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

Band: 2 (1936)

Artikel: Dauerfestigkeit von Nietverbindungen

Autor: Graf, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2730

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: 16.07.2025

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

V 7

Dauerfestigkeit von Nietverbindungen.

Résistance à la fatigue des assemblages rivés.

Fatigue Strength of Riveted Connections.

O. Graf,
Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart.

In Heft B 5 der Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau ist Seite 42 u. f. erstmals über das Verhalten von Nietverbindungen aus St. 52 berichtet, die oftmaligem Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung ausgesetzt waren.

Es ist dort aufmerksam gemacht, daß die Schwingungsweite, welche eine Nietverbindung im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung erträgt, erheblich größer ist als die Schwingungsweite, welche unter wechselnder Zugbelastung ertragen wird. Der Grund für dieses praktisch wichtige Ergebnis liegt in dem Umstand, daß die Zugkräfte nach Fig. 1, die Druckkräfte nach Fig. 2 übertragen

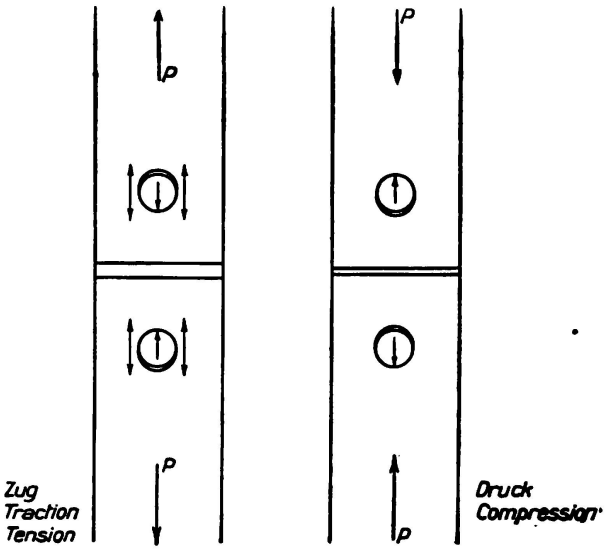


Fig. 1. Fig. 2.

werden. Im Falle der Fig. 1 ist die Zugbeanspruchung des Werkstoffs am Lochrand maßgebend; im Falle der Fig. 2 wird die Drucklast — abgesehen von dem Lastteil, der durch Reibung übertragen wird[1] — unmittelbar auf die Niete

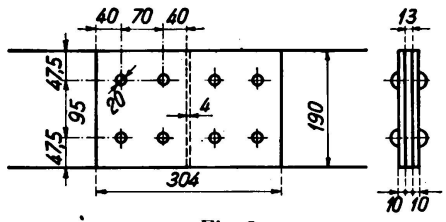
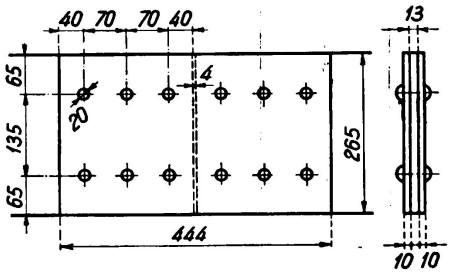
[1] Ob beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten die Reibung kleiner wird als bei Ursprungszugbelastung sei zunächst dahingestellt.

abgesetzt; die Anstrengung am Lochrand bleibt deshalb beim Wechsel von Zug- und Drucklasten kleiner als wenn Zuglasten gleicher Schwingungsweite auftreten.

Weiter war zu untersuchen, ob die Widerstandsfähigkeit von Nietverbindungen mit verschiedenen Verhältnissen der Zuganstrengung zum Lochwanddruck und zur Scherbelastung des Niets, also mit verschiedenen Werten $\sigma : \sigma_l : \tau$ beim oftmaligen Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung anders beeinflußt wird als bei oftmaliger Zugbelastung.

Die Ergebnisse der Versuche mit den in Fig. 3 und 4 gezeichneten Verbindungen sind in dem schon genannten Heft B 5, Seite 42 bis 47, mitgeteilt. Die dazu ermittelten Dauerfestigkeiten finden sich in Zusammenstellung 1. Hiernach

Zusammenstellung 1.

Reihe	Bauart der Nietverbindungen $\sigma : \sigma_l : \tau = 1{,}0 : 1{,}9 : 0{,}8$	Dauerfestigkeit für 250 000 Lastspiele bei Ursprungs-Zugbelastung σ_z kg/mm²	bei Zugdruckbelastung wobei $+\sigma = -\sigma$ σ_w kg/mm²
2	 Fig. 3	20	14,5
5	 Fig. 4	18	13,5
1936	Dauerversuche mit Nietverbindungen; Bleche aus St 52, Niete aus St 44		Gf 4539

war die Schwingungsweite, welche im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung 250 000 mal getragen wurde, erheblich größer als bei oftmaliger Zugbelastung, z. B.

bei Reihe 2 $2 \cdot 14{,}5 = 29$ kg/mm² gegen 20 kg/mm²,

bei Reihe 5 $2 \cdot 13{,}5 = 27$ kg/mm² gegen 18 kg/mm².

Außerdem zeigen die Zahlen, daß die zweireihigen Nietverbindungen etwas widerstandsfähiger waren als die dreireihigen.

Über die Längenänderungen der Verbindungen ist an der eingangs genannten Stelle ausführlich berichtet. Es zeigte sich dabei, daß es nötig ist, zu untersuchen, wie bei der Herstellung der Verbindungen vorzugehen ist, um die mit steigender

Last und unter oftmaliger Wiederholung der Last auftretenden Gleitbewegungen tunlichst klein zu halten.

Inzwischen sind noch die Verbindungen nach Fig. 5 und 6 (Reihen 3 und 4) geprüft worden.[2] Während bei den Versuchen der Zusammenstellung 1 (Fig. 3 und 4, Reihen 2 und 5) $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}9 : 0{,}8$ betrug, also etwa den Grenzverhältnissen der Vorschriften entsprach, ist bei den neueren Versuchen mit Körpern nach Fig. 5 und 6 $\sigma : \sigma_1 = 1 : 1{,}5$ und $1 : 2{,}5$ gewählt worden. $\sigma : \tau$ war wie früher $1 : 0{,}8$.

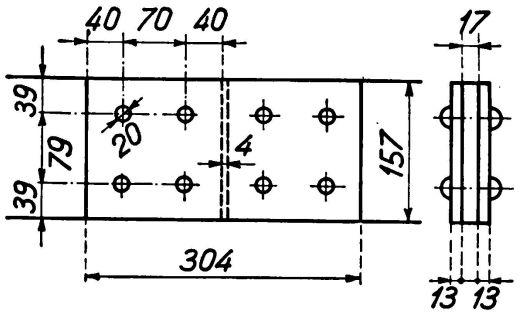


Fig. 5.

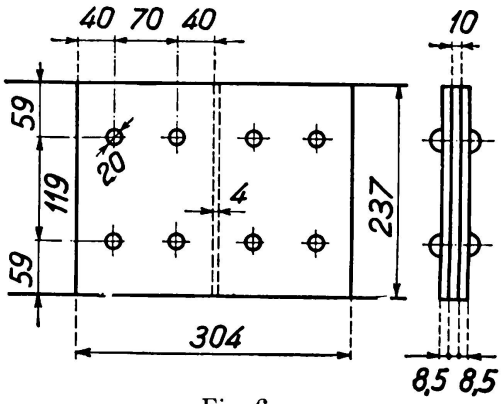


Fig. 6.

Die normengemäße Zugprüfung der 17 mm dicken Bleche zu Reihe 3 lieferte

die Streckgrenze zu . . . . . 35,6 kg/mm²,
die Zugfestigkeit zu . . . . . 52,4 kg/mm²,
die Bruchdehnung zu . . . . . 24,6 %,
die Bruchquerschnittsverminderung zu 65 %.

Für die 10 mm dicken Bleche der Reihe 4 fand sich

die Streckgrenze zu . . . . . 39,6 kg/mm²,
die Zugfestigkeit zu . . . . . 54,0 kg/mm²,
die Bruchdehnung zu . . . . . 25,8 %,
die Bruchquerschnittsverminderung zu 59 %.

Die Kugeldruckhärte der normalgeglühten Niete (geliefert als Niete St. 44) ist zu 137 kg/mm² ermittelt worden.

Beim Vergleich der im folgenden beschriebenen Versuche mit den in Zusammenstellung 1 genannten ist zu beachten, daß der Stahl zu den neueren Versuchen besonders geliefert worden ist.

Alle Bleche und Niete wurden vom Werk Oberhausen der Gutehoffnungshütte kostenlos zur Verfügung gestellt.

Die Herstellung der Nietverbindungen geschah in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart. Die Löcher wurden — für Bleche und Laschen gemeinsam — auf 19,5 mm gebohrt, dann mit einer zylindrischen Reibahle auf 20,0 mm erweitert. Die Lochränder wurden an den Berührungsflächen leicht abgegratet, an den Außenflächen der Laschen mit 1 bis 1,5 mm Schräge versenkt.

Die Berührungsflächen der Bleche und Laschen wurden vor dem Vernieten

[2] Mit der Ausführung der Versuche war Herr Ingenieur *Munzinger* betraut.

sorgfältig mit Benzin entfettet. Anstreichen mit Mennige erfolgte — entsprechend den derzeitigen Vorschriften — nicht.

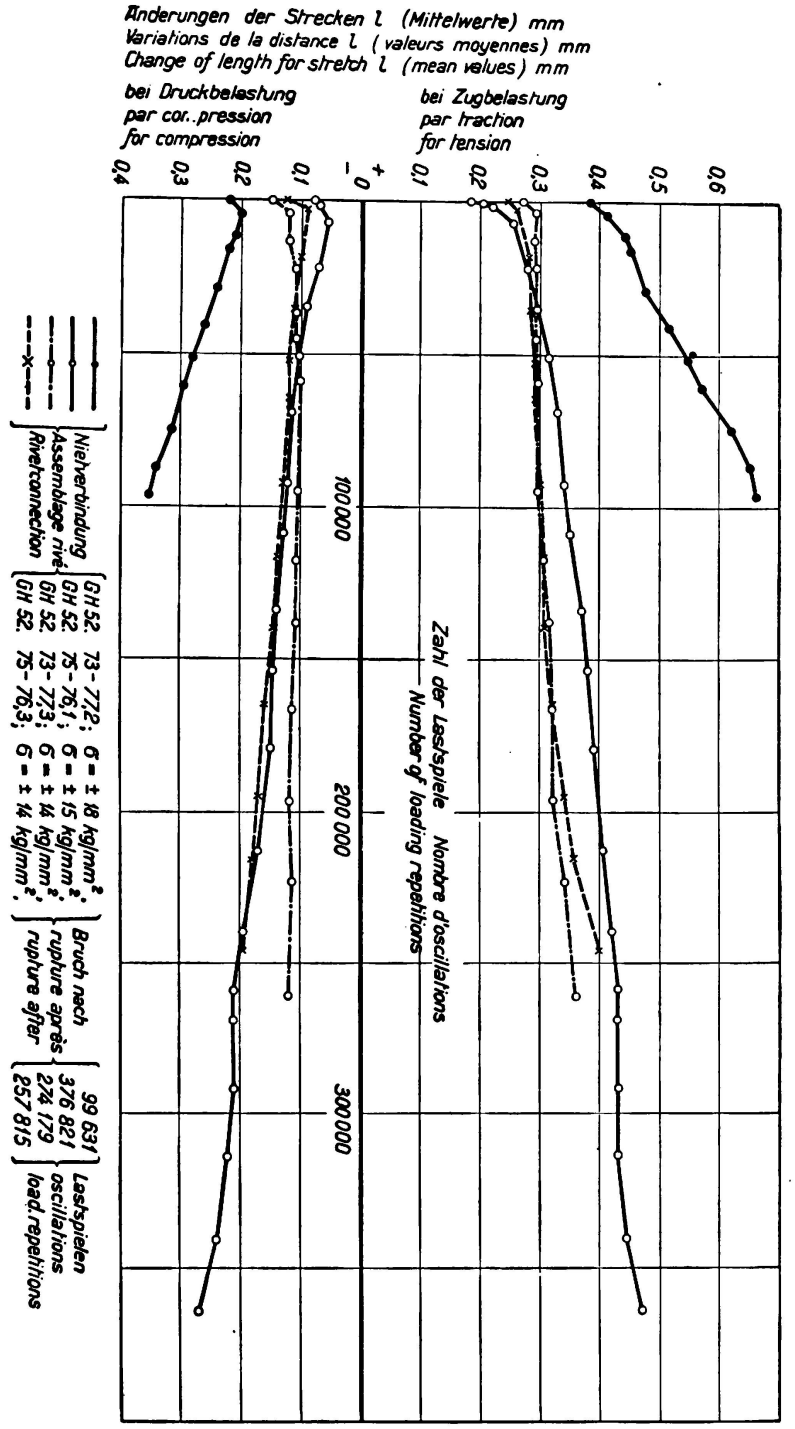


Fig. 7.
Dauer-Zugdruckversuche
zweireihige Nietverbindungen aus St 52
$\sigma : \sigma_1 : \tau = 1{,}0 : 1{,}5 : 0{,}8$

Das Nieten geschah mit Preßluftwerkzeugen. Hierbei wurde ein Hammer der Frankfurter Maschinenbau A.-G. vorm. Pokorny & Wittekind Type N 80 (Gewicht 13,3 kg, Döppergewicht 1,33 kg) benutzt. Der Überdruck der Preßluft betrug 6 bis 7 at.

Bei Beginn des Nietens waren die Niete über die ganze Länge etwa hellorangeglühend. Die Nietzeit (Dauer der Hammerarbeit) betrug 15 Sekunden.

Die Prüfung der Nietverbindungen geschah wie früher.[3]

Die Zahl der Lastspiele in der Minute wurde bei den Dauerzugdruckversuchen (Wechsel zwischen Zug und Druck) in der Regel auf rd. 6 bis 10 eingestellt; bei den Dauerzugversuchen (Ursprungsbelastung) sind minutlich 9 und 21 Lastspiele ausgeführt worden, je mit der unteren Lastgrenze $\sigma_{uz} = 0{,}5$ kg/mm².

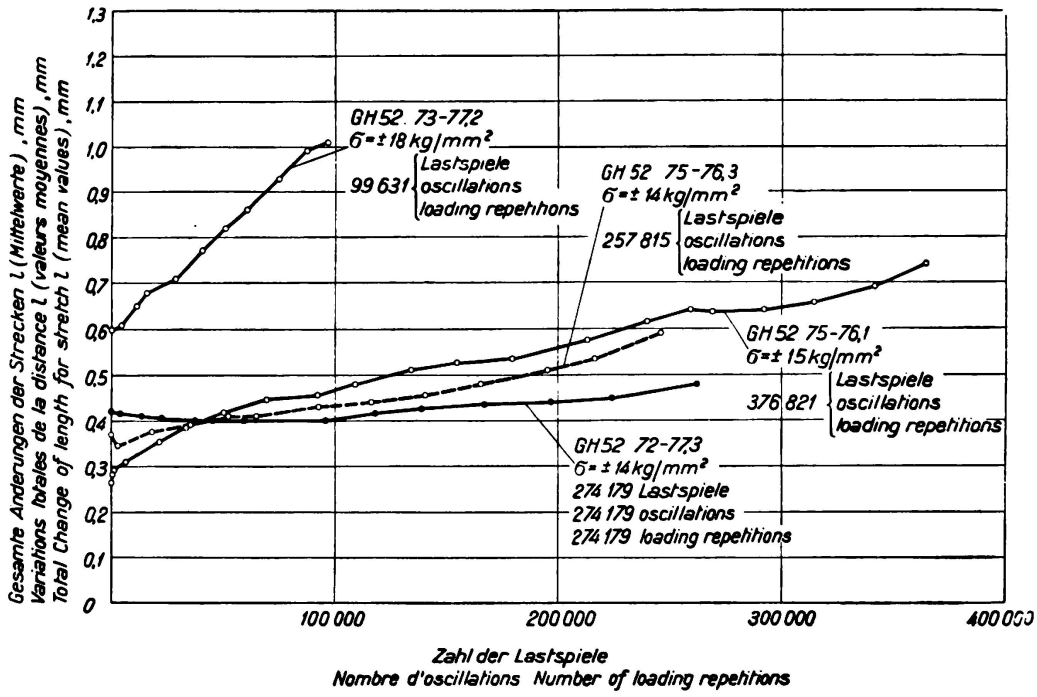


Fig. 8.
Dauer-Zugdruckversuche
zweireihige Nietverbindungen aus St 52
$\sigma : \sigma_1 : \tau = 1{,}0 : 1{,}5 : 0{,}8$

Bei allen Versuchen wurden die Längenänderungen der Nietverbindungen ermittelt und zwar auf einer Meßstrecke, die 2,6 cm länger war als die Laschen.

Von den Versuchsergebnissen seien

A. die Formänderungen

besprochen.

1. *Nietverbindungen nach Fig. 5* (Reihe 3, $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$). Fig. 7 zeigt die Längenänderungen der Nietverbindungen der Reihe 3 beim Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastungen. Die Linienzüge im oberen Teil der Fig. 7 geben die Verlängerungen an, welche vorhanden waren, wenn die Zugkraft wirkte; die Linienzüge im untern Teil der Fig. 7 zeigen die Verkürzungen, welche jeweils zu messen waren, wenn die Druckkraft vorhanden war. Der Verlauf der Linienzüge gibt an, daß die Formänderungen erheblich kleiner geworden sind, wenn

[3] Vgl. Heft B 5 der Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau, 1935, Seite 44.

die Anstrengung von $\pm$ 18 kg/mm² auf $\pm$ 15 kg/mm² gesenkt wurde, auch noch etwas abnahm, wenn die Anstrengung auf $\pm$ 14 kg/mm² verringert wurde.

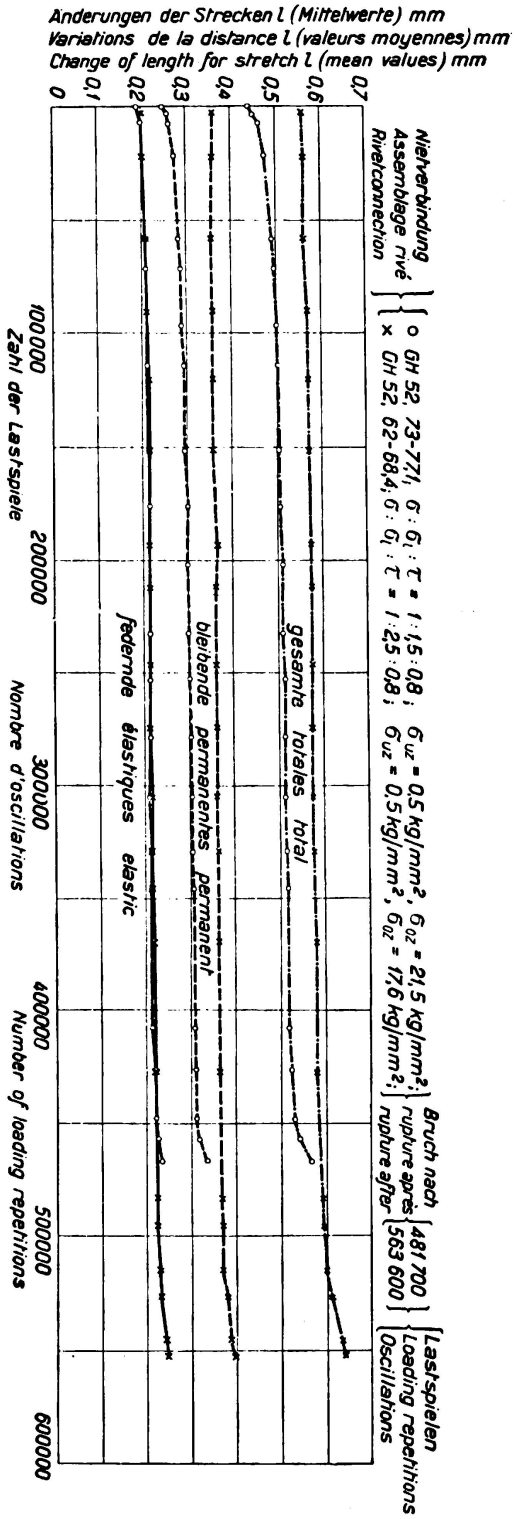


Fig. 9.

Dauerzugversuche mit zweireihigen Nietverbindungen aus St 52

Die in Fig. 7 als Verlängerungen und Verkürzungen gezeichneten Änderungen sind für jedes beobachtete Lastspiel zusammengezählt und als gesamte Änderungen in Fig. 8 dargestellt.

Zum Vergleich sei auf Fig. 9 verwiesen; in den mit Kreisen bezeichneten Linienzügen sind die Längenänderungen aufgetragen, die bei Ursprungszugbelastung mit $\sigma_{uz} = 0{,}5$ kg/mm² und $\sigma_{oz} = 21{,}5$ kg/mm², also mit der Schwingungsweite 21,0 kg/mm² entstanden. Die gesamten Längenänderungen betrugen rd. 0,5 mm, d. i. mehr als bei den Zugdruckversuchen mit der Schwingungsweite 28 kg/mm², vgl. den unteren Linienzug in Fig. 8.

2. *Nietverbindungen nach Fig. 6* (Reihe 4, $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2{,}5 : 0{,}8$). Die Ergebnisse der Messungen finden sich in Fig. 10 (gültig für Versuche mit Wechseln zwischen Zug- und Druckbelastung) und in Fig. 9 (mit Kreuzen bezeichnete Linienzüge, gültig für einen Versuch mit Ursprungszugbelastung).

3. Bei Betrachtung der Ergebnisse unter 1. und 2. findet sich, daß die Längenänderungen der Verbindungen im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastungen erheblich sind, was das „Schlagen" solcher Verbindungen im Betrieb hervorruft. Man muß suchen, solche Verbindungen so herzustellen, daß die Bewegungen klein werden. Die Längenänderungen der Nietverbindungen sind abhängig

a) von der Größe der Reibung in den Gleitflächen der Nietverbindung, also von der Reibungsziffer der Blechflächen und von der Klemmkraft der Niete,

b) von dem Spielraum des Nietschafts im Nietloch.

Neuere Versuche mit großen Nietpaketen und Versuche, die in Heft B 5 des Ausschusses für Versuche im Stahlbau besprochen sind, zeigten dazu folgendes.

Die Reibung der Blechflächen war nach Reinigung im Sandstrahlgebläse größer als wenn die Reinigung mit Benzin erfolgt war. Selbstverständlich wurde die Reibung mit Flächen, die mit Mennige gestrichen waren, viel kleiner als ohne Anstrich.

Die Klemmkraft ist am größten geworden, wenn die Niete auf die ganze Länge hell erwärmt wurden und wenn dabei das Schaftende schon weißglühend war. Das Schlagen der Niete erfolgte dabei in 10 Sekunden mit kräftigen Preßlufthämmern. Weniger hoch erwärmte Niete erhielten geringere und unregelmäßige Klemmkräfte.

Der Spielraum zwischen Nietschaft und Lochwand blieb bei Nieten mit 23 mm Durchmesser unterhalb 0,15 mm, wenn die Nietdurchmesser von vornherein durch Abdrehen der Niete möglichst wenig unter dem Nietlochdurchmesser gehalten wurden. Annähernd dasselbe wurde erreicht, wenn die rohen Niete stärker gewählt wurden als es die Normen vorsehen. Auch durch Stauchen der Niete vor der Herstellung des Schließkopfes ist der Spalt zwischen Nietschaft und Lochwand kleiner als 0,15 mm entstanden.

Besonders wichtig ist

B) die Tragfähigkeit der Verbindungen.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Versuche einzeln und zwar zunächst für die Verbindungen nach Fig. 5, dann für die Verbindungen nach Fig. 6 wiedergegeben.

1. *Nietverbindungen nach Fig. 5* (Reihe 3, $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$).

Im Wechsel zwischen gleich großen Zug- und Drucklasten sind 4 Verbindungen geprüft worden. Es betrug

bei Verbindung	73—77,2	75—76,1	73—77,3	75—76,3
die Zug- und Druckanstrengung σ	18	15	14	14 kg/mm²,
also die Schwingungsweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$	36	30	28	28 „ ,
der Lochleibungsdruck σ_l . .	26,4	22,1	20,5	20,7 „ ,
die Scherbeanspruchung der Niete τ	14,4	12,0	11,2	11,2 „ ,
das Verhältnis $\sigma : \sigma_l : \tau$	1 : 1,47 : 0,80		1 : 1,46 : 0,80	1 : 1,48 : 0,80,
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch	99 631	376 821	274 179	257 815.

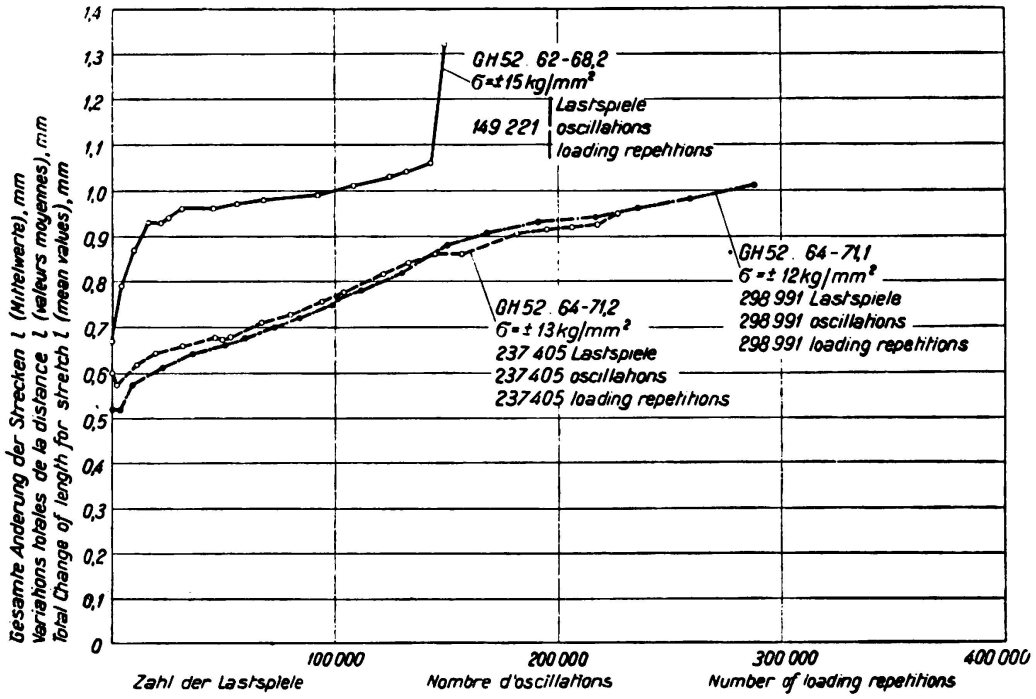


Fig. 10.
Dauer-Zugdruckversuche
zweireihige Nietverbindungen aus St 52
$\sigma : \sigma_l : \tau = 1{,}0 : 2{,}5 : 0{,}8$

Hieraus ist u. a. zu entnehmen, daß die Schwingungsweite, welche 250 000 mal auftreten darf, ohne daß ein Bruch eintritt, 28 kg/mm² beträgt; soll die Schwingungsweite 500 000 mal wirken können, ohne daß ein Bruch eintritt, so darf sie nicht mehr als 26 kg/mm² betragen.

Zum Vergleich ist eine Nietverbindung nach Fig. 5 bei oftmals wiederholter Zugbelastung geprüft worden. Die Prüfung erfolgte

bei $\sigma_{uz} = 0{,}5$ kg/mm²,
$\sigma_{oz} = 21{,}5$ kg/mm²,
Schwingungsweite $\sigma_{oz} - \sigma_{uz} = S = 21$ kg/mm²,
$\sigma_{lo} = 31{,}6$ kg/mm²,
$\tau_o = 17{,}3$ kg/mm² und
$\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1{,}47 : 0{,}80$.

Der Bruch erfolgte nach 481 700 Lastspielen.

Diesem Versuch kann man entnehmen, daß die Schwingungsweite, welche 500000 mal ertragen wird, rd. 20 kg/mm² beträgt. Nach andern Versuchen, die mit schmäleren Verbindungen jedoch gleichem Verhältnis $\sigma : \sigma_l : \tau$ ausgeführt sind,[4] ist zu schätzen, daß die Schwingungsweiten für 250000 Lastspiele rd. 22 kg/mm² beträgt.

Das Verhältnis der Schwingungsweiten bei Zugdruckbelastung zu den Schwingungsweiten bei Ursprungszugbelastung beträgt

für 250000 Lastspiele 28 : 22 = 1,27 : 1,
für 500000 Lastspiele 26 : 20 = 1,30 : 1.

Die Zahlen zeigen im Einklang mit den Ergebnissen von den Verbindungen nach Fig. 3 und 4, daß die Schwingungsweite bei Ursprungszugbelastung erheblich kleiner ausfiel als beim Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung.

2. *Nietverbindungen nach Fig. 6* (Reihe 4, $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 2{,}5 : 0{,}8$).

Im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastungen sind 3 Verbindungen geprüft worden. Es war bei der Verbindung

	62—68,2	64—71,2	64—71,1
die Zug- und Druckanstrengung	15	13	12 kg/mm²,
also die Schwingungsweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$	30	26	24 „ ,
der Lochleibungsdruck σ_l	36,4	32,1	29,7 „ ,
die Scherbeanspruchung der Niete τ	11,9	10,4	9,6 „ ,
das Verhältnis $\sigma : \sigma_l : \tau$	1 : 2,43 : 0,79	1 : 2,47 : 0,80,	
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch	149 221	237 405	298 991.

Hieraus ergibt sich, daß die Schwingungsweite, welche 250000 mal auftreten darf, ohne daß ein Bruch eintritt, rd. 25 kg/mm² beträgt; die Schwingungsweite, welche 500000 mal ertragen wird, ist nach zeichnerischer Darstellung der Ergebnisse auf 21 kg/mm² zu schätzen.

Eine Nietverbindung nach Fig. 6 ist bei Ursprungszugbelastung geprüft worden; dabei war

$$\sigma_{uz} = 0{,}5 \text{ kg/mm}^2,$$
$$\sigma_{oz} = 17{,}6 \text{ kg/mm}^2,$$
$$\sigma_{oz} - \sigma_{uz} = 17{,}1 \text{ kg/mm}^2,$$
$$\sigma_{lo} = 42{,}8 \text{ kg/mm}^2,$$
$$\tau_o = 14{,}1 \text{ kg/mm}^2 \text{ und}$$
$$\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 2{,}43 : 0{,}80.$$

Die Verbindung brach nach 563600 Lastspielen.

Unter Zuhilfenahme früherer Beobachtungen wird die Schwingungsweite für Ursprungszugbelastung geschätzt

für 250000 Lastspiele zu 20 kg/mm²,
für 500000 Lastspiele zu 17 kg/mm².

Das Verhältnis der Schwingungsweiten bei Zugdruckbelastung zu den Schwingungsweiten bei Ursprungszugbelastung beträgt

[4] Heft B 5 der Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau, Seite 40.

für 250000 Lastspiele 25 : 20 = 1,25 : 1,
für 500000 Lastspiele 21 : 17 = 1,24 : 1.

3. Im ganzen läßt sich den Beobachtungen über die Tragfähigkeit der Nietverbindungen folgendes entnehmen:

a) Die Schwingungsweite, welche 250000 mal oder 500000 mal ertragen wurde, ohne daß ein Bruch eintrat, ist beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten erheblich größer ausgefallen als wenn Ursprungszugbelastungen wirkten; das Mehr betrug im Falle der Fig. 5 27 und 30 %, im Falle der Fig. 6 25 und 24 %.

b) Die Dauerfestigkeit der Nietverbindungen ist mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$ größer ausgefallen als mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2{,}5 : 0{,}8$;[5] für den Fall, daß 500000 Lastspiele ertragen werden sollen, betrug die Schwingungsweite S

beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten

mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$ $S = 26$ kg/mm²,
mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2{,}5 : 0{,}8$ $S = 21$ kg/mm²,

bei Ursprungszugbelastung

mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$ $S = 20$ kg/mm²,
mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2{,}5 : 0{,}8$ $S = 17$ kg/mm².

Schließlich ist noch über

C) die Zerstörung der Nietverbindungen

zu berichten.

Alle Verbindungen brachen in den Blechen in einer äußeren Nietreihe, also z. B. in Fig. 11 bei c. Der Bruch begann am Rand des Nietlochs, wie durch viele

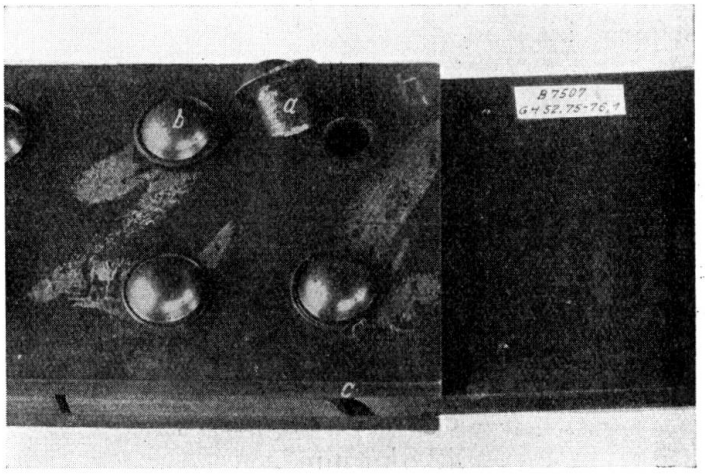


Fig. 11.
Nietverbindung 75—76,1. $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$.
Bruch im Blech bei c, von den Nietlochrändern ausgehend.
Ferner Niete a und b gebrochen.

frühere Versuche bekannt ist. Außerdem sind bei der in Fig 11 wiedergegebenen Verbindung die Niete a und b gebrochen, d. h. die Biegefestigkeit dieser Niete ist unter oftmals wechselnder Last überschritten worden.[6]

[5] Ein unmittelbarer Vergleich mit den Verbindungen nach Fig. 3 und 4 ist nicht angängig, weil der Stahl aus verschiedenen Lieferungen stammt.

[6] Vgl. auch Heft B 5 des Ausschusses für Versuche im Stahlbau, Seite 31.

Eine Nietverbindung derselben Reihe, die äußerlich keinen Bruch der Niete erkennen ließ, ist nach der Prüfung gemäß Fig. 12 aufgeschnitten worden. Dabei fanden sich in jeder Niete am Schließkopf, an einer Niete auch am Setzkopf feine Risse r_z (bei Zugbelastung entstanden) und r_d (bei Druckbelastung entstanden). Man erkennt aus solchen Versuchen die Grenze der Widerstandsfähigkeit der Niete.

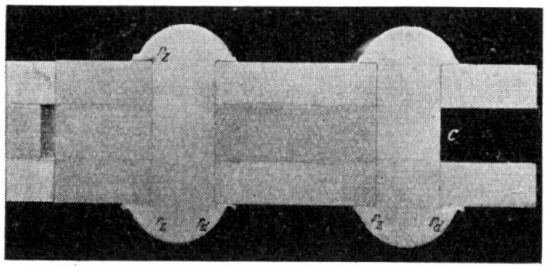


Fig. 12.
Längsschnitt durch die Nietverbindung 75—76,3.
$\sigma = \pm 14$ kg/mm²; $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$; 257815 Lastspiele bis zum Bruch;
Zerstörung bei c am Nietlochrand beginnend.

Zusammenfassung.

Die Versuche zeigen, daß die Schwingungsweite der Lasten, die oftmals auftreten dürfen, beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten erheblich größer ist als wenn nur Zuglasten wirken (vgl. unter B, 3a). Weiter fand sich die Schwingungsweite für Verbindungen mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1{,}5 : 0{,}8$ größer als mit $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2{,}5 : 0{,}8$ (vgl. unter B, 3b).

Lehrreich sind ferner die Feststellungen über die Größe der Längenänderungen der Nietverbindungen. Dazu sind unter A3 einige Versuche erörtert, welche zur Erlangung hoher Klemmspannungen und geringer Nietspiele ausgeführt wurden.

Die Versuche mit Verbindungen nach Fig. 5 erinnern erneut, daß die Nieten bei ofmals wiederholter Last durch Biegebelastungen zerstört werden können.

Leere Seite
Blank page
Page vide