fester Einspannung die Schweissränder gegeneinander zuzuwachsen, was ja geschehen kann, solange das Schweissgut flüssig ist. Die bis zu diesem Momente erfolgte Verlängerung der Blechränder wird bei der Abkühlung des Ganzen teilweise wieder zurückgehen. Auch das Schweissgut selbst möchte sich vom Moment des Festwerdens an verkürzen; beide Tendenzen zusammen bestimmen die Höhe der entstehenden Schweissspannung. Da das Schweissgut durch Strahlung infolge seiner hohen Temperatur erheblich mehr Wärme abgibt als die Schweissränder, so wird seine Abkühlung, bzw. seine Kontraktion, der Ausdehnung der Schweissränder voreilen, sodass im Schweissgut noch vor dem Rückzug der Schweissränder eine Spannung entsteht. Es wird sich infolgedessen zu strecken suchen, was im plastischen Zustande zwischen 1200 und 600 Grad leicht möglich ist, sofern die Abkühlung nicht zu rasch erfolgt.<sup>4)</sup>

Es sind demnach mit Rücksicht auf die Abkühlungszeit die folgenden drei Fälle zu unterscheiden: 1. Keine Spannung zufolge sofortiger Schreckung und Vermeidung jeder Längenänderung. 2. Eine grosse Spannung zufolge rascher Abkühlung und Kontraktion ohne Streckung des Schweissgutes. 3. Reduzierte Spannung infolge einer solchen Streckung bei langsamer Abkühlung. Diese drei Fälle sind natürlich nicht scharf getrennt, sondern gehen allmählig ineinander über.

In Abb. 7 wurde versucht, diese Verhältnisse in einem Diagramm, etwa für einen fest eingespannten, aus zwei

<sup>3)</sup> Journal of the American Welding Society, April 1934, Vol. 13, Nr. 4, Seite 19.

<sup>4)</sup> Dass die Verformung eines rotwarmen Materials Zeit braucht, zeigt der bekannte Versuch der Abschreckung eines rotwarmen Stabes, der seiner Länge nach zur Hälfte in das Abschreckbad getaucht wird. Hierbei krümmt sich der Stab mit der konvexen Seite nach unten, weil nur die langsamer abgekühlte obere Seite des Stabes der Zusammenziehung folgen kann, während die rasch abgekühlte untere Hälfte infolge der Schnelligkeit des Vorganges die Verkürzung nicht mitmachen kann.

Stäben zusammengeschweissten Stab, wiederzugeben. Als Abszisse ist die Abkühlungszeit, als Ordinate die zugehörige Dehnung des geschweissten, eingespannten gegenüber dem geschweissten, nachträglich losgelösten Stabe aufgetragen. Diese Dehnung ist der nach vollzogener Schweissung in dem Stabe herrschenden Spannung proportional. Die Punkte O, C und D entsprechen den genannten drei Fällen. OE ist die ungünstigste Abkühlungszeit, der die grösste Dehnung EC, also auch die maximale Spannung entspricht. Der Linienzug OCD gibt den ungefähren Verlauf der Spannungskurve an. Die Strecke a stellt die durch Abschreckung bei der kurzen Abkühlungszeit OF zu erzielende Verringerung der endgültigen Dehnung dar, die Strecke b die dank der elastischen Streckung der Schweisse bei der langen Abkühlungszeit OG erreichbare Verringerung.

Bei der sog. Kaltschweissung (1. Fall) wird die Entstehung von Spannungen dadurch verringert, dass man die Erwärmung des Arbeitsstückes möglichst vermeidet, indem man an dem möglichst kalt gehaltenen Stück langsam, d. h. mit längeren Pausen, arbeitet oder aber, indem man das Arbeitsstück so in ganz kaltes Wasser legt, dass nur gerade die Schweisstelle heraus schaut, wobei die zufließende Wärme sofort ins Wasser abgeführt wird. In neuester Zeit ist es den Amerikanern Jensen und Harvey gelungen, Schweisstäbe herzustellen, mit denen ganz unter Wasser geschweisst werden kann, sodass eine ganz vollkommene Abschreckung erreicht wird. Die „Kaltschweissung“ wird namentlich bei Arbeitsstücken angewandt, wo bei der Schweissung jede Deformation vermieden werden muss, z. B. bei schon fertig bearbeiteten Stücken, an denen ein Fehler ausgebessert werden muss.

Im Bereich des 2. Falles liegen alle Fälle der Werkstattschweissung im normalen Betrieb; die erheblichen Streuungen, z. B. bei den angeführten amerikanischen Messungen, erklären sich aus den verschiedenen, vom ungünstigsten Wert nach der einen oder andern Seite abweichenden Abkühlungszeiten.

Die Schweissungen des 3. Falles kommen praktisch zu Stande bei Schutz des Schweissgutes durch eine dicke Schlackendecke (stark umhüllte Elektroden), durch Wärmezufuhr in dasselbe durch der Ummantelung beigegebene exotherm wirkende Stoffe oder durch eine Vorwärmung des Arbeitsstückes. Dass dieser spannungsvermindernde Einfluss der Vorwärmung und die Streckung des Schweissgutes am erwärmten Objekt tatsächlich eintritt, lässt sich auf verschiedene Art nachweisen. An Hand von Versuchen mit starken Winkeleisen und Eisenblechen hat der Verfasser das schon im Jahre 1928 getan.<sup>5)</sup> In neuester Zeit hat Dr. K. Jurczyk Versuche veröffentlicht, welche die Streckung des Schweissgutes ebenfalls in eindeutiger Weise zeigen.<sup>6)</sup> Dieser Versuch wurde folgendermassen ausgeführt:

Auf ein Flacheisen aus St 37 von  $14 \times 80 \text{ mm}^2$  Querschnitt und 1 m Länge wurden Schweissraupen senkrecht zur Längsrichtung aufgetragen. Das Flacheisen war während des Schweissens mit einer konstanten Zugspannung belastet, sodass es der Längenänderung unter dieser konstanten Zugbelastung folgen konnte; die Längenänderungen während des Versuches wurden mit einer Messuhr gemessen. Das Flacheisen wurde für den Versuch einmal mit  $1000 \text{ kg/cm}^2$ , zweimal mit  $600 \text{ kg/cm}^2$ , und einmal mit  $100 \text{ kg/cm}^2$  während des ganzen Versuches belastet. Die Elektroden wurden mit Zwischenpausen von rd. drei

<sup>5)</sup> „Escher-Wyss Mitteilungen“, Heft 3, Jahrg. 1928.

<sup>6)</sup> „Die Elektroschweissung“, 5. Jahrg., Heft 2, Februar 1934.

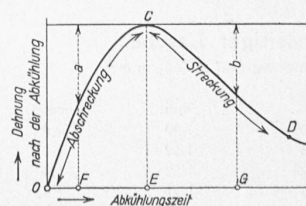


Abb. 7.

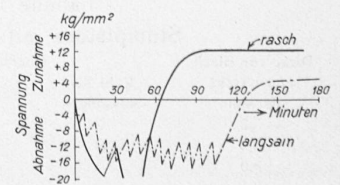


Abb. 8.



Abb. 1. Ansicht von der Parkseite des Golfhauses in Tokio.



Abb. 2. Grosse Halle im Obergeschoss, im vorspringenden Mittelbau.

Minuten verschweisst. Dabei ergab sich bei den beiden höhern spezifischen Belastungen an den erwärmten Stellen, d. h. in der Schweissung an Stelle einer Kontraktion durch die Schweissung eine Streckung in derselben, sodass bei 1600 kg Belastung eine bleibende Verlängerung von 4,16, bzw. 0,95 mm eintrat. Bei der Belastung von 100 kg/cm<sup>2</sup> reichte diese gerade noch aus, um die Verkürzung des Stabes durch Streckung der Schweissung beinahe aufzuheben; es blieb eine Verkürzung von 0,31 mm bestehen. Von den beiden Versuchen mit 600 kg Belastung wurde der eine mit längeren Zwischenpausen zwischen den Schweissraupen durchgeführt; dabei wurden die Schweissraupen in grösserer Entfernung voneinander gelegt. Bei diesem Versuch war zufolge des langsameren Verlaufes und der weniger grossen örtlichen Erhitzung das Strecken der Schweissraupen ein mässigeres. Gegenüber der Verlängerung des Parallelversuches mit gleicher Belastung von 0,945 mm blieb nur eine solche von 0,235 mm bestehen.

Dr. Jurczyk hat noch einen weiteren Versuch ausgeführt, der die obigen Ausführungen ebenfalls bestätigt und dabei zeigt, wie kompliziert die Interpretation solcher Versuche ist. Es wurden zwei Flachstäbe 8 × 60 mm, 2 m lang, aus St 37 unter Vorspannung nebeneinander in einem Rahmen fest eingespannt und mit einer Längsnaht von 1 m Länge, an einem Ende der Stäbe beginnend, zusammengeschweisst. Von zwei Versuchen wurde der eine mit rascher Arbeit möglichst ohne Unterbrechungen durchgeführt, während beim andern langsam und mit Unterbrechungen gearbeitet wurde. Durch die Erwärmung nahm zuerst die vorhandene Vorspannung ab, dann trat bei der Abkühlung eine starke Schrumpfschpannung ein, sodass sich die schon vorhandene Vorspannung beim kontinuierlichen Versuch um 12,2 kg/mm<sup>2</sup> erhöhte. Bei der intermittierenden Schweissung war die Spannungserhöhung nur 4,6 kg/mm<sup>2</sup> (Abb. 8). Die Erklärung hiefür liegt darin, dass beim langsameren Verfahren die Vorspannung bei der nach jeder Schweissraupe eintretenden Abkühlung das rotwarmer Raupenstück streckte (Fall 3). Bei dem raschen Verfahren trat diese Streckung nicht ein (Fall 2).

Einen weiteren untrüglichen Beweis für die spannungsbefreiende Wirkung der Vorwärmung bildet das Schweissen von Gusseisen. Beim Gusseisen, das auf Zugspannungen ja besonders empfindlich ist, weil das weisse Gusseisen in der Randzone der Schweissung sehr spröde ist, wirken sich auch geringe Spannungen sofort als kleinere oder grössere Haarrisse aus. Bei Vorwärmung zu schweisender Gusseisenstücke möglichst bis auf 300 Grad wird diese Rissgefahr fast gänzlich vermieden. Die vom Verfasser seit Jahren empfohlene Vorwärmung auf die genannte Temperatur findet in letzter Zeit auch im Ausland für das Schweissen schwieriger Objekte steigenden Anklang, so z. B. bei der Auftragschweissung von Spurkränzen von Eisenbahnradreifen. Hier, wie bei allen höher legierten Stählen, spielt die erleichterte Vergütung der Randzone durch Mehrlagenschweissung beim vorgewärmten Stück eine Rolle. Aus verschiedenen Ländern hört man z. Z. von neuen Bestrebungen, Messungen von Schrumpfschpannungen an Schweissungen in grösserem Umfange durchzuführen. Diese können, wie es im Vorstehenden darzulegen versucht wurde, nur zu einem Erfolg führen, wenn es gelingt, die Abkühlungsgeschwindigkeit jeder Schweisstelle mitzuerfassen. Ob das möglich ist, ist allerdings eine offene Frage.

## Neuere Architekturen des Auslandes.

Im folgenden zeigen wir unsern Lesern drei Beispiele neuer Architektur, über die „La Technique des Travaux“ ausführlich berichtet hat; die Strichzeichnungen sind dieser Zeitschrift entnommen.

### I. Das Gebäude des Golf-Club in Tokio.

Architekt: A. RAYMOND, Ingenieur: TSUTOMU SAKAI.

Die Gegenwart legt besonderen Nachdruck auf die Feststellung, dass neues Bauen trotz der allgemeinen Verwandtschaft der Ausdrucksformen starke nationale Eigenheiten aufweist. Dass dies zutrifft, wenigstens bei Bauten, die wirklich den Anspruch einer neuen Gesinnung erheben dürfen, dafür ist ein schlagkräftiges Beispiel dieser Bau Japans. Die lebensbejahende, naturnahe Anlage, der unbeschwerter, frohe Reichtum der Gliederung alter japanischer Bauten lebt hier unvermindert weiter. Das Clubgebäude liegt am Rande eines Parkes vor einem weiten freien Spielgelände. Seine zwanglose Grundrissgestaltung und seine reichlichen Terrassen unterstreichen die besondere Verbundenheit von Sportbau und Umgebung. Die Gartenanlagen setzen sich auf diesen Terrassen fort, durch ein Schwimmbad ergänzt.

Im Erdgeschoss befinden sich, um eine Eingangshalle gruppiert, die ausgedehnten Umkleideräume, eine Bar, die Bureaux und Küchenräumlichkeiten. Darüber liegen im Obergeschoss Speisesaal und Speiseterminale, Damenräume, eine weitere Bar, und, in bevorzugter Lage, der grosse Gesellschaftsaal (Abb. 2). Dieser ist zweistöckig, mit umlaufender Galerie, das Zentrum der ganzen, sauberen Anlage.

Besondere Aufmerksamkeit wurde bei diesem Eisenbetonbau auf seine Widerstandsfähigkeit gegen Erdbeben gerichtet. Man suchte diese zu erreichen durch Erhöhung der Konstruktionsgewichte, durch Unterteilung des Gebäudes in einzelne Blöcke, die untereinander kaum verbunden sind, in sich selbst aber starre Systeme bilden, in denen sich die einzelnen Bauelemente bei Erdbeben in ihrer gegenseitigen Lage nicht verschieben können.