

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 81/82 (1923)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Beitrag zur Spannungsuntersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke  
**Autor:** Wyss, Th.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38970>

### **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:** 20.02.2026

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

INHALT: Beitrag zur Spannungsuntersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke. — Der Ueberspannungsschutz der Wechselstrom-Anlagen gemäss neuer Wegleitung des S. E. V. — Wettbewerb für eine reformierte Kirche in Dietikon. — Techniker

und Politik. — Korrespondenz: Nochmals zum Vernietungs-Problem. — Konkurrenzen: Wettbewerb für den Neubau des Bургerspitals Bern. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 82.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 11.

## Beitrag zur Spannungsuntersuchung an Knotenblechen eiserner Fachwerke.

Von Dr.-Ing. Th. Wyss, z. Z. in Danzig.

### 1. Allgemeines.

Bis vor kurzem besass man über die Spannungsverteilung in Knotenblechen nur spärliche Messresultate. Die übliche Formgebung, konstruktive Ausbildung und die Berechnung der Knotenbleche beruhen auch heute noch auf vereinfachenden Annahmen, deren Berechtigung indessen durch die vorliegende Arbeit gestützt wird. Erst als entsprechende Dehnungsmesser zur Verfügung standen, konnten Versuche zur Klärung der Spannungsverhältnisse vorgenommen werden. Bezügliche Versuche wurden schon 1918 vom Brückenbureau der Generaldirektion der S. B. B. unter Leitung von Brückeningenieur A. Bühler an bestehenden Brücken zur Nachprüfung der verwendeten Berechnungsformeln durchgeführt. Die hier (als Auszug aus einzelnen Kapiteln meiner Promotionsarbeit an der E. T. H. und des Forschungsheftes Nr. 262 des V. D. I.) dargestellte Arbeit hatte den Zweck, durch viele planmässig angeordnete Dehnungs- und Drehungsmessungen die Beanspruchungen eiserner Knotenbleche innerhalb der Elastizitätsgrenze an einem besonders hierzu hergestellten Probeträger zu klären, um für die Dimensionierung und Gestaltung derselben feste Grundlagen zu schaffen. Der hierzu notwendige Probekörper für die Vorversuche und der Probeträger für die Hauptversuche (Abb. 1 und 2) wurden vom „Verein schweizer. Brücken- und Eisenhochbaufabriken“ und die erforderlichen Messgeräte zum Teil von genanntem Verein, zum Teil vom Brückenbureau der Generaldirektion der Schweizer. Bundesbahnen, sowie vom Schweizer. Eisenbahn-Departement in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

### 2. Messungen.

Die Verformung der Knotenbleche wurde mit dem von Brückeningenieur A. Bühler in die Schweiz eingeführten holländischen Okhuizen-Dehnungsmesser ermittelt, dessen Messlänge 20 mm beträgt, 700 bis 900fache Hebelüber-

setzung aufweist und sehr handlich und ausserordentlich leistungsfähig ist. Um jeden Kreuzungs-Punkt eines in die polierte Oberfläche der Knotenbleche eingeritzten quadratischen Netzes wurden die Dehnungen in horizontaler, vertikaler und diagonaler Richtung gemessen, woraus die Hauptspannungen und ihre Richtungen bestimmt werden können. Aus der Zusammenstellung der Hauptspannungsrichtungen, die für die einzelnen Knotenblechelemente auf

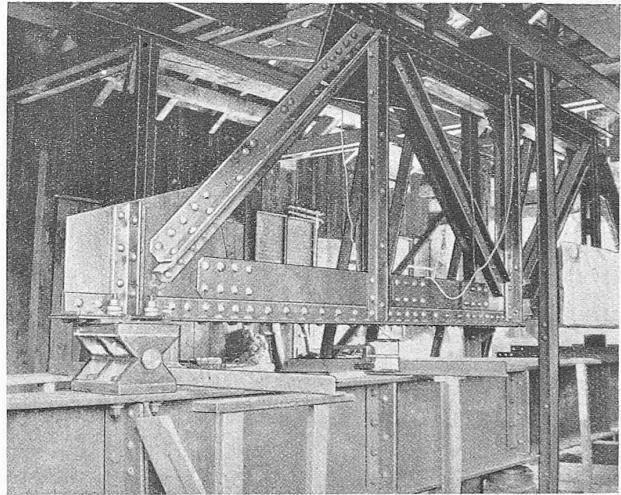


Abb. 1. Ansicht des Probeträgers in der „Werkstätte Döttingen“. Für die Hauptversuche wurden beidseitig bewegliche Auflager benützt!

beiden Aussenseiten bestimmt worden sind, ergibt sich der Verlauf der Trajektorien, und aus der Ermittlung der Spannungs-komponenten für festgelegte Schnitte kann der Spannungsverlauf längs derselben festgestellt und mit den üblichen Rechnungsmethoden verglichen werden. Bezüglich der Messungen um einen Elementpunkt kann gesagt werden, dass die theoretischen Spannungs- und Deformationsgesetze bestätigt werden, soweit die Fehler aus der endlichen

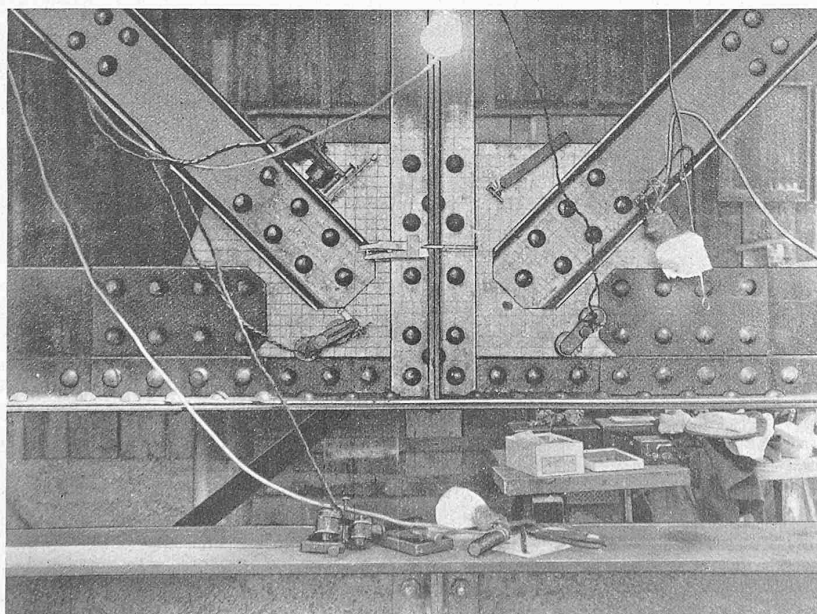


Abb. 3. Der Knotenpunkt 4A mit den daran befestigten Messgeräten.

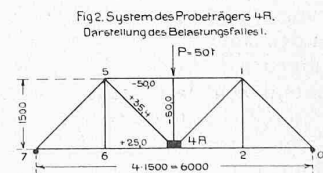


Abb. 2. System des Probeträgers mit Darstellung des Belastungsfalles I.

Messlänge von 20 mm und die Messfehler des Apparates berücksichtigt werden.

### 3. Versuche.

Es sollen die Ergebnisse der Versuche des in Abb. 3 dargestellten Knotenbleches 4A auszugsweise für den Belastungsfall I bekannt gegeben werden. Bei diesem Belastungsfall befindet sich eine durch hydraulische Pressen hervorgerufene Last von 50 t über Knotenpunkt 3 (vergl. Abb. 2). Die allgemeine Konstruktion ist in den Abb. 3 und 4 dargestellt, wo auch die eingeritzten Felder für die Messungen eingezeichnet sind. Ueberall, wo gemessen werden musste, wurden die Konstruktionsteile poliert. Das Knotenblech ist 12 mm stark.

In Abb. 4 ist rechts der Trajektorienverlauf dargestellt, wie er sich aus den Messungen ergibt. Der Verlauf in den verdeckten Teilen ist mutmasslich nach den allgemeinen Regeln der Trajektorien ergänzt worden. Hieraus zeigt sich, dass die Zugtrajektorien verschiedene in sich geschlossene Systeme bilden. Das eine umfasst die drei Anschlussnieten über der Stabaxe der Diagonale, das andere die Niete unterhalb derselben. Um den einzelnen Schlussniet geht ein dritter Strang von Zugkraftlinien. Alle diese Kraftlinien zeigen die Form von Seillinien, die die Pfostenlast aufnehmen. Es soll noch auf die Rolle, die der letzte Anschlussniet der Diagonale spielt, hingewiesen werden, indem durch ihn die Kraftlinienstränge der vorgehenden Niete nach beiden Seiten abgelenkt werden. Weitere Kraftliniensysteme werden durch die Laschenanschlüsse gebildet. Sehr deutlich ist in E der Trennpunkt gekennzeichnet, wo die eine Zugtrajektorie nach den Diagonalen abschwengt und die andere auf die Lasche zugeht. Die beiden oberen Laschennieten nehmen die durch das Einspannmoment der Gurtung verursachte Druckkraft auf. Sie

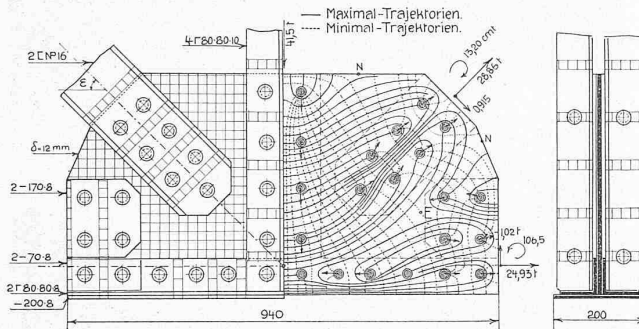


Abb. 4. Allgemeine Ansicht (links) und Trajektorien (rechts).

werden daher gegen die Pfostenniete zu von Zugtrajektorien umfasst. Die beiden unteren Laschenniete scheinen mit zwei Gurtnieten ein Kraftsystem zu bilden, d. h. es wird die durch die Steglasche abgehende Zugkraft vermittelt des Knotenbleches auf die Gurtwinkel übertragen.

Es ist klar zu erkennen, dass der grösste Teil des Knotenbleches bei diesem Belastungsfall zur Verbindung der Diagonalkräfte dient und nur ein kleiner Teil die Uebertragung der im Gurtstehblech befindlichen Kräfte bewerkstelligt. Es ist notwendig, dass die Gurtwinkel noch an dieser Uebertragung teilnehmen, was durch die Steigerung der Spannungen in ihnen kenntlich gemacht wird.

In der Abb. 5 ist der Verlauf der Normal- und Schubspannungen für wagrechte und senkrechte Schnitte durch das Knotenblech dargestellt. Die Zugspannungen in den senkrechten Schnitten wachsen gegen den Mittelpfosten zu infolge der Einwirkung der Diagonalen an. Hiervon wurde der Schnitt F besonders herausgezeichnet und die Normalspannungskurven beider Seiten dargestellt. Es ergibt sich, dass der Normalspannungsverlauf in keinem Schnitt geradlinig ist, dass somit zwischen der Theorie unter Annahme ebenbleibender Querschnitte und der Wirklichkeit immer mehr oder weniger grosse Abweichungen vorkommen müssen.

Der Normalspannungsverlauf im Schnitt  $F_a$  ist mutmasslich. Er kann unter Vernachlässigung der durch die Anschlussniete zwischen Knotenblech und Mittelpfosten erzeugten Reibungskräfte angenähert ermittelt werden, indem die Normalkraft in diesem Schnitte gleich der in F sein muss und das Moment in  $F_a$  sich aus der Kenntnis der Querkraft und des Momentes in F ergibt. Sehr unsicher sind jedoch die zu dem 1,5 fachen der dort rechnerisch bestimmten normalen Spannungen angenommenen Lochrandspannungen. Es wurde dieser Koeffizient gewählt, weil er angenähert für Lochrandspannungen an solchen Stellen stimmen wird, wo keine in dieser Richtung belasteten Bolzen im Loch wirken. Infolge der starken Pfostenbelastung werden die grössten Nietkopfpfressungen als Folge der

Nietschaftsverformung in der Zone unterhalb der Nietlöcher vorkommen, während sie über den Nietlöchern geringe Werte annehmen.

Die wagrechten Schnitte unterhalb der Diagonalen weisen Zugspannungen auf. In den Teilen nahe am Pfosten treten Druckspannungen auf, die ihren Höchstwert unter den Pfostenanschlussnieten haben.

Die Schubspannungen in den senkrechten Schnitten nehmen gegen den Pfosten hin zu, entsprechend den durch die Anschlussniete auf das Knotenblech übergeleiteten Kräfte. Beachtenswert ist, dass die Spannungsverteilung im Schnitt F näherungsweise nach einer Parabel verläuft und damit der Theorie ziemlich nahe kommt. Die Schubspannungen im Schnitt  $F_a$  sind an jedem Lochrand Null. Die Summe der Schubspannungen muss gleich der im Schnitt  $F_a$  wirkenden Scherkraft sein, die gleich der Scherkraft im Schnitt F vermindert um die Hälfte der im Schnitt  $F_a$  auftretenden Nietkräfte ist. Man wird nicht stark fehl gehen, wenn man auch im Schnitt  $F_a$  die Grösstwerte der Scherspannungen in den Mittelteilen des Knotenbleches annimmt.

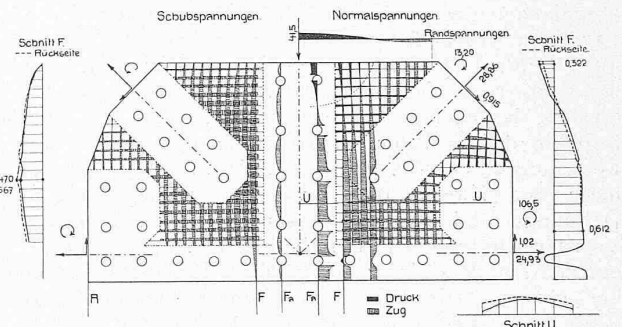


Abb. 5. Spannungsverlauf in horizontalen und vertikalen Schnitten.

In Abbildung 6 sind die Spannungsverteilungen in den Diagonalschnitten dargestellt. Die Wirkung von Pfosten und Diagonalen kommt in den Normalspannungen sehr schön zum Ausdruck. Die Ergänzung der Normalspannungslinien in den Schnitten senkrecht zur Diagonale wurde so bestimmt, dass die von ihnen eingeschlossene Spannungsfläche gleich ist der durch die Niete abgegebenen Kraft, vermindert um die Scherkräfte in den Schnitten m und n. In den bereits bei der Beschreibung des Trajektorienverlaufes als ungünstig beansprucht bezeichneten Teilen um den letzten Anschlussniet der Diagonalen herum ergaben sich Spannungen von  $1400 \text{ kg/cm}^2$ , die am Lochrand noch bedeutend grösser sein können. Im Schnitt m, parallel der Diagonale, ist die Scherspannung fast konstant, desgleichen für alle Schnitte oberhalb m. Der Schnitt n weist in der Scherspannung einen Wechsel auf, entsprechend der veränderten Belastung im Vergleich zum Schnitt m.

In Abbildung 7 sind die Spannungsverteilungen in den Stäben dargestellt. Es wurden keine Querdehnungen gemessen; die ermittelten Spannungen sind daher mit kleinen Fehlern behaftet. Am Pfosten wurde im äusseren Schnitt eine Druckkraft von  $41,54 \text{ t}$  ermittelt statt der im Gelenk-fachwerk erforderlichen  $50,0 \text{ t}$ . Die Spannungen in den abstehenden Winkelschenkeln sind mit  $578 \text{ kg/cm}^2$  Druck bedeutend kleiner, als in denen, die am Knotenblech anliegen und mit  $830 \text{ kg/cm}^2$  beansprucht werden. Für den Schnitt nach den ersten Anschlussnieten ändert sich das Spannungsverhältnis. Die abstehenden Winkelschenkel werden immer noch mit  $522 \text{ kg/cm}^2$  auf Druck beansprucht, die angelenkten Schenkel dagegen nur bis zu  $242 \text{ kg/cm}^2$ . Erst durch das zweite Nietpaar wird die Kraft in den abstehenden Schenkeln abgebaut. Der genau gleiche Vorgang zeigt sich bei den Diagonalen. Es werden demnach durch die Niete immer die ihnen am nächsten liegenden Kräfte zuerst abgebaut und dann die entfernteren. Die Nietkräfte ergeben sich aus dem Unterschied der Kräfte zweier aufeinanderfolgender Schnitte. Ausser den beiden ersten Anschlussnieten des



Pfostens, die am stärksten beansprucht sind, haben die anderen unter sich fast die gleiche Nietkraft von 3,0 bis 4,5 t; selbst die zwei letzten Niete arbeiten noch voll mit. Auch bei der *Diagonale* weisen die abstehenden Flanschen der  $\square$ -Eisen im äusseren Schnitt geringere Beanspruchungen auf als der Steg. Es wurde dort eine Kraft von +28,86 t (35,4 t im Gelenkfachwerk) und ein Moment von 13,18 cmt gemessen. Alle paarweise auftretenden Nietkräfte sind nahezu gleichgross. Beachtenswert ist das Arbeiten des letzten Anschlussnietes, der im letzten Schnitt eine besonders geformte Spannungsfläche erzeugt. Es muss betont werden, dass sämtliche Schnitte so vermessen wurden, wie dies bei den Aussenschnitten der Fall ist; die Spannungszahlen wurden jedoch nicht in die Zeichnung eingetragen, um diese deutlicher zu halten. Die Nietkräfte der Diagonalen wurden bei ihrer Bestimmung als elastische Stützenkräfte eines kontinuierlichen Balkens betrachtet. Hiervon sind in den Feldmitten die Momente durch Messung ermittelt worden. Der Nullpunkt der Diagonalen kann aus den Drehwinkelmessungen bestimmt werden, wodurch sich die Möglichkeit gibt, die Querkraft in den Diagonalen zu berechnen. In Abbildung 7 ist der Momentenverlauf eingezeichnet worden, in den sich die gemessenen Momente gut einfügen; hieraus

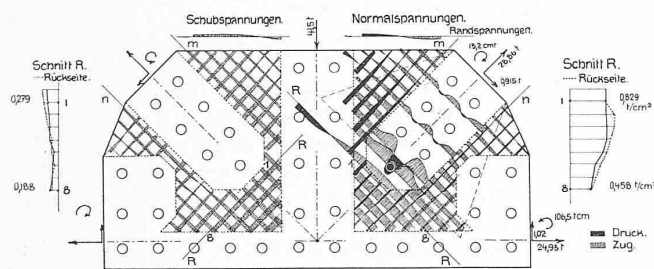


Abb. 6. Spannungsverlauf in den Diagonalschnitten.

ergeben sich die senkrecht zur Stabaxe gerichteten Nietkräfte. Vielfach findet ein stufenweiser Abbau der Einspannmomente statt, was davon herrührt, dass jedes Nietpaar ausser den seitlichen Kräften noch ein Moment aufnimmt. In diesem Falle ist die Diagonale als kontinuierlicher Balken auf elastisch drehbaren und senkbaren Stützen zu betrachten.

Am *Untergurtstab* wurde in Stossmitte eine Kraft von 24,93 t und ein Moment bezüglich der Zentrieraxe von 106,5 cmt gemessen. Der Verlauf der Spannungslinie ist so, dass man einen ungeteilten Stehblechstoss vor sich zu haben glaubt. Der Kraftabbau in den Laschen zeigt sich beim Vergleich der beiden durch sie gelegten senkrechten Schnitte. Ueber die schon erwähnte Zunahme der Spannungen in den Gurtwinkeln und der Lamelle gegen den Mittelpfosten zu geben die verschiedenen Messungen Aufschluss. Die Abnahme der Spannungen am oberen Rande der Gurtwinkel

im Bereich des Mittelpfostens und die bedeutende Spannungszunahme an deren unterem Rande sowie in der Lamelle, lässt in diesem Gurtteil auf sekundäre Biegung durch den Mittelpfosten schliessen.

Im Schnitt F Abbildung 7 ergibt sich eine Kraft von 44,64 t, d. h. 22,91 t von der Gurtung und 21,73 t vom Knotenblech, und ein Schwerpunktmoment von 305,9 cmt. Werden die Momente, Normal- und Querkraft der äusseren Schnitte an Diagonale und Gurtlasche zur rechnerischen Nachprüfung dieses Momentes zugezogen, so ergeben diese ein Moment in F von 291,9 cmt. Aus diesem Ergebnis ist nicht zu verkennen, dass ganz bedeutende Biegemomente infolge steifer Knotenbleche entstehen, die auf die Verformung des Knotenbleches und des ganzen Knotenpunktes einen grossen Einfluss ausüben.

#### 4. Vergleiche zwischen Messung und Theorie.

In Abbildung 8 und der zugehörigen Tabelle sind die gerechneten und gemessenen Werte im Knotenblech 4 A aus Belastungsfall 1 aufgeführt, aus denen ein Vergleich über die Abweichungen gezogen werden kann. Bei den gerechneten Werten handelt es sich um diejenigen des Gelenkfachwerkes und des Fachwerkes mit elastischen Knoten-

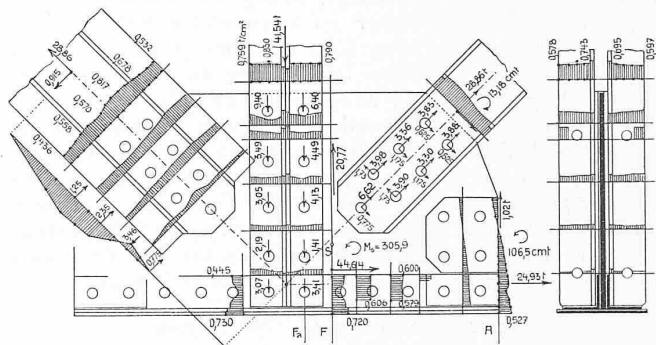


Abb. 7. Stabkräfte und Einspannmomente.

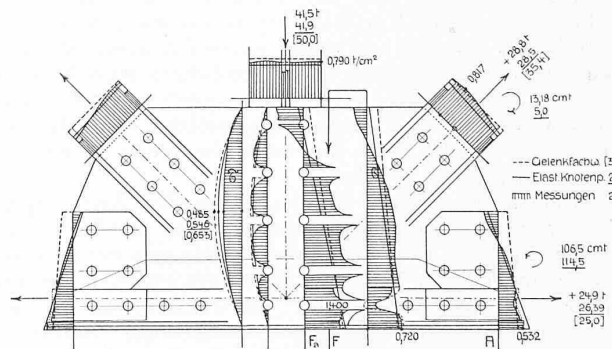


Abb. 8. Vergleich gerechneter und gemessener Spannungen.

Tabelle zu Knotenblech 4 A für den Belastungsfall I.

Schnitt	Stabkräfte in t			Momente in cmt			Spannungen in kg/cm²				
	Gelenkfachw.	Elast.-Knotbl.	Messung.	Gelenkfachw.	Elast.-Knotbl.	Messung.		Gelenkfachw.	Elast.-Knotbl.	Messung.	Messung.
A	+25,00	+26,39	+24,90	— 35,5	—152,0	—141,9	$\sigma_0$	+ 210	— 245	— 260	— 314
							$\sigma_u$	+ 421	+ 664	+ 527	+ 532
F	+50,00	+47,18	+44,64	—192,5	—336,8	—305,9	$\sigma_0$	+ 236	+ 6	—322	—255
							$\sigma_u$	+ 632	+ 698	+ 720	+ 703
Fa	+50,00	+47,18	—	—282,0	—406,7	—377,7	$\sigma_0$	+ 117	— 136	— 600	mutmasslich
							$\sigma_w$	+ 813	+ 870	+ 950	
Diagonale	+35,40	+28,50	+28,86	0,0	+ 5,0	+ 13,2	$\sigma_0$	+ 768	+ 640	+ 669	+ 678
							$\sigma_u$	+ 768	+ 596	+ 558	+ 548
Pfosten	—50,00	—41,90	—41,54	0,0	0,0	0,0	$\sigma_c$	— 875	— 732	— 790	— 755
							$\sigma_r$	— 875	— 732	— 810	— 804
										vordere Seite	hintere Seite

Max. Schubspannungen in F: Gelenkfachw. 653 kg/cm<sup>2</sup>; Elast. Knotenbl. 546 kg/cm<sup>2</sup>; Messung 567 kg/cm<sup>2</sup>

blechen unter der Annahme eines starren Knotenblechkernes. Auch beim Gelenkfachwerk wurde die Abweichung der Schwerpunkte von der Zentrieraxe berücksichtigt, woraus die dort angeführten Biegemomente entstehen.

Bei der allgemeinen Betrachtung der Verteilung der Normalspannungen in den *Gurtungen* zeigt sich dass das angewendete Verfahren der elastischen Knotenbleche vielfach Werte liefert, die sehr gut mit den Randmessungen übereinstimmen. Aus den eingezeichneten geraden

Spannungslinien ist sehr schön zu ersehen, in welchem Masse die gemessenen Spannungen infolge der örtlichen Angriffspunkte der Niete und infolge ihrer Verformung sich ändern.

Bei der Diagonale sind die gemessenen grössten Normalspannungen bedeutend grösser, als sie sich nach dem Verfahren der elastischen Knotenbleche ergeben, trotzdem Stabkraft und Moment nahezu übereinstimmen. Der Grund liegt in der ungleichmässigen Spannungsverteilung über dem Querschnitt, was durch theoretische Berechnungen nur schwer erfasst werden kann. Für den Pfosten gelten die gleichen Erwägungen wie bei der Diagonale, sofern sich starke zentrische Belastung und nur ganz geringe Biegung zeigt.

Wie schon bei den Versuchen erwähnt wurde, ist die Verteilung der Normalspannungen in senkrechten Schnitten durch die Knotenbleche nicht geradlinig, und so zeigen sich in Abb. 8 zwischen den theoretischen und den gemessenen Werten oft grosse Abweichungen. Unterschiede zeigen sich auch im ungleichen Arbeiten der zusammengenieteten Konstruktionsteile, indem z. B. die Gurtwinkel infolge der Deformation der Nietschäfte vielfach weniger tragen, als ihnen durch den geradlinigen Spannungsverlauf zukäme. Die Schubspannungen im Knotenblech 4 A weichen, nach dem Näherungsverfahren berechnet, wenig von den Messwerten ab, sofern nicht Nietlöcher im betreffenden Schnitt sind. Näherungsweise wird man auch dort, wie z. B. bei Schnitt  $F_a$ , bei der theoretischen Berechnung die Verteilung am besten als parabelförmig annehmen, unter Freilassung der Nietlöcher. Als grundlegender Gegensatz zwischen Wirklichkeit und Theorie, bei der ebenbleibende Querschnitte angenommen werden, ergibt sich, dass an Knotenblechen mit Diagonalanschlüssen sehr oft der Fall eintritt, in dem für lotrechte Schnitte die grössten Normal- und Schubspannungen in der Mittelzone zusammenfallen und demnach dort die grössten Hauptspannungen vorkommen können.

#### 5. Dimensionierungs-Grundlagen.

Es müssen hierbei die allgemeinen Betrachtungen auf diesen Belastungsfall und die gewählte Knotenblechform beschränkt werden. Vor allem ist zu betonen, dass keine theoretischen Formeln gefunden werden können, die den Spannungsverlauf für einen beliebigen Schnitt eines Knotenbleches und einen bestimmten Belastungsfall genau ergeben. Einmal würden diese Formeln so kompliziert sein, dass sie von der Praxis, die rasch übersichtliche Werte haben will, kaum aufgenommen würden.

Eine hervorragende Eigenschaft ist dem Eisen eigen, indem von der Proportionalitätsgrenze ab die Dehnungszunahmen grösser werden als die Spannungszunahmen, sodass bei wachsender Belastung die Spannungen in weniger beanspruchte Teile abwandern. Die Herabminderung des Sicherheitsgrades tritt daher bei zunehmender Belastung nicht in dem Masse zu Tage, wie z. B. die grossen Spannungen an den Lochrändern vermuten liessen. So lange das Material nur gezogen oder nur gedrückt wird, liegt die Ermüdungsfestigkeit, d. h. die Festigkeit bei Dauerbeanspruchung über der Streckgrenze (bei Flusseisen etwa bei 2600 kg/cm<sup>2</sup>). Diese Festigkeit kommt für die Bemessung solcher Bauteile praktisch in Betracht, da nach einmaliger Beanspruchung des Materials bis zu dieser Grenze das Eisen völlig elastisch arbeitet und die Spannungen verhältnismässig den Dehnungen sind. Bei wechselnder Zug-Druck-Bearbeitung sinkt die Ermüdungsfestigkeit unter die Streckgrenze, aber auch hier sind die Dehnungen nach einmaliger Beanspruchung vollkommen elastisch und verhältnismässig den Spannungen. Durch die Hauptspannungsbilder in den Knotenblechen nach Art der Abbildung 4 ist leicht zu ersehen, welche Teile für verschiedene Belastungszustände einer Wechselwirkung unterworfen werden und dementsprechend zu bemessen sind.

Im allgemeinen kann gesagt werden, dass auch unter Zugrundelegung ebenbleibender Querschnitte unter Berücksichtigung der Nebenspannungen und der Spannungsvergrösserungen an Lochrändern ziemlich nahe an die wirk-

lichen Werte rechnerisch heranzukommen ist. Beim Knotenblech 4 A sind für Bel.-Fall 1 als meistbedrohte Stellen zu nennen: a) im Bereich des gezogenen Gurtstehbleches der belastete Lochrand unter den Pfostenanschlussnieten und der Knotenblechrand; b) die Teile in der Mitte zwischen zwei Pfostenanschlussnieten, weil hier ausser den grossen Normalspannungen die grössten Scherspannungen auftreten; c) die Teile am Ende des Diagonalanschlusses, die auch der Wechselwirkung entsprechend der Veränderung der Diagonalkraft unterworfen sind.

In den unter a) und c) angeführten Elementen wechseln die Hauptspannungen bei den verschiedenen Belastungsfällen ihre Richtungen gar nicht, bzw. nur wenig, sodass es möglich ist, Einflusslinien für die Bestimmung der Maximalwerte zu verwenden. In Anlehnung an die bisherigen Rechnungsverfahren und unter der Voraussetzung, dass auf die Steigerung der Spannungen an den Lochrändern keine Rücksicht genommen wird, da sich nach Ueberschreitung der Proportionalitätsgrenze günstigere Spannungsverteilungen ergeben, können als Formeln für die Spannungen in den Schnitten F und  $F_a$  angegeben werden:

$$\text{Randspannungen:} \quad \sigma = \frac{D \cos \varepsilon + U}{F} \pm \frac{M_s \eta}{J}$$

$$\text{Spannungen in der mittleren Zone} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma = \frac{D \cos \varepsilon + U}{F} \\ \tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{D \sin \varepsilon}{F_s} \end{array} \right.$$

Hierin bedeuten:  $D$  = Diagonalkraft,  $U$  = Untergurkraft,  $M_s$  = Schwerpunktsmoment,  $F_s$  = Stehblech-Querschnitt,  $F$  = Fläche des Querschnittes durch den Knotenpunkt,  $J$  = Trägheitsmoment dieses Querschnittes,  $\varepsilon$  = Winkel zwischen Diagonale und Horizontale,  $\eta$  = Abstand der Randpunkte vom Schwerpunkt.

Die beiden letzten Werte können unter Umständen, nach der Hauptspannungsformel zusammengesetzt, eine Hauptspannung ergeben, die grösser ist als die Randspannungen. Hierbei ist vorauszusetzen, dass versucht wird, den Lochleibungsdruck bei grossen Pfostenkräften durch Futter oder Laschen niedrig zu halten. Diese Formeln versuchen auch der vermehrten Kraftaufnahme des Knotenbleches gegenüber den Gurtwinkeln und Lamellen gerecht zu werden. Allgemein können diese Formeln als Bestätigung der bisher üblichen vereinfachten Berechnungsmethoden angesehen werden.

Der Bestimmung der Spannungen in den Schnitten senkrecht zur Diagonalaxe wird, wie sich auch aus besondern Probeversuchen ergibt, ein zur Diagonalaxe symmetrisches Knotenblech, dessen Ränder zu dieser eine Neigung von 30° aufweisen (Abbildung 6), zu Grunde gelegt und über die entsprechenden Schnittflächen eine gleichmässige Spannungsverteilung angenommen. Es sind hierbei noch die Uebereinanderlagerungen der Spannungen herührend aus angrenzenden Stabkräften zu berücksichtigen. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass bei Zerreißversuchen an Knotenblechen von der oben erwähnten Grundform die Risse zwischen den Nietreihen des Stabendes zuerst aufgetreten sind und dass daher die Anschlüsse der Fachwerkstäbe mit besonderer Sorgfalt auszuführen sind. Insbesondere ist der Anhäufung der Kraftlinien zwischen den zwei Anschlussnietreihen, wie aus Abbildung 4 deutlich hervorgeht, Rechnung zu tragen.

#### 6. Zusammenfassung.

Es werden bekannt gegeben: der durch Messungen bestimmte Trajektorienverlauf und die Spannungsverteilungen in Horizontal-, Vertikal- und Diagonalschnitten durch das Knotenblech 4 A eines Versuchsträgers im Belastungsfall 1, sowie der Abbau der Kräfte aus den Gurtungen und Füllungsmitgliedern. Im weiteren wird ein Vergleich gezogen zwischen gerechneten und gemessenen Stabkräften und Spannungen, und als Folge versucht, einige Formeln zur Bestimmung der Maximalspannungen für die Dimensionierung der Knotenbleche zu geben.

Danzig, im Februar 1923.