

# Ueber den Spannungszustand und die Festigkeit von Kehlnähten

Autor(en): **Höhn, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **99/100 (1932)**

Heft 20

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-45494>

## **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.

# Ueber den Spannungszustand und die Festigkeit von Kehlnähten.<sup>1)</sup>

Von E. HÖHN, Oberingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern, Zürich.

Durch die elektrische, zum Teil auch autogene Schweisung gelingt es, Kehlnähte zu schweissen und dadurch Verbindungen herzustellen, die an Einfachheit die genieteten übertreffen. Die Beurteilung der Festigkeit solcher Verbindungen setzt die Kenntnis des Spannungszustandes geschweisster Kehlnähte voraus. Es fehlt in der Literatur nicht an Vorschlägen zur Berechnung solcher Nähte auf Festigkeit, ohne dass es bis jetzt gelungen wäre, den Spannungszustand richtig zu erkennen.

„Kehlnaht“ ist der zusammenfassende Begriff für Stirn- und Flankennaht. Der Verfasser hat schon bei seinen ersten Untersuchungen auf deren verwickelten Spannungszustand hingewiesen.<sup>2)</sup> Bei den Flankennähten müssen wir zwei Fälle unterscheiden: 1. Die Bleche (Knotenbleche, Stehbleche usw.), an welche die Flacheisen angeschweisst sind, sind durch Fugen getrennt, durch die Flacheisen werden die Fugen überbrückt; 2. Die Bleche sind vollwandig und die Flacheisen bilden Verstärkungen. Zu dieser Gruppe gehören die Sicherheitslaschen für geschweisste Nähte.

## 1. Spannungszustand der Flankennaht in der Längsrichtung.

a) Die Flacheisen überbrücken eine Trennfuge. In Abb. 1 ist die linke Hälfte der Verbindung veranschaulicht. Der Stab S ist belastet, innerhalb der Laschenverbindung sind die Spannungen  $\sigma_S$  der Stabteile und  $\sigma_L$  der Laschenteile wegen des Ueberganges von Kraftlinien von den einen an die andern veränderlich. Im Stab fallen die Spannungen von  $\sigma_{S\max}$  bis zum Wert 0 bei der Trennfuge, in den Laschen findet umgekehrt ein Anstieg von 0 auf  $\sigma_{L\max}$  statt. Der Einfachheit halber wird gradliniger Spannungsverlauf vorausgesetzt.

Die Dehnungen  $\epsilon$  unterscheiden sich bei einaxiger Spannung, die wir zunächst behandeln, nur im Masstab von den Werten  $\sigma$ . Die Aufgabe ist, Art und Grösse der in den Flankennähten auftretenden Spannungen zu bestimmen. Spannungen und Dehnungen in Stab und Laschen hängen nach Hooke zusammen gemäss

$$\Delta l = \frac{Pl}{FE} \quad \frac{\Delta l}{l} = \epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \dots (1)$$

In einem Schnitt  $x$  ist  $\epsilon_x = \sigma_x/E$ . Für die ganze Längung des Stabes oder der Laschen innerhalb der Strecke  $l$  gilt

$$\Delta l = \int_0^l \epsilon dx = \frac{1}{E} \int_0^l \sigma dx \quad \dots (2)$$

Bei proportionaler Spannungszunahme ist  $\epsilon = nx$  bzw.  $\epsilon_0 = n \cdot 0$  und  $\epsilon_{\max} = nl$ , woraus  $n = \epsilon_{\max}/l$ . Die Gleichung (2) mit  $\epsilon = nx$  integriert, gibt

$$\Delta l = n \frac{l^2}{2} + C \quad \dots (3)$$

Für  $l = 0$  ist  $\Delta l = 0$ , daher  $C = 0$ .

$$\Delta l = \epsilon_{\max} \frac{l}{2} = \frac{1}{E} \sigma_{\max} \frac{l}{2} \quad \dots (4)$$

Bei nicht linearem Spannungsverlauf können die Dehnungen aus dem Spannungsbild, das durch Messung bekannt sein muss (Beispiel in Abb. 5) gemäss

$$\Delta l = \frac{1}{E} \int_0^l \sigma dx \quad \dots (5)$$

ermittelt werden. Die Längung  $\Delta l$  des Stabes ist verschieden von  $\Delta l$  der Laschen, schon wegen ungleichen Querschnitten. Ausserdem dehnt sich der Stab örtlich bei gleichzeitiger Verkürzung der gegenüberliegenden Laschenteile und umgekehrt. Im Schnitt  $x$  ergibt sich die relative Verschiebung

$$\Delta a_1 = \Delta x_S - \Delta x_L = \frac{1}{E} \left( \int_0^x \sigma_S dx - \int_0^x \sigma_L dx \right) \quad (6)$$

<sup>1)</sup> Die Bildstöcke zu dieser Arbeit sind uns vom Verein schweizerischer Dampfkesselbesitzer zur Verfügung gestellt worden. Red.

<sup>2)</sup> E. Höhn, „Ueber die Festigkeit elektrisch geschweisster Hohlkörper“, 1923.

Der Verlauf ist in Abb. 1 (unten) angegeben. Wir wollen die Verschiebungen  $\Delta a_1$  als *innere relative Verschiebungen* bezeichnen; es gibt, wie wir später sehen werden, noch eine andere Art solcher Verschiebungen.

Um dem Problem näher zu treten, nehmen wir die Stelle E (Abb. 1), in der  $\sigma_L = \sigma_S$  ist, als Ausgangspunkt. Den Schnitt, den wir durch diese Stelle legen, können wir Bezugsebene  $P_l$  nennen, wie bei Nietverbindungen.<sup>3)</sup> Diese Ebene können wir, weil die relativen Verschiebungen den Wert 0 haben, zur Einspannungsebene machen. Rechts von  $P_l$  (Index  $l$ , weil *links* der Symmetrieebene M) dehnen sich die Laschen mehr als die Stabteile, links davon verhält es sich umgekehrt. Die Verschiebungsgrösse  $\Delta a_1$  wächst nach den beiden Richtungen und nimmt in den Endstellungen Höchstwerte an.

Der Verschiebungsmechanismus kann durch den Vergleich der Verbindung mit ineinander gelegten Bürsten veranschaulicht werden. Stab und Laschen sind die Bürstenböden, die Flankennaht die Borsten (Abb. 2). Das Material der Böden sei zunächst äusserst elastisch (Kautschuk). Im Schnitt  $P_l P_l$  haben Spannungen und Dehnungen den nämlichen Wert, eine relative Verschiebung findet nicht statt, die Borsten bleiben vertikal gestellt. Nach rechts wächst die Teilung der Borsten bei der Bürste L zunehmend, nach links nimmt sie ab. Zu- und Abnahme sind als linear angenommen. Die ursprünglich konstanten Teillängen  $t$  ändern sich bei

$$\begin{aligned} L \text{ nach rechts } & t \quad t(1+a) \quad t(1+2a) \quad \dots \quad t(1+na) \\ L \text{ nach links } & t \quad t(1-a) \quad t(1-2a) \quad \dots \quad t(1-ma) \end{aligned} \quad (7)$$

umgekehrt beim Stab

$$\begin{aligned} S \text{ nach rechts } & t \quad t(1-\beta) \quad t(1-2\beta) \quad \dots \quad t(1-n\beta) \\ S \text{ nach links } & t \quad t(1+\beta) \quad t(1+2\beta) \quad \dots \quad t(1+m\beta) \end{aligned} \quad (8)$$

$$t(1-ma) = t(1-n\beta) = 0 \quad (8a)$$

Wir nehmen jedoch kein Interesse an der weiteren Entwicklung dieser Gleichungen. Abb. 1 gibt an, wie die Verschiebungsgrösse  $\Delta a_1$  verläuft, sie hat in der Bezugsebene den Wert 0.

Zu den bis jetzt betrachteten innern relativen Verschiebungen treten noch solche anderer Art; man wird sich ihrer bewusst, wenn die Böden der zum Vergleich

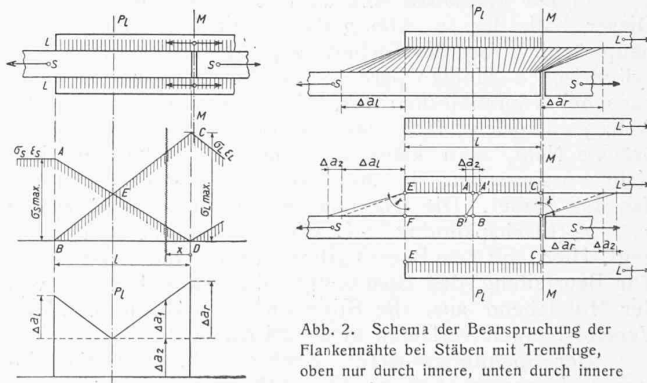


Abb. 1. Schematischer Spannungsverlauf und relative Verschiebungen bei einem Stab mit Trennfuge mit durch Flankennaht angeschweissten Laschen.

herangezogenen Bürsten nicht mehr elastisch sind, sondern starr. Die mit S bezeichneten Stabhälften (Abb. 2 unten), werden nach aussen gezogen. Dabei bleibt die Länge  $l$  konstant, ebenso bei den Laschen L. Die Flankennaht sind elastisch, wie die Borsten von ineinandergelegten Bürsten. Die Borsten werden sich infolge der Zugwirkung alle in die nämliche Schräge  $A'B'$  einstellen. Die Projektion von  $A'B'$  hat die Länge  $\Delta a_2$ , was für alle Punkte gilt. Der Verfasser hat diese Art der Verschiebung früher *äussere relative Ver-*

<sup>3)</sup> E. Höhn, „Nieten und Schweißen der Dampfkessel“.

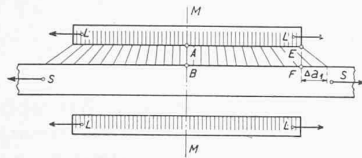


Abb. 4. Schema der Beanspruchung der Flankennähte durch innere relative Verschiebungen bei vollwandigen Blechen.

schiebung genannt, sie ist durch die Konstanz ihres Wertes gekennzeichnet. Es ist diejenige Verschiebung, die bei Vernietungen mit „Gleiten“ bezeichnet wird. Wie wir noch sehen werden, können relative Verschiebungen und Schubspannungen als proportionale Grössen aufgefasst werden. Die (mittlere) Schubspannung  $\bar{\tau}$ , die der äusseren relativen Verschiebung  $\Delta a_2$  entspricht, kann berechnet werden; es ist die Schubspannung, die vom Konstrukteur als Quotient aus Belastung und Haftfläche ermittelt wird (Gleichung 13).

Die gesamte relative Verschiebung ergibt sich bei Stäben mit Trennfuge aus der Superposition

$$\Delta a = \Delta a_1 + \Delta a_2 \quad (9)$$

Zur Erläuterung dient Abb. 2. Die äussere relative Verschiebung  $A'B'$  von  $AB$  hat den Wert  $\Delta a_2$ . Um soviel verschieben sich auch die Punkte  $C$  und  $E$  der Lasche nach rechts über entsprechenden Punkten des Stabes. Die durch die innern Verschiebungen  $\Delta a_1$  (Höchstwerte  $\Delta a_L$  und  $\Delta a_S$  in Abb. 2) gegebenen Winkeländerungen sind gestrichelt angedeutet. Die (ausgezogenen) Endlagen entsprechen der gesamten Winkeländerung  $\gamma$  (obwohl sich  $E$  nach rechts verschiebt, ist  $\Delta a_2$  links an  $\Delta a_L$  anzufügen).

Das Schema des Verlaufs der gesamten relativen Verschiebung  $\Delta a$  ist in Abb. 1 unten gezeigt. In der Bezugsebene  $P_L$  erreicht  $\Delta a$  ein Minimum, hier ist  $\Delta a = \Delta a_2$ . Für die Verhältnisse rechts von der Fuge müsste das Spiegelbild gezeichnet werden.

Der bisher betrachtete Fall des Stabes mit Trennfuge ist auf Knotenbleche anwendbar, wenn Streben derart an diese angeschweisst werden, dass die Flankennähte der Streben bis an die Ränder der Knotenbleche reichen.

b) Die Flacheisen sind an volles Blech angeschweisst. Dieser Fall, der in Abb. 3 dargestellt ist, ereignet sich hauptsächlich bei der Sicherung geschweisster Nähte von zylindrischen Hohlkörpern durch Laschen, kommt aber auch bei Knotenblechen vor. Beim Versuchsstab, der der Abb. 3 entspricht, fehlt zwar die durch die Laschen überbrückte Naht, man kann aber das Vorhandensein einer Naht voraussetzen; ihr Material wäre das nämliche wie das des Stabes. Die Untersuchung zeigt, dass  $C$  wegen  $\sigma_S > \sigma_L$  (Blechspannung  $>$  Laschenspannung) stets unter  $D$  liegt. Hier fehlt dem Begriff „Bezugsebene“ die Anwendung. Zur Beurteilung des Spannungszustandes geht man von der Mittelebene aus, die Spannungen und die relativen Verschiebungen verlaufen symmetrisch.

Der Spannungszustand gemäss Abb. 3 ist viel einfacher als gemäss Abb. 1; dies trifft auch für den Mechanismus der Verschiebungen zu. Die äussere relative Verschiebung ( $\Delta a_2$ ) fällt wegen Fehlens einer Trennfuge dahin, die Verschiebungen ( $\Delta a_1$ ) erfolgen nur nach Massgabe der Dehnungsunterschiede, dem Hooke'schen Gesetz entsprechend nach Gl. (6).

Für den Fall: Stäbe oder Laschen über Vollblech geschweisst, gilt

$$\Delta a = \Delta a_1 \quad (10)$$

In der Mittelebene  $M$  (Abb. 3 unten) sind die relativen Verschiebungen wegen des Gleichgewichtszustandes links und rechts  $= 0$ ; von  $M$  aus wächst  $\Delta a_1$  symmetrisch.

Auf den Vergleich mit ineinandergelegten Bürsten bezieht sich Abb. 4. Stab und Laschen sind in gedehntem

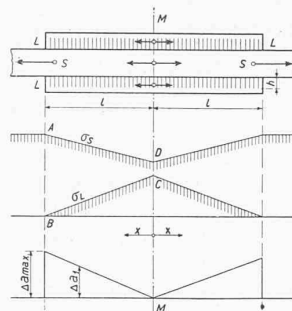


Abb. 3. Schematischer Spannungsverlauf und relative Verschiebungen bei einem vollen Stab mit durch Flankennähte aufgeschweissten Laschen.

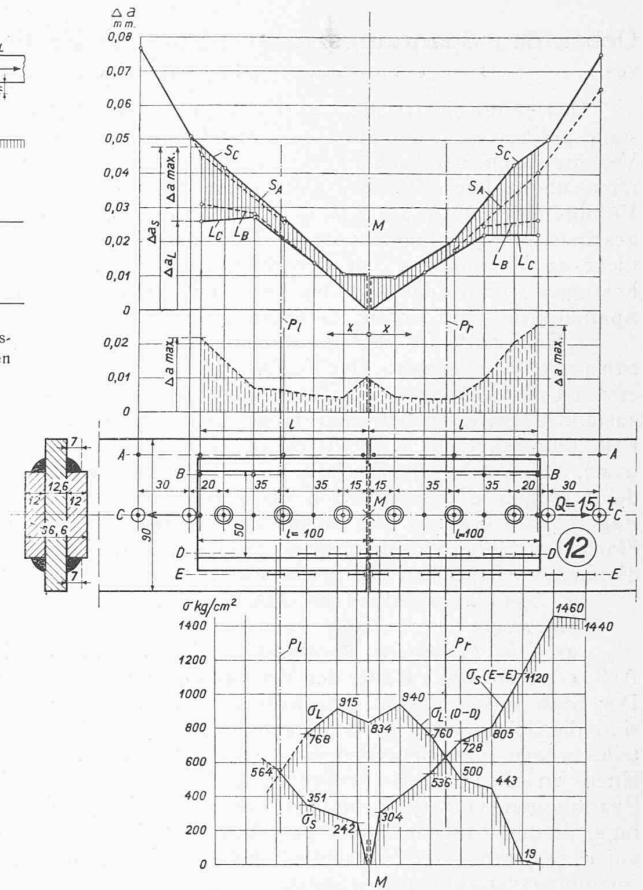


Abb. 5. Experimentelle Feststellung der relativen Verschiebungen bzw. der Schubspannungen der Flankennähte bei einem Stab mit Trennfuge.

Zustand angegeben; der Stab dehnt sich, wie früher bewiesen, mehr als die Laschen,  $\Delta a_1$  erreicht den Höchstwert am Laschenende.

### 2. Experimentelle Untersuchungen über den Spannungszustand der Flankennähte in Längsrichtung.

a) *Bleche mit Trennfugen.* Der für den Versuch bestimmte Stab 12 ist in Abb. 5 dargestellt. Er wird mit  $1/4 t$  belastet, bei  $1/4 t$  werden die Dehnungsmesser aufgesetzt, für die Dehnungsmessungen ist  $Q = 14,75 t$ . Zunächst sind durch Messung die Werte der Dehnungen von Stab und Laschen festzustellen.<sup>4)</sup> Man muss von der Symmetrieebene  $M$  ausgehen, im Schnittpunkt von  $M$  und  $C$  wird die eine Schneide des Dehnungsmessers aufgesetzt. Die Dehnungen der Laschen ergeben sich, wenn die zweite Schneide des Dehnungsmessers auf Punkten der Lasche aufgesetzt wird; die Werte  $\Delta a_L$  über der Abszissenaxe aufgetragen, ergeben den Linienzug  $L_C$ . Um die Bewegung des Stabes zu analysieren, beschränkt man sich auf einige Punkte, in denen Stifte im Stab festgeschraubt werden. Die Doppelkreise deuten an, dass ein gewisses Spiel zwischen Stiften und Löchern der Laschen vorhanden ist. Durch Aufsetzen der zweiten Dehnungsmesserschneide auf den Stiften und Abtragen der Verlängerungen  $\Delta a_S$  ergibt sich der Linienzug  $S_C$ . Mit dieser Messung wird nicht nur die elastische Dehnung, sondern auch die relative Verschiebung des Stabes festgehalten, sodass die Unterschiede der Ordinaten  $\Delta a_S$  und  $\Delta a_L$  die gesamten relativen Verschiebungen des Stabes gegen die Laschen, beziehungsweise umgekehrt, ergeben, d. h.  $\Delta a_S - \Delta a_L = \Delta a$ . In Abb. 5 ist  $\Delta a$  herausgezeichnet.<sup>5)</sup>

<sup>4)</sup> Die Messungen sind an der Eidg. Materialprüfungsanstalt Zürich unter der Leitung von Prof. Dr. M. Roß vorgenommen worden. Ich bin für exakte Durchführung den Herren Dr. Th. Wyss und Theiler verbunden.

<sup>5)</sup> Diese vom Verfasser erstmals in der Schrift „Nieten und Schweißen der Dampfkessel“ 1924 angegebene Methode der Feststellung der relativen Verschiebungen ist seither von verschiedenen Autoren angewendet worden.

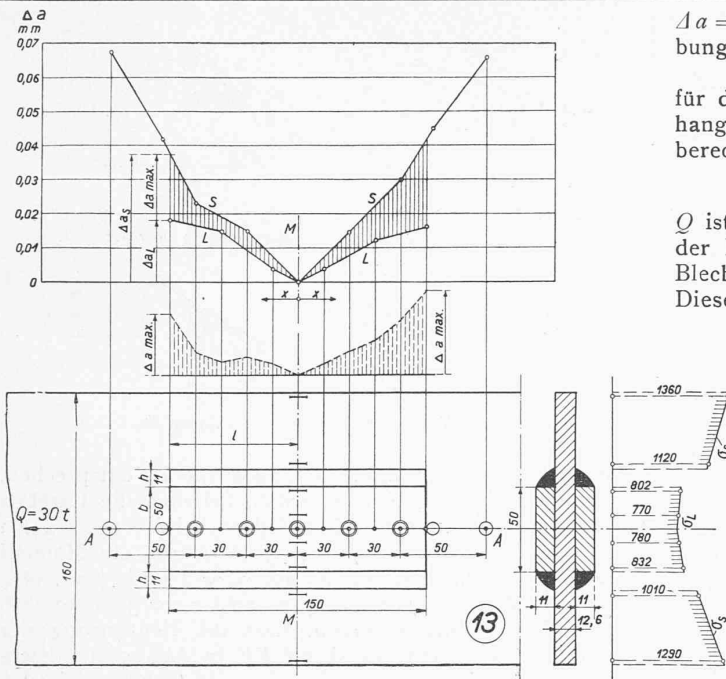


Abb. 6. Experimentelle Feststellung der relativen Verschiebungen bzw. der Schubspannungen der Flankennähte bei einem vollwandigen Stab.

Das Experiment bestätigt die vorausgehenden Erwägungen. In den Bezugsebenen  $P_l$  und  $P_r$  erreicht  $\Delta a$  minimale Werte, gegen die Enden der Bezugsstrecke  $l$  maximale, in Uebereinstimmung mit Abb. 1. Mit Bezug auf kleine Unstimmigkeiten ist darauf hinzuweisen, dass mit der Dehnungsmessung nur einzelne Punkte erfasst werden können, zwischen ihnen ist der genaue Verlauf unbekannt. Zu einer Fehlerquelle führt auch die Messung in der Längsmittlebene C. In dieser finden bei Stab und Laschen kleine Durchbiegungen statt, weil beide in den Flankennähten zusammengespannt sind, nicht in C. Deswegen sind noch die Verschiebungen  $\Delta a'$  zwischen Lasche in der Messebene B und Stab in der Messebene A festgestellt worden. Die entsprechenden Linienzüge  $S_A$  und  $L_B$  sind in Abb. 5 gestrichelt gezeichnet. Der Unterschied  $\Delta a$  und  $\Delta a'$  ist gering. Die relative Verschiebung  $\Delta a_s$  bei der Fuge wurde aus deren Erweiterung ermittelt.

b) *Voller Stab.* Die analogen Messergebnisse sind hinsichtlich des vollen Stabes 13 in Abb. 6 wiedergegeben. Aus Symmetrierücksichten ist die Verschiebung  $\Delta a = 0$  in der Mittelebene M. Rechts in Abb. 6 sind die in Stab und Laschen in der Mittelebene M auftretenden Spannungen aufgezeichnet; hieraus ergeben sich die mittleren Spannungen  $\bar{\sigma}_S$  und  $\bar{\sigma}_L$  in Gleichung (17). Die angeschriebenen Spannungen entsprechen Mittelwerten von beidseitigen Stabmessungen. Frühere Ueberlegungen finden sich auch hier bestätigt.

3. *Bestimmung der Werte der Schubspannungen der Flankennähte.*

Die relativen Verschiebungen erzeugen in den Flankennähten zur Hauptsache Schubspannungen. Der Wert hängt von der Winkeländerung  $\gamma$  und vom Abstand  $q$  der verschobenen Teile ab.

$$\Delta a = \gamma q \dots \dots \dots (11)$$

wobei wie bekannt  $\gamma = \beta \tau = \tau/G$ .

Gleichung (11) lässt weiter keine Rechnung zu, weil die Unbekannte  $q$  nicht bestimmbar ist. Dagegen bieten uns die relativen Verschiebungen  $\Delta a$  einen Anhaltspunkt, ihre Grösse ist durch Messung bekannt. Die Annahme kann getroffen werden

$$\tau = c \Delta a \dots \dots \dots (12)$$

d. h. relative Verschiebung und Schubspannung sind Verhältnisswerte. In dieser Gleichung sind  $\tau$  und  $c$  unbekannt, Nach Gleichungen (9) und (10) ist für Blech mit Fuge

$\Delta a = \Delta a_1 + \Delta a_2$ , für Vollblech  $\Delta a = \Delta a_1$ . Die Verschiebungsgrösse  $\Delta a_1$  ist veränderlich (Abb. 5 und 6).

Beim Blech mit Fuge kann der konstante Betrag für die äussere relative Verschiebung  $\Delta a_2$  in Zusammenhang mit der Schubspannung  $\bar{\tau}_2$  gebracht und diese Grösse berechnet werden:

$$\bar{\tau}_2 = \frac{Q}{F_N} = \frac{Q}{4lh} \dots \dots \dots (13)$$

$Q$  ist die Last,  $F_N$  die Haftfläche; ihr Inhalt entspricht der Fläche eines Schnittes, der zwischen Laschen und Blech auf der einen Hälfte der Verbindung geführt wird. Dieser Schnitt ist genau genug  $4lh$ , worin  $h$  die Nahthöhe.

Der Faktor 4 im Nenner besagt, dass die Last  $Q$  von vier Nähten von der Länge  $l$  übernommen wird. Nach Gl. (13) legt sich jeder Konstrukteur die Nahtbeanspruchung zurecht.  $l$  ist halbe Laschenlänge.

Die Werte  $\Delta a_2$  entsprechen den Ordinaten in den Schnitten  $P_l$  und  $P_r$  in Abb. 5 (analog Abb. 1); wir vereinigen sie zu einem Mittelwert. Der Höchstwert der Schubspannung und  $\bar{\tau}_2$  stehen im Verhältnis  $\tau_{max} : \Delta a_{max} = \bar{\tau}_2 : \Delta a_2 \dots \dots (14)$

Gegenüber dieser zwar richtigen, aber etwas unsichern Methode (man stellt nur auf die Messungen bei  $P_l$  und  $P_r$  ab), zieht der Verfasser vor, in der Proportion (14), an Stelle von  $\Delta a_2$  die mittlere Höhe  $\bar{\Delta a}$  einer der schraffierten Flächen von Abb. 5 einzusetzen, gemäss

$$\bar{\Delta a} = \frac{J}{l} \dots \dots \dots (15)$$

worin  $J$  den Flächeninhalt bedeutet. Wegen ungleicher Grösse von  $J$  rechts und links wird man auch hier den Mittelwert nehmen. Die Flächen sollten allerdings kongruent sein. Wenn dies nicht zutrifft, liegt es an Ungenauigkeiten in der Form der Verbindung und an Schweisspannungen. In den Gl. (13) und (14) schreiben wir  $\bar{\tau}$  an Stelle von  $\bar{\tau}_2$ , sodass

$$\tau_{max} = \frac{\bar{\tau} \Delta a_{max}}{\bar{\Delta a}} \dots \dots \dots (16)$$

Damit ist die Aufgabe hinsichtlich der Stabes mit Trennfuge gelöst, Zahlenwerte folgen noch.

Auf den Vollwandstab ist Gl. (17) anwendbar, nicht (13). Die Kraft, die auf die Flankennähte einer Laschenhälfte wirkt, ist durch  $F_L \bar{\sigma}_L$  gegeben, nicht durch  $Q$  ( $Q$  nur beim Vorhandensein einer Trennfuge).  $F_L$  ist der Querschnitt beider Laschen und  $\bar{\sigma}_L$  die innewohnende Mittelspannung. Aus dem Verlauf von  $\sigma_L$  in Abb. 6 folgt  $\bar{\sigma}_L$ .

$$\bar{\tau} = \frac{F_L \bar{\sigma}_L}{F_N} = \frac{F_L \bar{\sigma}_L}{4lh} \dots \dots \dots (17)$$

und die Maximalwerte links in Abb. 6 erfolgen aus Gl. (16).

Die Ausrechnung ergibt folgende Werte:

Abb. 5	Abb. 6
Stab 12, mit Trennfuge	Stab 13, vollwandig
$Q = 14750 \text{ kg}$	$F_L \bar{\sigma}_L = 8500 \text{ kg}$
$\bar{\tau} = \frac{Q}{4hl} = 527 \text{ kg/cm}^2$	$\bar{\tau} = \frac{F_L \bar{\sigma}_L}{4hl} = 258 \text{ kg/cm}^2$
links $\tau_{max} = 1266 \text{ kg/cm}^2$	links $\tau_{max} = 645 \text{ kg/cm}^2$
rechts $\tau_{max} = 1435 \text{ kg/cm}^2$	rechts $\tau_{max} = 826 \text{ kg/cm}^2$

$\tau_{max} : \bar{\tau} = 2,40$  bzw.  $2,72$   $\tau_{max} : \bar{\tau} = 2,50$  bzw.  $3,20$  fach  
 $\tau_{max}$  ist also ein Vielfaches des Mittelwertes  $\bar{\tau}$ , den der Konstrukteur in der Regel allein kennt. Das muss man sich stets vor Augen halten.

4 *Spannungszustand von Flankennähten in Querschnitten.*

Die bisherigen Betrachtungen und Versuche betreffen den Spannungszustand von Flankennähten in der Längsrichtung. Ueber den Spannungszustand im Querschnitt lässt sich die nachfolgende Betrachtung anstellen. Messungen sind bis jetzt nicht gemacht worden, sind wohl auch schwer durchführbar.

Aus einer Flankennaht mit dem Profil ABC (Abb. 7) sei durch zwei benachbarte parallel geführte Querschnitte ein Stück herausgeschnitten; es ist in Abb. 7 links in der Ansicht von oben dargestellt, gestrichelt schraffiert.

Das Flacheisen, dessen Längsspannungen andere sind, als die der Unterlage, dehnt sich oder verkürzt sich relativ zu dieser, wobei Spannungen in dem betrachteten Stück wachgerufen werden. Um zu einem Urteil über deren Art zu gelangen, wollen wir den Querschnitt ABC in der Weise verändern, dass wir von der Kante BC Material wegnehmen, so dass nur noch solches bei A verbleibt. Ein kleiner Rest ist ausschliesslich auf Schub beansprucht. Wird umgekehrt Material bei A entfernt, so dass eine Brücke bei BC übrig bleibt, so wird diese auf Biegung und Schub beansprucht nach Art eines eingespannten Trägers. Die Brücke BC ist in höherem Mass federnd als das Element bei A. Mit grosser Wahrscheinlichkeit kann der Spannungszustand hinsichtlich der  $x$ -Richtung durch ein Trapez ABDE mit der Resultierenden  $R$  dargestellt werden. Der Sachverhalt bleibt hinsichtlich der Unterlage AB, also nach Drehung des Naht-Elementes ABC um  $90^\circ$  der nämliche (vgl. Abb. 7 rechts). Die Resultierende  $R$  ist für AB von gleicher Grösse wie für AC, aber entgegengesetzt gerichtet. Der Hebelarm  $r'$  des Kräftepaars erscheint in Projektion; der wirkliche Abstand ist  $r = r' \sqrt{2}$ . Dies scheinen dem Verfasser die Gründe für die in Abschnitt 7 bekanntgegebene Feststellung, dass die durch die Naht übertragenen Kräfte nicht proportional mit der Grösse des Nahtquerschnittes wachsen.

#### 5. Spannungszustand von Stirnnähten in Querschnitten.

Verschiebt man bei dem in Abb. 8 gezeichneten Flacheisen die Stirn AC parallel zu sich selbst, so entstehen Spannungen in der Naht ABC. Um diese nach Richtung und Grösse zu kennen, müssten der Verlauf und die Zahl der durch die Naht durchtretenden Kraftlinien bekannt sein. Den Durchtritt der Kraftlinien durch die Naht kann man sich vorstellen, wie in Abb. 8 angegeben. Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind sie bei A dichter als bei C.<sup>6)</sup> Wie sie sich im Flacheisen verteilen, ist im allgemeinen auch nicht bekannt.

Die Frage des Kraftlinienverlaufs veranlasst zunächst einige Bemerkungen über die Profilform. Wir erkennen, dass ein Profil gemäss Abb. 8 oder 11 für den Fluss der Kraftlinien günstiger ist, als ein solches gemäss Abb. 10; noch besser geeignet ist das nach Abb. 12, wobei das Flacheisen abgegratet wird. Profile gemäss Abb. 10 werden heute nur noch selten in Zeichnungen angetroffen, dagegen finden solche gemäss Abb. 11 allgemeine Verwendung<sup>7)</sup>, sie haben auch in den Normalien Eingang gefunden.<sup>8)</sup>

In Abb. 9 sei BA als  $x$ - und AC als  $z$ -Richtung bezeichnet. Die Hauptspannungen zerlegen wir, obwohl sie nach Grösse und Richtung bloss supponiert sind, in die Komponenten  $H$  und  $V$  in den bezeichneten Richtungen. Für die Kenntnis des wahren Verlaufs der Spannungen  $H$  gibt es zwei Anhaltspunkte; der eine ist bereits genannt: bei A sind die Hauptspannungen grösser als bei C, daher auch die Komponenten. Der zweite Beweis ergibt sich aus den Versuchen, über die noch berichtet werden soll. Das Flacheisen erzeugt durch relative Verschiebung ein Biegemoment in der Stirnfläche AC der Naht, das durch ein Kräftepaar  $R$  mit dem Hebelarm  $r$  darstellbar ist (Abb. 9). Die Rechnung ergibt, dass  $r$  in allen Fällen klein ist, jedenfalls kleiner als  $h/2$ . Einer

<sup>6)</sup> Seither durch die Feststellungen der Herren Kochendörffer und Dr. Mesmer bestätigt, vgl. Protokoll des Internationalen Kongresses für Schweissttechnik im Haag, Juli 1931.

<sup>7)</sup> Untersuchungen über die Form des Profils von Kehlnähten finden sich in der unter 1 angegebenen Druckschrift.

<sup>8)</sup> Normalien des Vereins schweizerischer Maschinen-Industrieller (VSM 10 335).

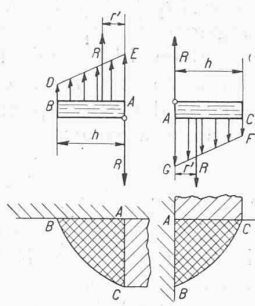


Abb. 7. Beanspruchung der Flankennähte.

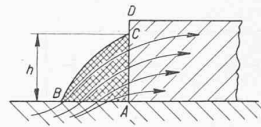


Abb. 8. Mutmasslicher Verlauf der Kraftlinien in einer Stirnnaht.

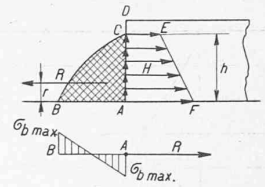


Abb. 9. Mutmasslicher Verlauf der Spannungen in einer Stirnnaht.

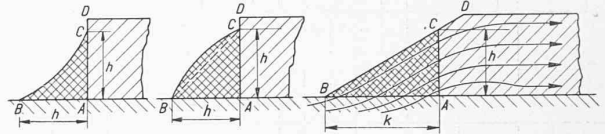


Abb. 10, 11 und 12. Verschiedene Formen des Stirnnahtprofils.

gleichmässigen Spannungsverteilung würde  $h/2$  entsprechen. Wählen wir als Beispiel einen Stab, bei dem die Laschen durch Stirnnähte angeschweisst sind, wobei  $R = Q/2 = 24,9 \text{ t}$  und  $h = 1,5 \text{ cm}$ . Mit  $r = h/2 = 0,75 \text{ cm}$  würde ein Moment  $M \sim 18700 \text{ cm/kg}$  erreicht, sodass  $\sigma_b \sim 8300 \text{ kg/cm}^2$ , also zu gross. Mit  $r = h/4,6 = 0,326$  wird  $\sigma_b \sim 3600 \text{ kg/cm}^2$ . Solche Ueberlegungen zeigen, dass die Begrenzung der Spannungen  $H$  durch die Linie FE in Abb. 9 der Richtung nach richtig sein muss. (Schluss folgt.)

### Zur Wegwahl von Kantonsingenieur O. Seiler durch die Landsgemeinde von Obwalden.

Am 24. April 1932 hat die Obwaldner Landsgemeinde den seit über 30 Jahren erfolgreich amtierenden Kantonsingenieur O. Seiler nicht mehr bestätigt, d. h. den 68jährigen verdienten Beamten ohne Pensionsberechtigung (die Obwalden nicht kennt) weggewählt. Es hatte sich aus einigen Unzufriedenen ein Aktions-Komitee gebildet, das in einem vor der Landsgemeinde verteilten Flugblatt ein Register der angeblichen Verfehlungen des Kantonsingenieurs aufgezählt hatte. Unter anderem wird ihm darin Bevormundung der Giswiler Laui-Wuhrgenossenschaft, Beiziehung ausserkantonaler Ingenieure, Mangel an gebührender Rücksichtnahme auf die Interessen der Grundbesitzer, u. a. m. vorgeworfen, schliesslich wird er noch als „Diktator“ verschrien.

Im Namen des Regierungsrates sind zwar durch Landammann Amstalden diese masslosen Angriffe gegen Kantonsingenieur Seiler in einem Antwortflugblatt Punkt für Punkt als ungerechtfertigt zurückgewiesen worden; auch Baudirektor Odermatt warnte in eindringlichen Worten die Landsgemeinde vor der beabsichtigten Begehung einer krassen Ungerechtigkeit. Ferner hat der Einwohner-Gemeinderat von Alpnach, sowie die Wuhrgenossenschaften der unmittelbar vor der Verbauung stehenden gefährlichen Wildbäche der Grossen und Kleinen Schlieren den erfahrenen Bauleiter dieser schwierigen Arbeiten, eben den Kantonsingenieur, ausdrücklich in Schutz genommen. Endlich sei darauf hingewiesen, dass der Chef des eidg. Departement des Innern, Bundesrat Dr. A. Meyer, dem die eidgenössische Aufsichtsbehörde über alle Wildbachverbauungen, das eidg. Oberbauinspektorat, unterstellt ist, in einem ausführlichen Schreiben vom 13. April 1932 an die Obwaldner Regierung den Kantonsingenieur ebenfalls verteidigt und seine Massnahmen insbesondere auf dem Gebiet der Wildbachverbauung gerechtfertigt hat. Wir entnehmen diesem Schreiben folgende Sätze: „Wie unser Oberbauinspektorat in letzter Zeit aus zuverlässigen Quellen erfahren konnte, wird nun die Wiederwahl von Herrn Seiler von gewissen Kreisen in Giswil und Alpnach angefochten, weil diese in ihm den Urheber der seinerzeit vom Oberbauinspektorat verlangten Einsetzung von kant. Baukommissionen für die Laui/Giswil und die Grosse Schlieren suchen. Was nun diese Baukommissionen anbelangt, die die betr. Wuhrgenossenschaften als Bevormundung empfinden und die Anlass zu Misstimmung gegen Herrn Seiler geben sollen, möchten wir auf das Kreisschreiben des eidg. Departements des Innern an die kant. Baudirektionen vom 19. Dezember 1929 verweisen. Die Ausführung so bedeutender und kostspieliger Werke (die der Bund mit bis zu 70% subventioniert! Red.) hat unter der Aufsicht der kompetenten kantonalen Organe zu geschehen, die vom