

Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau

(Fortsetzung der vom Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin, herausgegebenen Berichte
des früheren Ausschusses für Versuche im Stahlbau)

Heft 12

Versuche mit Nietverbindungen

Von

Otto Graf

o. Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart

Mit 66 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1941

Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau

(Fortsetzung der vom Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin, herausgegebenen Berichte
des früheren Ausschusses für Versuche im Stahlbau)

Heft 12

Versuche mit Nietverbindungen

Von

Otto Graf

o. Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart

Mit 66 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1941

ISBN 978-3-662-35460-5 ISBN 978-3-662-36288-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-36288-4

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1941 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1941.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
I. Versuche mit Nietverbindungen aus St 52 unter oft wiederkehrenden Wechsellasten zwischen Zug- und Druckbelastung	2
A. Im Jahr 1936 ausgeführte Versuche. $\sigma:\sigma_l:\tau=1:1,5:0,8$ und $1:2,5:0,8$	2
1. Bauart und Herstellung der Versuchskörper. Werkstoffe	2
2. Prüfung der Nietverbindungen	3
3. Formänderungen der Nietverbindungen	3
4. Tragfähigkeit der Nietverbindungen	6
5. Zerstörung der Nietverbindungen	7
6. Zusammenfassung	8
B. Im Jahr 1938 ausgeführte Versuche. $\sigma:\sigma_l:\tau=1:1,9:0,6$ und $1:1,9:0,8$ und $1:1,9:1,0$	9
1. Bauart und Herstellung der Versuchskörper. Werkstoffe	9
2. Prüfung der Nietverbindungen	10
3. Tragfähigkeit der Nietverbindungen	10
4. Zerstörung der Nietverbindungen	14
5. Zusammenfassung	14
II. Versuche zur Bestimmung der Klemmkraft und der Lochfüllung in Nietverbindungen, ferner Versuche zur Feststellung der Arbeitsverfahren zum zweckmäßigen Nieten	14
A. Versuche vom Jahr 1934 und 1935	15
1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe	15
2. Herstellung der Probekörper	15
3. Prüfung der genieteten Körper	17
4. Versuchsergebnisse	18
B. Versuche vom Jahr 1936	21
1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe.	21
2. Herstellung der Probekörper	22
3. Prüfung der genieteten Körper	23
4. Versuchsergebnisse	23
C. Versuche vom Jahr 1938	25
1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe.	25
2. Herstellung der Probekörper	26
3. Prüfung der Körper nach Abb. 33	27
4. Versuchsergebnisse	28
D. Versuche, die im Jahr 1934 begonnen und 1940 beendet wurden (Schaftlänge der Niete 213 mm)	30
1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe	30
2. Herstellung der Probekörper	31
3. Prüfung der genieteten Körper	31
4. Versuchsergebnisse	32
III. Aus Dauerversuchen mit Nietverbindungen, durchgeführt von W. M. Wilson und F. P. Thomas in der Engineering Experiment Station der Universität in Urbana	35
1. Versuchseinrichtung	35
2. Werkstoffe	35
3. Versuchsergebnisse	36
a) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 46; $\sigma:\sigma_l:\tau=1:3,2:2,1$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl	36
b) Versuche mit Bolzenverbindungen nach Abb. 47; $\sigma_l:\tau=2,1:1$. Bleche aus Kohlenstoffstahl. Streckgrenze des Werkstoffs zu den Bolzen $\sigma_{zP}=77\text{ kg/mm}^2$	36
c) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 48 bis 50; $\sigma:\sigma_l=1:3,5$; $\sigma:\tau=1:1,7$ bzw. $1:3,3$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl	36
d) Bemerkungen zu den Versuchen unter a) bis c), sowie zu weiteren im Originalbericht enthaltenen Angaben	37

	Seite
e) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 51 und 52; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:0,8:0,4$ bzw. $1:1,3:0,6$. . .	37
f) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 53 bis 55; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1:0,4$ bzw. $1:1,3:0,4$ bzw. $1:1,9:0,5$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl	38
g) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 56 bis 58; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,2:0,75$ bzw. $1:1,6:0,75$ bzw. $1:2,3:0,75$. Schaftlänge rd. 77 mm. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl	38
h) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 59 bis 61; $\sigma:\sigma_l:\tau = \text{rd. } 1:1,4:0,5$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl	39
i) Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Art der Herstellung der Nietlöcher auf die Dauerzugfestigkeit der Nietverbindungen	39
k) Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Stahlart auf die Ursprungszugfestigkeit der Nietverbindungen	40
l) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 63; $\sigma:\sigma_l:\tau = \text{rd. } 1:4,9:2,3$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl.	40
m) Versuche zur Ermittlung der Ursprungszugfestigkeit von Flachstäben ohne und mit Bohrung	41
n) Zusammenfassung der Ergebnisse von Abschnitt III	41
IV. Zusammenfassung der Ergebnisse	41
1. Klemmspannungen	41
2. Änderungen der Lochdurchmesser und der Schaftdurchmesser der Niete beim Nieten. Spielraum zwischen Lochdurchmesser und Schaftdurchmesser	42
3. Widerstandsfähigkeit der Nietverbindungen gegen oftmals wiederholte Belastung	43

Einleitung.

Die Untersuchungen mit Nietverbindungen, über die in Heft 5 und früher an andern dort angegebenen Stellen berichtet ist, betreffen vorzugsweise das folgende.

1. Zerreißversuche und Versuche bei oftmals wiederholter Zugbelastung mit Nietverbindungen aus Flachstählen St 37, St Si, St 48 und St 52 zur Ermittlung des Einflusses der Größen $\sigma:\sigma_l$ und $\sigma:\tau$, vgl. Heft 5, S. 4, 16, 28, 32, 36 und 40.

2. Versuche bei oftmaligem Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung mit Nietverbindungen aus Flachstählen St 52, zur Ermittlung des Einflusses der Größen $\sigma:\sigma_l$ und $\sigma:\tau$, vgl. Heft 5, S. 42f. ber eine Fortsetzung dieser Versuche ist im Stahlbau 1936, S. 185f., berichtet (zweiter Teil dieser Untersuchungen).

3. Versuche bei oftmals wiederholter Zugbelastung mit Nietverbindungen, deren Reibflächen verschiedene Oberflächenbeschaffenheit und damit verschiedenen Gleitwiderstand besaßen, vgl. Heft 5, S. 24f., ferner Stahlbau 1938, S. 17 bis 19.

Inzwischen sind die Untersuchungen fortgesetzt und erweitert worden, und zwar

4. durch Versuche bei oftmaligem Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung mit Nietverbindungen, bei denen $\sigma:\sigma_l:\tau=1:1,9:0,6$ bzw. $1:1,9:0,8$ und $1:1,9:1,0$ betrug (dritter Teil dieser Untersuchungen);

5. durch Versuche mit genieteten Blechpaketen zur Feststellung der Klemmkraft und der Lochfüllung bei Verwendung von Nieten verschiedener Beschaffenheit und bei verschiedener Art des Nietens.

6. Außerdem haben im Mai 1938 Wilson und Thomas über Dauerversuche mit Nietverbindungen berichtet¹; es lag nahe, die Ergebnisse dieser Versuche mit den bei uns erlangten zu vergleichen.

Im folgenden wird unter I und II zunächst über die Versuche unter 4. und 5. berichtet. Hieran schließt sich unter III der Bericht über die wichtigsten Versuche von Wilson und Thomas. Dann folgt unter IV eine Zusammenfassung der Ergebnisse der gesamten im vorstehenden erwähnten Versuche.

¹ Wilson u. Thomas, Univ. Illinois Bull. Bd. 35 (1938) Heft 79.

I. Versuche mit Nietverbindungen aus St 52 unter oft wiederkehrenden Wechseln zwischen Zug- und Druckbelastung.

Wenn die Beanspruchung unter oftmaligem Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung erfolgt, so findet gemäß Abb. 1 und 2 ein fortlaufender Wechsel der Übertragungsflächen statt. Die Zugbelastung nach Abb. 1 bringt maßgebende Beanspruchungen am Lochrande, ferner eine Biegebeanspruchung der Niete gemäß den in Abb. 1 angegebenen Belastungspfeilen. Die Druckbelastung wird gemäß Abb. 2 unmittelbar aus dem Blech auf die Niete übertragen; maßgebend ist hier die Biegeanstrengung der Niete, die jetzt entgegen dem Belastungsfall in Abb. 1 gerichtet ist. Diese Umstände haben zur Folge, daß die Schwingweite, welche eine normengemäß gebaute Nietverbindung im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung erträgt, erheblich größer ist als die Schwingweite, welche unter oftmals auftretenden Zugbelastungen ertragen wird. Dieser Unterschied ist für die Wahl der zulässigen Beanspruchungen der Nietverbindungen wichtig. Deshalb sind in den Jahren 1934 bis 1938 Untersuchungen ausgeführt worden mit Nietverbindungen, bei denen Wechsel zwischen Zug- und Druck-

belastung oftmals stattfanden, bei denen zum Vergleich auch Verbindungen unter oftmals wiederholter Zugbelastung geprüft wurden und bei denen die Verhältnisse $\sigma : \sigma_1$ und $\sigma : \tau$ verschieden gewählt waren. Über die im Jahr 1934 ausgeführten Versuche ist bereits in Heft 5 der Berichte des Ausschusses für Stahlbau das Erforderliche mitgeteilt. Die im Jahre 1936 ausgeführten Versuche werden im folgenden unter A beschrieben; die im Jahr 1938 abgeschlossenen Versuche werden unter B dargestellt¹.

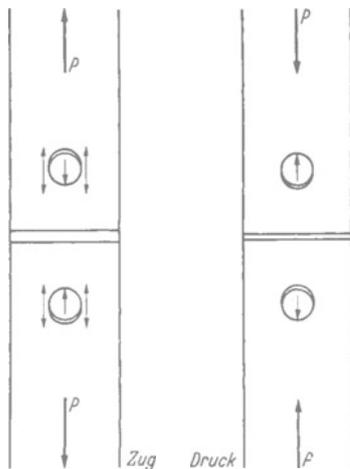


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 1 und 2. Schematische Darstellung der Art der Anstrengung der Niete und Bleche in Nietverbindungen, die oft wiederkehrenden Wechseln zwischen Zug- und Druckbelastung unterworfen sind.

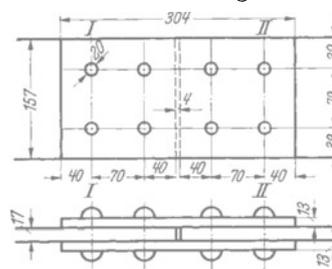


Abb. 3.
Versuchskörper der Reihe 3.
 $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$.

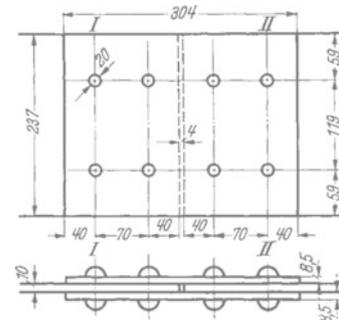


Abb. 4.
Versuchskörper der Reihe 4.
 $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 2,5 : 0,8$.

A. Im Jahre 1936 ausgeführte Versuche.

($\sigma : \sigma_1 : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$ und $1 : 2,5 : 0,8$.)

1. Bauart und Herstellung der Versuchskörper. Werkstoffe.

Die Bauart der Versuchskörper ist in Abb. 3 und in Abb. 4 dargestellt. Die Versuchskörper nach Abb. 3 sind im folgenden als Versuchsreihe 3 aufgeführt; sie hatten für die Spannungen die Verhältniszahlen $\sigma : \sigma_1 : \tau = 1,0 : 1,5 : 0,8$; für diejenigen nach Abb. 4, im folgenden als Versuchsreihe 4 bezeichnet, betragen die Verhältniszahlen $1 : 2,5 : 0,8$.

¹ Alle Versuche hat Herr Ingenieur Munzinger sorgsam ausgeführt. Herr Munzinger hat ferner bei der Vorbereitung des vorliegenden Berichtes mitgewirkt.

Die Prüfung der Bleche nach DIN 1605 ergab

a) für die 17 mm dicken Bleche zu Reihe 3

die Streckgrenze	zu 35,6 kg/mm ² ,
die Zugfestigkeit	zu 52,4 kg/mm ² ,
die Bruchdehnung.	zu 24,6%
und die Bruchquerschnittsverminderung	zu 65% ;

b) für die 10 mm dicken Bleche der Reihe 4

die Streckgrenze	zu 39,6 kg/mm ² ,
die Zugfestigkeit	zu 54,0 kg/mm ² ,
die Bruchdehnung	zu 25,8%
und die Bruchquerschnittsverminderung	zu 59%.

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

Beim Vergleich der folgenden Versuche mit den in Heft 5 beschriebenen ist zu beachten, daß der Stahl zu den Reihen 3 und 4 später bestellt worden und später hergestellt ist und deshalb etwas andere Eigenschaften besaß.

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

Die Herstellung der Nietverbindungen geschah im Institut für die Materialprüfungen des Bauwesens an 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 sorgfältig mit Benzin entfettet. Anstreichen mit Mennige erfolgte — entsprechend den derzeitigen Vorschriften — nicht.

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

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

2. Prüfung der Nietverbindungen.

Die Prüfung der Nietverbindungen geschah wie früher ¹.

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 oder 21 Lastspiele ausgeführt worden; die untere Lastgrenze war dabei $\sigma_{uz} = 0,5$ kg/mm².

Bei allen Versuchen wurden die Längenänderungen der Nietverbindungen ermittelt, und zwar auf einer Meßstrecke l , die 2,6 cm länger war als die Laschen. Das Wichtigste war die Bestimmung der Tragfähigkeit der Verbindungen gegenüber 250 000 und 500 000 Lastspielen. Weiterhin ist die Art der Zerstörung der Verbindungen verfolgt worden.

3. Formänderungen der Nietverbindungen.

a) Nietverbindungen nach Abb. 3 (Reihe 3, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$). Abb. 5 zeigt die Längenänderungen der Nietverbindungen der Reihe 3 beim Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastungen. Die Linienzüge im oberen Teil der Abb. 5 geben die Verlängerungen an, welche vorhanden waren, wenn die Zugkraft wirkte; die Linienzüge im untersten Teil der Abb. 5 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 die Anstrengung von ± 18 kg/mm² auf ± 15 kg/mm² gesenkt wurde, auch noch etwas abnahm, wenn die Anstrengung auf ± 14 kg/mm² verringert wurde.

¹ Vgl. Heft B 5 der Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau 1935 S. 44.

4 Nietverbindungen aus St 52 unter oft wiederkehrenden Wechslen zwischen Zug- und Druckbelastung.

Die in Abb. 5 als Verlängerungen und Verkürzungen gezeichneten Änderungen sind für jedes beobachtete Lastspiel zusammengezählt und als gesamt Änderungen in Abb. 6 dargestellt.

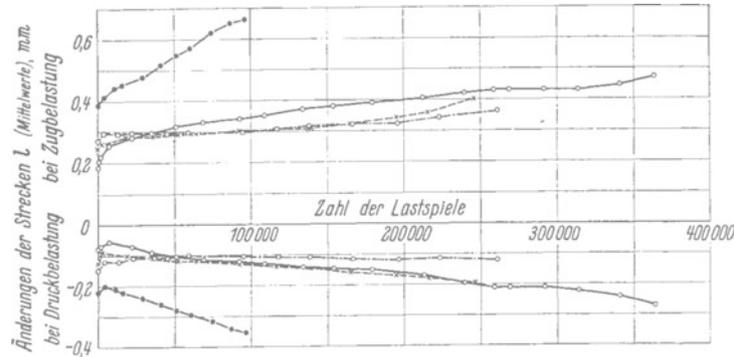


Abb. 5. Längenänderungen bei Dauer-Zugdruckversuchen mit zweireihigen Nietverbindungen aus St 52. Bauart nach Abb. 3. ($\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$.)

- Nietverbindung GH 52. 73-77,2; $\sigma = \pm 18 \text{ kg/mm}^2$, Bruch nach 99 631 Lastspielen,
- Nietverbindung GH 52. 73-76,1; $\sigma = \pm 15 \text{ kg/mm}^2$, Bruch nach 376 821 Lastspielen,
- Nietverbindung GH 52. 73-77,3; $\sigma = \pm 14 \text{ kg/mm}^2$, Bruch nach 274 179 Lastspielen,
- Nietverbindung GH 52. 73-76,3; $\sigma = \pm 14 \text{ kg/mm}^2$, Bruch nach 257 815 Lastspielen.

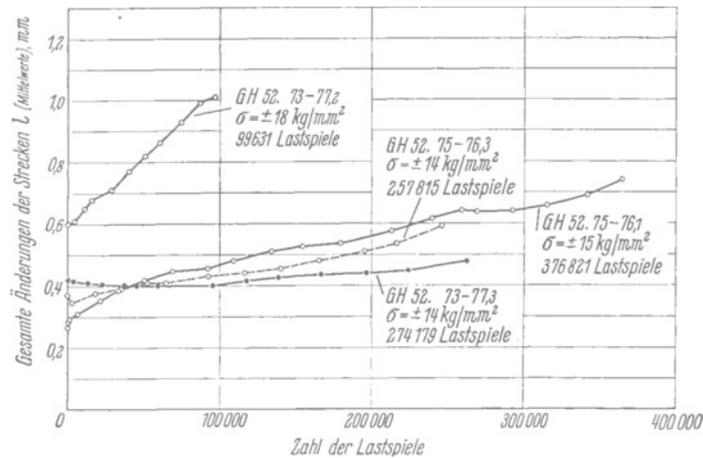


Abb. 6. Längenänderungen bei Dauer-Zugdruckversuchen mit zweireihigen Nietverbindungen aus St 52. Bauart nach Abb. 3. ($\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$.)

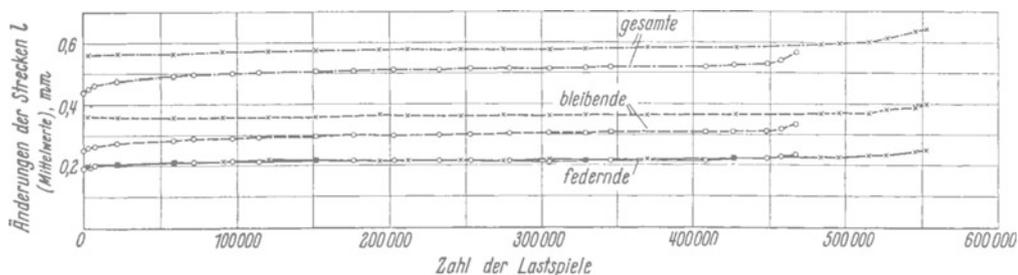


Abb. 7. Längenänderungen bei Dauerzugversuchen mit zweireihigen Nietverbindungen aus St 52 nach Abb. 3 und 4.

- Nietverbindung GH 52. 73-77,1; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,5 : 0,8$; $\sigma_{uz} = 0,5 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{oz} = 21,5 \text{ kg/mm}^2$; Bruch nach 481 700 Lastspielen.
- × Nietverbindung GH 52. 62-68,4; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 2,5 : 0,8$; $\sigma_{uz} = 0,5 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{oz} = 17,6 \text{ kg/mm}^2$; Bruch nach 563 600 Lastspielen.

Zum Vergleich sei auf Abb. 7 verwiesen, die in den mit Kreisen bezeichneten Linienzügen die Längenänderungen angibt, die bei Ursprungsbelastung mit $\sigma_{uz} = 0,5 \text{ kg/mm}^2$ und $\sigma_{oz} = 21,5 \text{ kg/mm}^2$, also mit der Schwingweite von $21,0 \text{ kg/mm}^2$ entstanden. Die gesamten Längen-

änderungen betragen nach 200 000 Lastspielen rd. 0,5 mm, das ist etwas mehr als bei den Zugdruckversuchen mit der Schwingweite von 28 kg/mm², vgl. den unteren Linienzug in Abb. 6.

b) Nietverbindungen nach Abb. 4 (Reihe 4, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$). Die Ergebnisse der Messungen finden sich in Abb. 8 und 9 (gültig für Versuche mit Wechseln zwischen Zug- und Druckbelastung) sowie in Abb. 7 (mit Kreuzen bezeichnete Linienzüge, gültig für einen Versuch mit Ursprungszugbelastung).

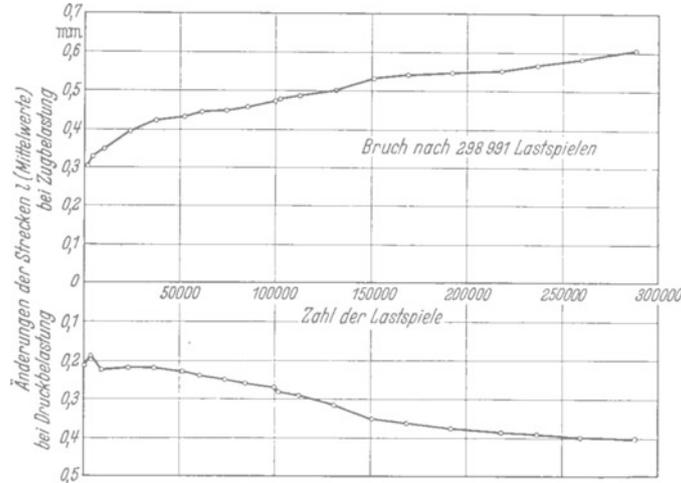


Abb. 8. Längenänderungen beim Dauer-Zugdruckversuch mit der zweireihigen Nietverbindung GH 52. 64—71,1 aus St 52 bei $\sigma = \pm 12$ kg/mm². Bauart nach Abb. 4. ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$.)

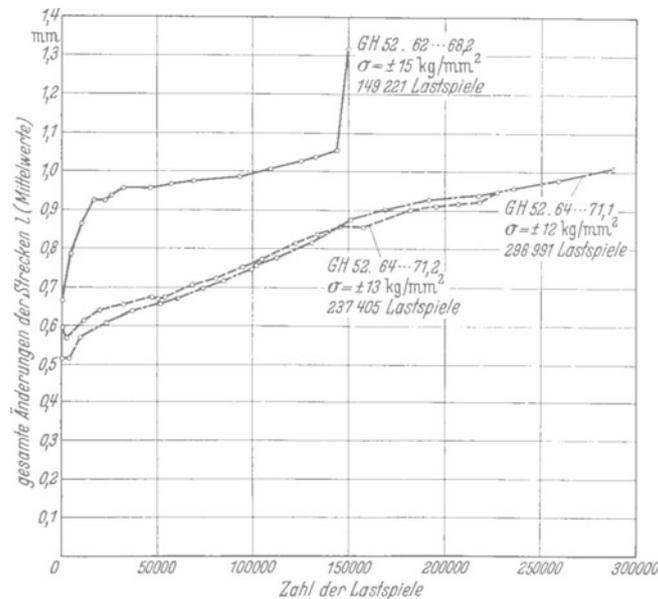


Abb. 9. Längenänderungen bei Dauerzugdruckversuchen mit zweireihigen Nietverbindungen aus St 52. Bauart nach Abb. 4. ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$.)

c) Bei Betrachtung der Ergebnisse unter a) und b) findet sich, daß die Längenänderungen der Verbindungen im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung erheblich sind, was das „Schlagen“ solcher Verbindungen im Betrieb hervorruft. Man muß suchen, solche Verbindungen so herzustellen, daß die Bewegungen klein werden. Dabei ist wesentlich, daß die Längenänderungen der Nietverbindungen abhängig sind

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

β) von dem Spielraum des Nietschaftes im Nietloch. Hierzu vgl. unter II, S. 14f.

4. Tragfähigkeit der Nietverbindungen.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Versuche einzeln, zunächst für die Verbindungen nach Abb. 3, dann für die Verbindungen nach Abb. 4 wiedergegeben.

a) Nietverbindungen nach Abb. 3 (Reihe 3, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$). Im Wechsel zwischen gleich großen Zug- und Drucklasten sind vier Verbindungen geprüft worden. Es betrug

	bei der Verbindung			
	73—77,2	75—76,1	73—77,3	75—76,3
die Zug- und Druckanstrengung σ	18	15	14	14 kg/mm ² ,
also die Schwingweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$	36	30	28	28 kg/mm ² ,
der Lochleibungsdruck σ_l	26,4	22,1	20,5	20,7 kg/mm ² ,
die Scherbeanspruchung τ	14,4	12,0	11,2	11,2 kg/mm 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	99631	376821	274179	257815.

Hieraus ist zu entnehmen, daß die Schwingweite, die 250 000mal auftreten durfte, ohne daß ein Bruch eintrat, 28 kg/mm² betrug; die Schwingweite, die 500 000mal wirkte, ohne daß ein Bruch eintrat, dürfte nicht mehr als 26 kg/mm² betragen.

Zum Vergleich ist eine Nietverbindung nach Abb. 3 bei oftmals wiederholter Zugbelastung geprüft worden. Die Prüfung geschah mit

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 0,5 \text{ kg/mm}^2, \\ \sigma_o &= 21,5 \text{ kg/mm}^2, \\ \sigma_o - \sigma_u &= 21 \text{ kg/mm}^2, \\ \sigma_l &= 31,6 \text{ kg/mm}^2, \\ \tau_0 &= 17,3 \text{ kg/mm}^2, \\ \text{und } \sigma_o:\sigma_l:\tau_0 &= 1:1,47:0,80.\end{aligned}$$

Der Bruch erfolgte nach 481 700 Lastspielen.

Dieser Versuch zeigt, daß die Schwingweite, welche 500 000mal als Zuganstrengung ertragen wurde, rd. 20 kg/mm² betrug. Nach andern Versuchen, die mit schmälern Verbindungen, jedoch gleichem Verhältnis $\sigma:\sigma_l:\tau$ ausgeführt sind¹, war zu schätzen, daß die Schwingweite für 250 000 Lastspiele rd. 22 kg/mm² betrug.

Das Verhältnis der Schwingweite bei Zugdruckbelastung zu der Schwingweite bei Ursprungszugbelastung beträgt

$$\begin{aligned}\text{für 250 000 Lastspiele} & 28:22 = 1,27:1, \\ \text{für 500 000 Lastspiele} & 26:20 = 1,30:1.\end{aligned}$$

Die Zahlen zeigen im Einklang mit den Ergebnissen in Heft 5, S. 42f., daß die Schwingweite bei Ursprungszugbelastung erheblich kleiner ausfiel als beim Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung.

b) Nietverbindungen nach Abb. 4 (Reihe 4, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$). Im Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastung sind drei Verbindungen geprüft worden. Es war

	bei der Verbindung		
	62—68,2	64—71,2	64—71,1
die Zug- und Druckanstrengung σ	15	13	12 kg/mm ² ,
also die Schwingweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$	30	26	24 kg/mm ² ,
der Lochleibungsdruck σ_l	36,4	32,1	29,7 kg/mm ² ,
die Scherbeanspruchung τ	11,9	10,4	9,6 kg/mm ² ,
das Verhältnis $\sigma:\sigma_l:\tau$	1:2,43:0,79		1:2,47:0,80,
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch	149221	237405	298991.

Hieraus ergibt sich, daß die Schwingweite, welche 250 000mal auftreten durfte, ohne daß ein Bruch eintrat, rd. 25 kg/mm² betrug; die Schwingweite, welche 500 000mal ertragen würde, war nach zeichnerischer Darstellung der Ergebnisse auf 21 kg/mm² zu schätzen.

Eine Nietverbindung nach Abb. 4 ist bei Ursprungszugbelastung geprüft worden; dabei war

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 0,5 \text{ kg/mm}^2, \\ \sigma_o &= 17,6 \text{ kg/mm}^2, \\ \sigma_o - \sigma_u &= 17,1 \text{ kg/mm}^2, \\ \sigma_l &= 42,8 \text{ kg/mm}^2, \\ \tau_0 &= 14,1 \text{ kg/mm}^2, \\ \text{und } \sigma_o:\sigma_l:\tau_0 &= 1:2,43:0,80.\end{aligned}$$

¹ Heft B 5 der Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau, S. 40.

Die Verbindung brach nach 563 600 Lastspielen.

Unter Zuhilfenahme früherer Beobachtungen wurde die Schwingweite für Ursprungszugbelastung geschätzt

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

Das Verhältnis der Schwingweiten bei Zugdruckbelastung zu den Schwingweiten bei Ursprungszugbelastung war demnach

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

c) Im ganzen läßt sich vorstehenden Beobachtungen über die Tragfähigkeit der Nietverbindungen folgendes entnehmen.

α) Die Schwingweite, welche 250 000mal oder 500 000mal ertragen wurde, ohne daß ein Bruch eintrat, ist beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten größer ausgefallen, als wenn Ursprungszuglasten wirkten; das Mehr betrug im Falle der Abb. 3 27 und 30%, im Falle der Abb. 4 25 und 24%.

β) Die Dauerfestigkeit der Nietverbindungen ist mit $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$ größer ausgefallen als mit $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$ ¹. Für den Fall, daß 500 000 Lastspiele ertragen werden sollen, betrug die Schwingweite S

beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten

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

bei Ursprungszugbelastung

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

5. Zerstörung der Nietverbindungen.

Alle Verbindungen brachen im Mittelblech an einer äußeren Nietreihe, also z. B. in Abb. 10 bei *c*. Der Bruch des Bleches begann am Rand des Nietloches, wie durch viele

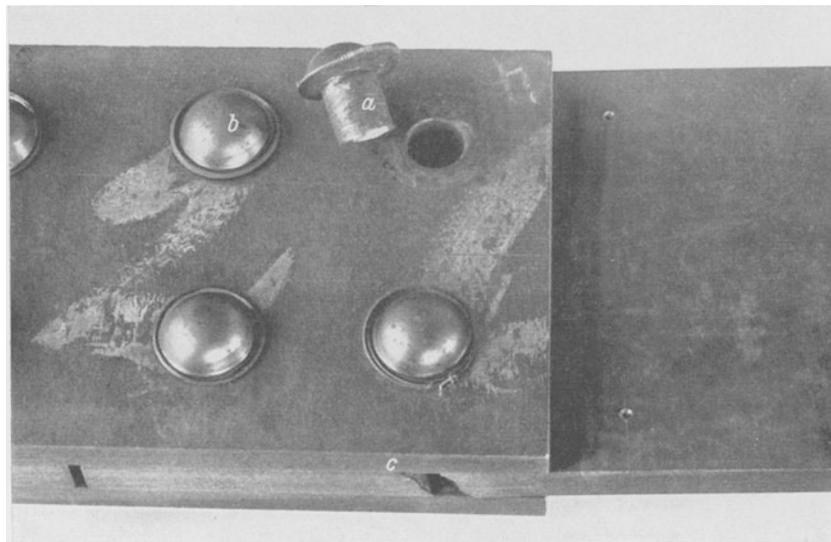


Abb. 10. Nietverbindung 75—76,1 nach Abb. 3. $\tau = \pm 12,0$ kg/mm²; $\sigma = \pm 15$ kg/mm². $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$.
Bruch nach 376 821 Lastspielen, im Blech bei *c*, von den Nietlochrändern ausgehend.
Ferner Niete *a* und *b* gebrochen.

frühere Versuche bekannt ist. Außerdem sind bei der in Abb. 10 wiedergegebenen Verbindung die Niete *a* und *b* gebrochen, d. h. die Biegefestigkeit dieser Niete ist unter

¹ Ein unmittelbarer Vergleich mit den früher geprüften Verbindungen ist nicht angängig, weil der Stahl aus verschiedenen Lieferungen stammt. Vgl. hierzu später S. 9f.

oftmals wechselnder Last überschritten worden¹. Eine Nietverbindung derselben Reihe, die äußerlich keinen Bruch der Niete erkennen ließ, ist nach der Prüfung gemäß Abb. 11 aufgeschnitten worden. Dabei fanden sich in jedem Niet am Schließkopf, an einem Niet auch am Setzkopf, feine Risse r_z (bei Zugbelastung entstanden) und r_d (bei Druckbelastung

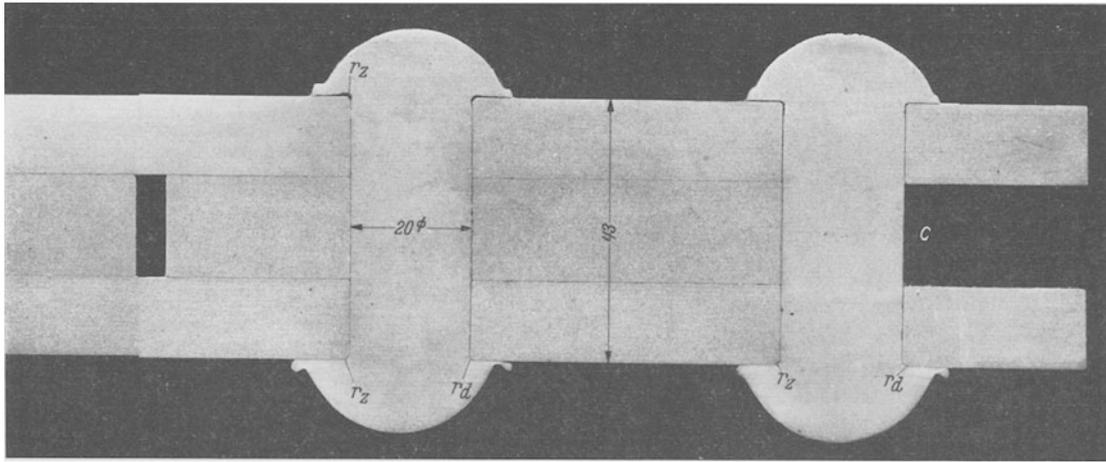


Abb. 11. Längsschnitt durch die Nietverbindung 75—76,3 nach Abb. 3. $\sigma = \pm 14 \text{ kg/mm}^2$; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$; 257 815 Lastspiele bis zum Bruch; Zerstörung bei c, am Nietlochrand beginnend.

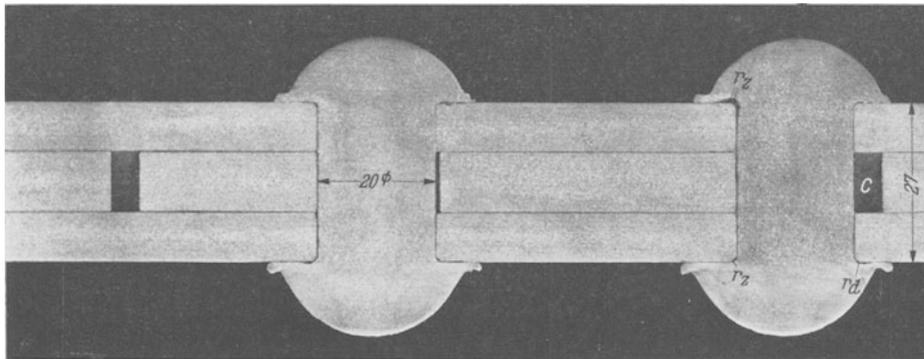


Abb. 12. Längsschnitt durch die Nietverbindung 64—71,2 nach Abb. 4. $\sigma = \pm 13 \text{ kg/mm}^2$; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$; 237 405 Lastspiele bis zum Bruch; Zerstörung bei c, am Nietlochrand beginnend.

entstanden). Abb. 12 zeigt einen Teil des Längsschnittes durch die Verbindung 64—71,2 der Reihe 4 nach Abb. 4. Auch hier sind Anrisse an den Nietköpfen beobachtet worden.

Man erkennt aus den Versuchen zu Abb. 10 bis 12, daß die Widerstandsfähigkeit der Niete unter den gewählten Verhältnissen nicht voll erhalten blieb.

6. Zusammenfassung.

Die Versuche zeigen, daß die Schwingweite der Lasten, die oftmals auftreten dürfen, beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten erheblich größer ist, als wenn nur Zuglasten wirken (vgl. unter 4a bis c). Weiter fand sich die Schwingweite für Verbindungen mit $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$ größer als für Verbindungen mit $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$ (vgl. unter 4c).

Lehrreich sind ferner die Feststellungen über die Größe der Längenänderungen der Nietverbindungen (vgl. unter 3).

Die Versuche mit Verbindungen nach Abb. 3 und 4 erinnern, daß die Niete bei oftmals wiederholter Last durch Biegebelastungen zerstört werden können (vgl. unter 5).

¹ Vgl. auch Heft B 5 der Berichte des Ausschusses für Versuche im Stahlbau, S. 31.

B. Im Jahre 1938 ausgeführte Versuche.

($\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,9 : 0,6$ und $1 : 1,9 : 0,8$ und $1 : 1,9 : 1,0$)

1. Bauart und Herstellung der Versuchskörper. Werkstoffe.

Die Bauart der Versuchskörper ist in den Abb. 13, 14 und 15 dargestellt. Die Körper nach Abb. 13 werden im folgenden als Versuchsreihe 6 aufgeführt, diejenigen nach Abb. 14 als Versuchsreihe 7. Im Falle der Abb. 13 handelt es sich um Verbindungen, bei denen die Scherspannung τ verhältnismäßig klein war ($\sigma : \tau = 1 : 0,6$). In den Verbindungen nach Abb. 14 herrschte eine verhältnismäßig hohe Scherspannung ($\sigma : \tau = 1 : 1,0$).

Die Versuche mit den Verbindungen nach Abb. 15 sind eine Wiederholung der in den Jahren 1933 und 1934 ausgeführten Versuche, über die in Heft 5, S. 42 f., berichtet ist. Die Wiederholung erfolgte, weil bei den früher durchgeführten Versuchen eine langsam laufende

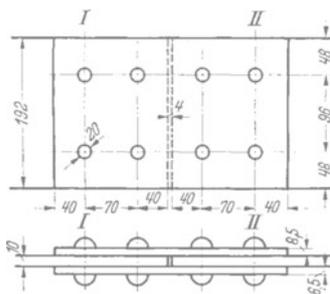


Abb. 13.
Versuchskörper der Reihe 6.
 $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,9 : 0,6$.

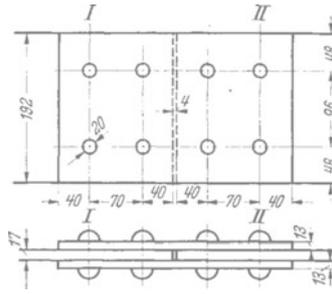


Abb. 14.
Versuchskörper der Reihe 7.
 $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,9 : 1,0$.

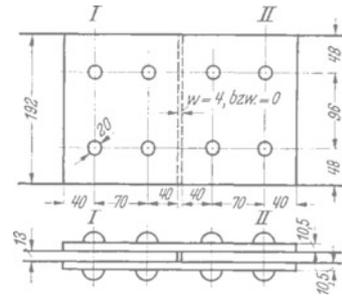


Abb. 15. Versuchskörper
der Reihen $2a_4$ ($w = 4$ mm) und $2a_0$
($w = 0$). $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,9 : 0,8$.

Maschine benutzt werden mußte (Zahl der Lastspiele in der Minute 8 bis 16), während bei den neueren Versuchen eine schnelllaufende Maschine zur Verfügung stand (Zahl der Lastspiele in der Minute rd. 100).

Mit der Prüfung der Verbindungen nach Abb. 15 wurden noch Nebenversuche verknüpft derart, daß ein Teil der Körper (Reihe $2a_4$) in üblicher Weise zwischen den gestoßenen Blechen einen Spalt aufwies, während bei den übrigen Körpern (Reihe $2a_0$) kein Spalt vorhanden war.

Die Prüfung der Bleche¹ nach DIN 1605 ergab

a) für die 10 bis 11 mm dicken Bleche zu Reihe 6

die Streckgrenze	zu 39,3 kg/mm ² ,
die Zugfestigkeit	zu 54,9 kg/mm ² ,
die Bruchdehnung	zu 27,2%,
und die Bruchquerschnittsverminderung	zu 57%;

b) für die 17 mm dicken Bleche zu Reihe 7

die Streckgrenze	zu 39,4 kg/mm ² ,
die Zugfestigkeit	zu 57,3 kg/mm ² ,
die Bruchdehnung	zu 21,3%,
und die Bruchquerschnittsverminderung	zu 55%.

Die Kugeldruckhärte der normalgeglühten Niete, geliefert als Niete St 44, fand sich zu $H = 134$ bis 140 , entsprechend einer Zugfestigkeit von rd. $0,36 H = 48$ bis 50 kg/mm².

Beim Vergleich der Ergebnisse der im folgenden beschriebenen Versuche mit denen unter A sowie mit denen in Heft 5, S. 42f., muß beachtet werden, daß die Stähle zu verschiedenen Zeiten geliefert worden sind und etwas verschiedene Eigenschaften aufweisen. Alle Bleche und Niete wurden vom Werk Oberhausen der Gutehoffnungshütte geliefert.

Die Herstellung der Nietverbindungen geschah im Institut für die Materialprüfungen des Bauwesens an der Technischen Hochschule in Stuttgart, in gleicher Weise wie bei den Verbindungen zu den Versuchen unter A, vgl. S. 3.

¹ Die Bleche und Laschen für die Probekörper 4-5,1 und 4-5,2 der Reihe $2a_4$ (vgl. unter 3c) stammen von den Versuchen, die in Heft 5 beschrieben sind. Alle anderen Bleche und Laschen sind im Jahr 1934 zu den Versuchen unter A geliefert worden.

Das Erwärmen der Niete erfolgte im Kohlenfeuer. Die Glühfarbe wurde unter einem Zelt-dach beobachtet. Wenn die Niete aus dem Feuer genommen wurden, so waren sie am Setz-kopf gelb bis weiß, am Schaftende in der Regel ein klein wenig dunkler. Bei Beginn des Nietens zeigte das herausragende Ende noch gelbe bis gelbweiße Farbe; am Schluß des Nietens war der Schließkopf in der Regel noch kirschrot. Vor dem Einsetzen der Niete wurde der Zunder durch Bürsten und Klopfen entfernt. Die Nietzeit (Dauer der Hammerarbeit) betrug 14 bis 15 sec.

2. Prüfung der Nietverbindungen.

Die Prüfung der Nietverbindungen geschah mit der Maschine, die zu den früheren Versuchen benutzt worden ist. Jedoch war inzwischen ein besonders großer Pulsator auf-gestellt worden, mit dem es möglich war, die Prüfung schneller als früher durchzuführen. Die Zahl der Lastspiele je Minute betrug bei den Versuchen mit Wechseln zwischen Zug und Druck rd. 100. Bei Ursprungszugbelastung sind minutlich rd. 166 Lastspiele ausgeführt worden. Die untere Lastgrenze war bei Ursprungsbelastung $\sigma_u = 0,5 \text{ kg/mm}^2$.

Ermittelt wurde die Tragfähigkeit der Verbindungen gegenüber 500000 Lastspielen. Ferner ist die Art der Zerstörung der Verbindungen beobachtet worden. Auf die Be-stimmung der Längenänderungen der Verbindungen wurde verzichtet.

3. Tragfähigkeit der Nietverbindungen.

a) Nietverbindungen nach Abb. 13 (Reihe 6, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:0,6$).

Im Wechsel zwischen gleich großen Zug- und Drucklasten wurden 3 Verbindungen geprüf. Es betrug

	bei der Verbindung	78—79,2	82—83,1	82—83,3
die Zug- und Druckanstrengung σ		16	14	12 kg/mm ² ,
also die Schwingweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$		32	28	24 kg/mm ² ,
der Lochleibungsdruck σ_l		30,4	26,6	22,8 kg/mm ² ,
die Scherbeanspruchung τ der Niete		10,2	8,6	7,5 kg/mm ² ;
das Verhältnis $\sigma:\sigma_l:\tau$ war		1:1,90:0,64	1:1,90:0,62	1:1,90:0,62,
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch betrug.		220300	112300	337500.

Hieraus kann entnommen werden, daß die Schwingweite, die 500000 mal auftreten konnte, ohne daß ein Bruch eintrat, 23 kg/mm² betrug.

Zum Vergleich sind 2 Nietverbindungen bei oftmals wiederholter Zugbelastung ausgehend von $\sigma_{uz} = 0,5 \text{ kg/mm}^2$ geprüf worden. Die Prüfung erfolgte

	bei der Verbindung	82—83,2	78—79,1
mit σ_{zo}		23,5	19,5 kg/mm ² ,
und σ_l		44,6	37,0 kg/mm ² ,
τ_0		14,5	12,4 kg/mm ² ,
entsprechend $\sigma_{zo}:\sigma_l:\tau_0$		1:1,90:0,62	1:1,90:0,64.

Der Bruch erfolgte bei der Verbindung 82—83,2 nach 286000 Lastspielen. Die Verbindung 78—79,1 war nach 1426000 Lastspielen noch nicht gebrochen.

Aus diesen beiden Versuchen ergibt sich, daß die Schwingweite der Zugspannung σ , welche 500000 mal ertragen wurde, ohne daß ein Bruch stattfand, $S = \text{rd. } 21,5 \text{ kg/mm}^2$ betrug.

Das Verhältnis der Schwingweite bei Zugdruckbelastung zu der Schwingweite bei Ur-sprungszugbelastung betrug demnach für 500000 Lastspiele $23:21,5 = 1,07:1$.

b) Nietverbindungen nach Abb. 14 (Reihe 7, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:1,0$).

Unter dem Wechsel von Zug- und Druckbelastungen sind 3 Verbindungen untersucht worden. Es fand sich

	bei der Verbindung	88—89,4	88—89,1	84—87,1
die Zug- und Druckanstrengung σ zu		14	13	12 kg/mm ² ,
also die Schwingweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$ zu		28	26	24 kg/mm ² ,
der Lochleibungsdruck σ_l zu		26,6	24,7	22,8 kg/mm ² ,
die Scherbeanspruchung τ zu		14,5	13,4	12,4 kg/mm ² ;
das Verhältnis $\sigma:\sigma_l:\tau$ war		1:1,90:1,03	1:1,90:1,03	1:1,90:1,04,
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch betrug		105900	345500	594100.

Daraus ist zu entnehmen, daß die Schwingweite, die 500 000 mal ertragen wurde, $S = 24 \text{ kg/mm}^2$ betrug.

Zwei weitere Verbindungen sind bei oftmals wiederholter Zugbelastung (ausgehend von $\sigma_u = 0,6$ bzw. $0,5 \text{ kg/mm}^2$) geprüft worden, und zwar

	die Verbindung 84—87,2	88—89,3
bei σ_{zo}	19,5	17,5 kg/mm^2 ,
bei σ_{lo}	37,0	33,3 kg/mm^2 ,
bei τ_0	20,2	17,9 kg/mm^2 ,
entsprechend $\sigma_{zo}:\sigma_{lo}:\tau_0$	1:1,90:1,03	1:1,90:1,02;
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch war . .	317000	965300.

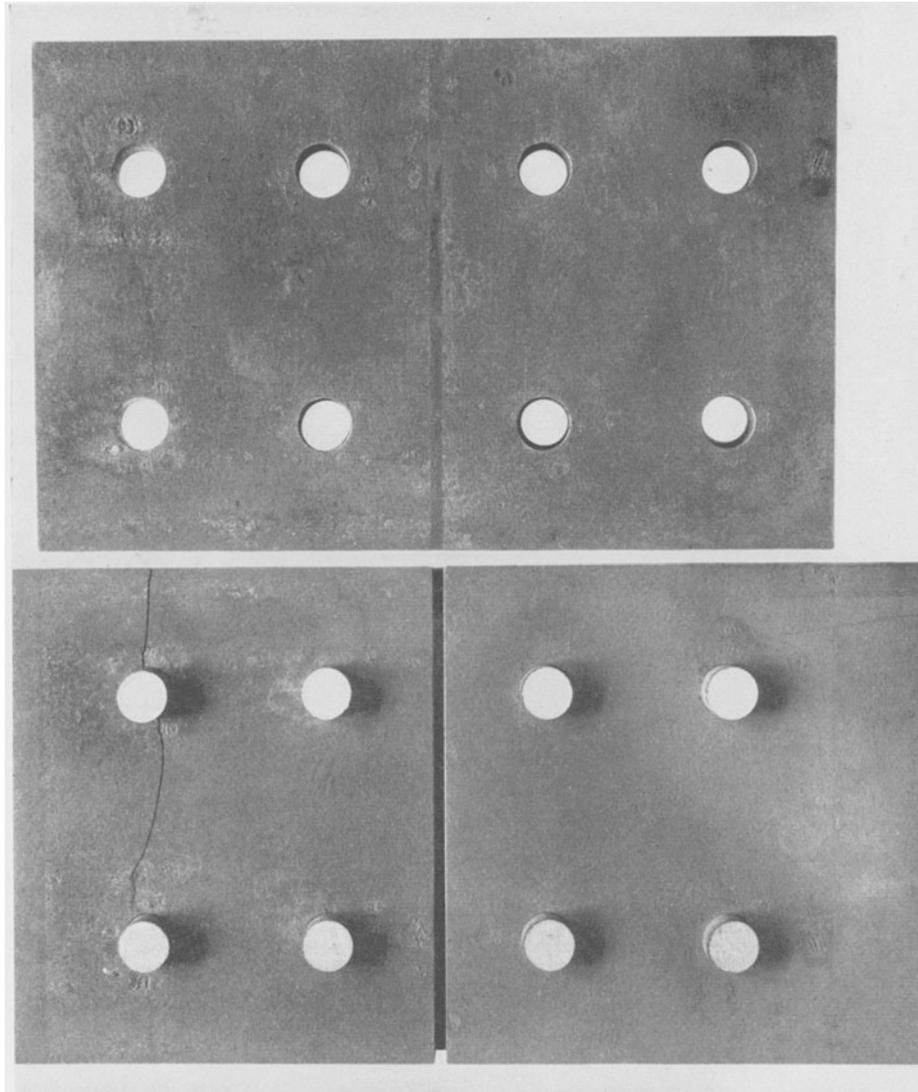


Abb. 16. Nietverbindung 84—87,1 nach Abb. 14. $\sigma = \pm 12 \text{ kg/mm}^2$; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,90:1,04$; 594 100 Lastspiele bis zum Bruch. Zerstörung eines Mittelblechs im Querschnitt I—I der Abb. 14. Im Bild sind die Mittelbleche freigelegt.

Damit ist festgestellt, daß die Schwingweite der Zugspannung σ , welche 500 000 mal getragen wurde, ohne daß ein Bruch stattfand, rd. $18,5 \text{ kg/mm}^2$ betrug.

Das Verhältnis der zugehörigen Schwingweite aus dem Zugdruckversuch zu der Schwingweite aus dem Zugversuch ergab sich hiernach zu $24:18,5 = 1,30:1$.

12 Nietverbindungen aus St 52 unter oft wiederkehrenden Wechseln zwischen Zug- und Druckbelastung.

c) Nietverbindungen nach Abb. 15 (Reihe 2a₄ und 2a₀, $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:0,8$).

Zur Reihe 2a₄ gehören Verbindungen, die in üblicher Weise an der Stoßstelle des Mittelbleches einen Spalt von rd. 4 mm besaßen; es sind 4 Verbindungen geprüft worden. Es betrug

bei der Verbindung	4-5,1	4-5,2	90,2-4	91,1-3
die Zug- und Druckanstrengung σ	15	14	13	12 kg/mm ² ,
also die Schwingweite von $+\sigma$ bis $-\sigma$. .	30	28	26	24 kg/mm ² ,
der Lochleibungsdruck σ_l	28,6	26,6	24,7	22,8 kg/mm ² ,
die Scherspannung τ	11,9	11,1	10,2	9,7 kg/mm ² ,
das Verhältnis $\sigma:\sigma_l:\tau$	1:1,90:0,79			1:1,90:0,81;
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch betrug	245200	246200	372100	555000.

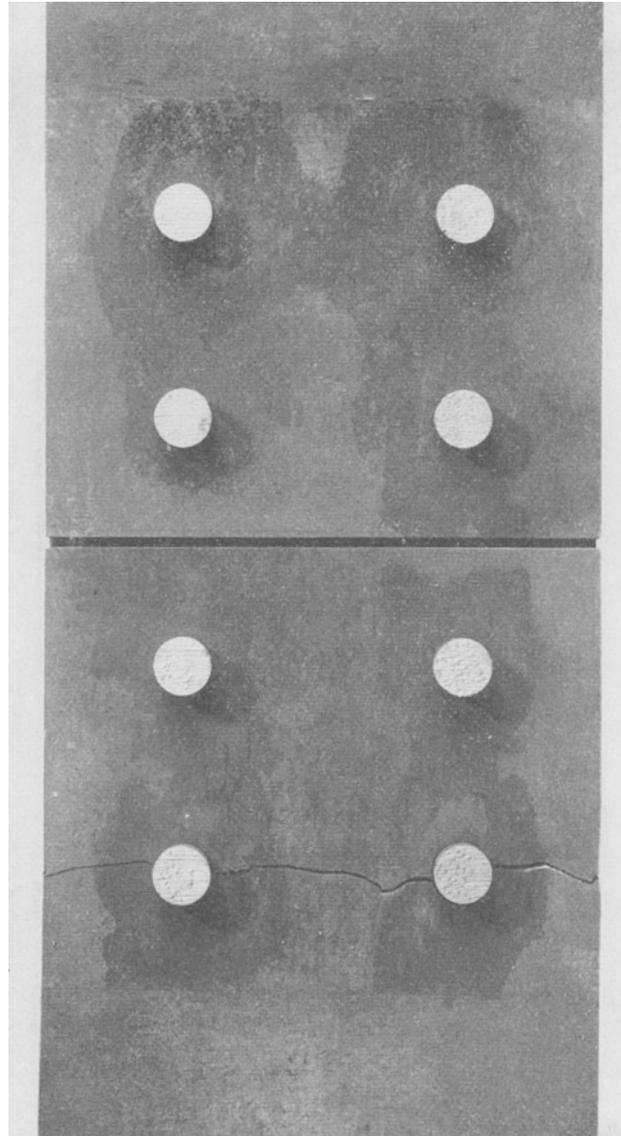


Abb. 17. Nietverbindung 90,2-4 nach Abb. 15. $\sigma = \pm 13$ kg/mm²; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,90:0,79$; 372100 Lastspiele bis zum Bruch. Zerstörung eines Mittelblechs im Querschnitt II-II. Im Bild sind die Mittelbleche freigelegt.

Hieraus folgt, daß die Schwingweite, die 500000 mal ertragen wurde, $S = 24,5$ kg/mm² betrug.

Zu Reihe 2a₀ gehören 2 Verbindungen. Die Mittelbleche dieser Verbindungen sind an der Stoßstelle passend gefügt; der Spalt ist also nicht offen. Die Prüfung ergab

	für die Verbindung 90,1—3	91,2—4
mit σ	16	13 kg/mm ² ,
entsprechend einer Schwingweite S	32	26 kg/mm ² ,
bei σ_l	30,4	24,7 kg/mm ² ,
bei τ	12,6	10,5 kg/mm ² ,
und $\sigma:\sigma_l:\tau$	1:1,90:0,79	1:1,90:0,81;
die Zahl der Lastspiele bis zum Bruch war . .	134700	312100.

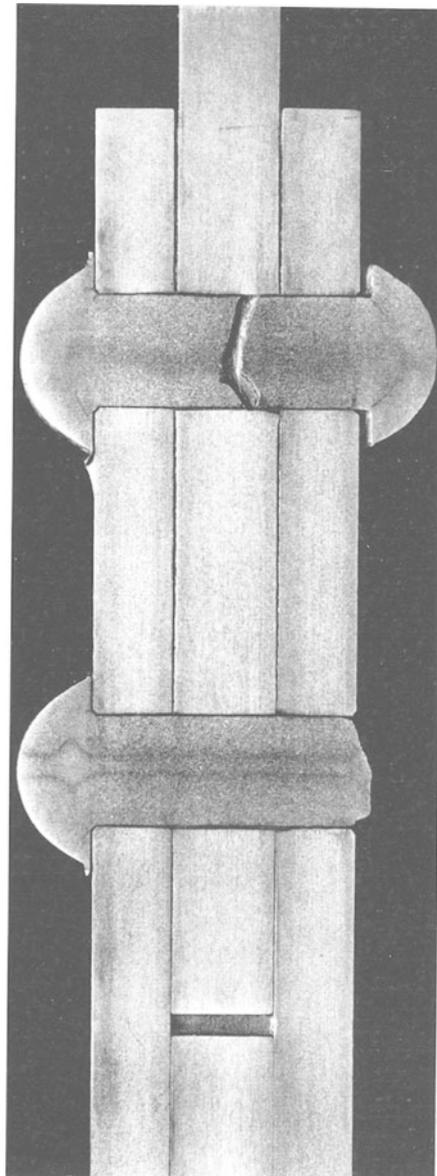
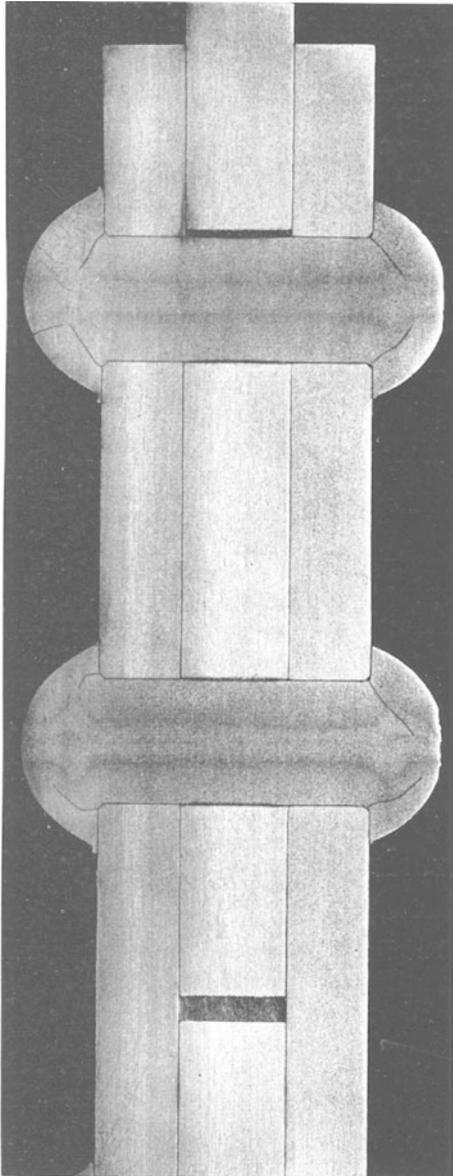


Abb. 18a. Längsschnitt durch einen Teil der Nietverbindung GH 52.88—89.1. Bauart nach Abb. 14.
 $\sigma = \pm 13 \text{ kg/mm}^2$; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,90:1,03$.
 345 500 Lastspiele bis zum Bruch.

Abb. 18b. Längsschnitt durch einen Teil der Nietverbindung GH 52.88—89.4. Bauart nach Abb. 14.
 $\sigma = \pm 14 \text{ kg/mm}^2$. $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,90:1,03$.
 105 900 Lastspiele bis zum Bruch.

Hieraus kann entnommen werden, daß die Schwingweite, welche 500 000mal auftreten darf, ohne daß ein Bruch eintritt, zu $S = 23,5 \text{ kg/mm}^2$ angenommen werden kann.

Beim Vergleich dieser Feststellungen mit den Ergebnissen der Reihe 2a₄ (mit offenem Spalt) ergibt sich, daß die Verbindungen ohne Spalt etwas weniger getragen haben. Der Unterschied ist jedoch nicht bedeutend.

Wenn man eine Erklärung für den Unterschied der Tragfähigkeit der Verbindungen mit Spaltöffnung und ohne Spaltöffnung sucht, so wird in Betracht kommen, daß die Beanspruchung der mittleren Bleche an den seitlichen Lochrändern zwischen Druck und Zug wechselt, wenn die Spaltöffnung fehlt¹ und deshalb die Druckkräfte zu einem erheblichen Teil über die Stirnflächen der Mittelbleche geleitet werden, während die Kräfte in der Verbindung mit offenem Spalt auch bei Druckbelastung über die Niete in die Laschen geleitet werden.

d) Vergleich der Ergebnisse unter a) bis c). Einfluß des Verhältniswertes $\sigma:\tau$. Die Schwingweite S , die 500 000 mal auftreten durfte, ohne daß ein Bruch auftrat, betrug

	beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten	bei Ursprungs- zugbelastung
mit $\sigma:\tau = 1:1,9:0,6$	23	21,5 kg/mm ² ,
mit $\sigma:\tau = 1:1,9:0,8$	24,5	— kg/mm ² ,
mit $\sigma:\tau = 1:1,9:1,0$	24	18,5 kg/mm ² .

4. Zerstörung der Nietverbindungen.

Die Verbindungen brachen in allen Fällen im Mittelblech an einer äußeren Nietreihe gemäß Abb. 16 und 17. In 2 Fällen, nämlich bei den Verbindungen 88—89,1 und 88—89,4 der Reihe 7, sind Nieten gerissen. Abb. 18a zeigt den Zustand von Nieten der Verbindung 88—89,1, Abb. 18b von Nieten der Verbindung 88—89,4.

5. Zusammenfassung.

Die Versuche zeigen, wie die Versuche unter A, daß die Schwingweiten der Lasten, die im Gebrauch oftmals auftreten dürfen, beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten größer sind als unter schwellerer Last.

Weiter wurde festgestellt, daß sich die Verbindungen, in denen $\sigma:\tau = 1:1,9:1,0$ war, ebenso widerstandsfähig erwiesen als die Verbindungen, die mit $\sigma:\tau = 1:1,9:0,6$ gebaut waren, wenn es sich um die Tragfähigkeit beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten handelte; bei Ursprungszugbelastung blieb die Tragkraft bei $\sigma:\tau = 1:1,9:1,0$ um rd. $\frac{1}{7}$ kleiner als bei $\sigma:\tau = 1:1,9:0,6$. Vgl. unter 3a bis 3d².

II. Versuche zur Bestimmung der Klemmkraft und der Lochfüllung in Nietverbindungen, ferner Versuche zur Feststellung der Arbeitsverfahren zum zweckmäßigen Nieten.

Aus früheren Versuchen ist bekannt, daß die Widerstandsfähigkeit von Nietverbindungen unter oftmals wiederkehrenden Zugbelastungen von der Klemmkraft abhängt, die in der Niete wirkt. Man weiß außerdem, daß die Größe der Klemmkraft vom Werkstoff der Niete, von der Länge der Niete, auch von den Vorgängen beim Nieten abhängt³. Ferner ist bekannt, daß beim Nieten eine tunlichst weitgehende Lochfüllung erwünscht ist, um die Formänderungen der Verbindung klein zu halten, vgl. z. B. unter I, A, 3.

Inzwischen sind Fragen aufgetaucht, die durch die älteren Versuche nicht beantwortet werden konnten. Es war unter anderem festzustellen, wie verfahren werden muß, wenn Gurte von Blechträgern aus mehreren Blechen mit langen Nieten so zu verbinden sind, daß eine möglichst hohe Klemmkraft der Niete wirkt und daß eine besonders gute Lochfüllung auftritt.

¹ Vgl. auch Stahlbau Heft 2 (1934) S. 9f.

² Bei den Körpern mit $\sigma:\tau = 1:1,9:0,6$ war die Schaftlänge der Niete 27 mm, bei denen mit $\sigma:\tau = 1:1,9:1,0$ dagegen 43 mm. Inwieweit die Nietlänge und die Oberflächenbeschaffenheit der Bleche Einfluß nahmen, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Längere Nieten gaben in dem angewandten Bereich größere Klemmkräfte. Die Oberfläche der Bleche zeigte allerdings etwas verschiedene Rauigkeit.

³ Vgl. R. Baumann, Heft 252 der Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens, VDI-Verlag 1922, ferner Wellinger: Eigenspannung, Gefüge und Festigkeit warmgeschlagener Nieten. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1932. Diese Berichte gelten zunächst für den Kesselbau, jedoch auch für den Stahlbau.

A. Versuche vom Jahr 1934 und 1935¹.

1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe.

Es sind 6 Probekörper nach Abb. 19 mit Blechen aus St 52 und Nieten aus St 44 hergestellt worden. Die Firma Dortmunder Union Brückenbau AG. aus Dortmund hat die erforderlichen Flacheisen geliefert. Die Firma Gebrüder Knipping in Altena und die Brückenbauanstalt Johannes Dörnen in Derne sandten die Niete; sie waren nach Angabe aus einem Walzblock gefertigt.

Die Prüfung der Flacheisen durch Kugeldruckversuche ergab die Zugfestigkeit des Stahls zu 58 bis 60 kg/mm² (wenn $\sigma_{zB} = 0,36 H$ gesetzt wird).

Der Nietwerkstoff ist in normal geglühtem Zustand derart geprüft worden, daß Niete zunächst um $\frac{1}{3}$ ihres Durchmessers abgehobelt wurden; die so entstandene Fläche wurde geschlichtet; auf der fertig bearbeiteten Fläche ist in 5 cm Abstand vom Setzkopf die Kugeldruckhärte ermittelt worden. Es fand sich $\sigma_B = 0,36 H = 50$ bis 52 kg/mm², im Mittel 51 kg/mm².

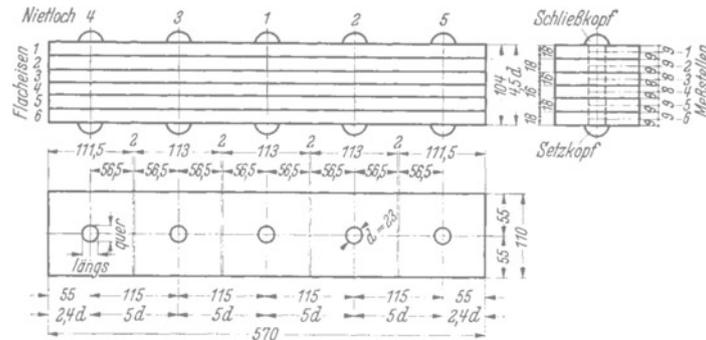


Abb. 19. Probekörper zur Bestimmung der Klemmkraft der Niete und der Lochfüllung.

2. Herstellung der Probekörper.

Die Herstellung der Probekörper nach Abb. 19 geschah wie folgt.

Zunächst wurden die Flacheisen durch Sägen auf die vorgesehene Länge gebracht, dann sorgfältig gerade gerichtet und gereinigt. Hierauf sind die Abmessungen der einzelnen Abschnitte bestimmt worden. Dann wurden die Pakete zusammengestellt und mit je 4 Bügelpaaren (aus Flacheisen mit den Querschnittsabmessungen 40 × 15 mm und Schrauben von $\frac{3}{4}$ '' Dmr.) zusammengeklemt. Nun folgte das Bohren; alle Löcher wurden vorgebohrt und dann auf 23,0 mm aufgerieben. Alle äußeren Lochränder wurden mit 1 bis 2 mm Schräge versenkt. Hierauf sind die Bohrungen nach den 2 Hauptrichtungen (längs und quer) der Flacheisen genau gemessen worden; die Meßstellen sind in Abb. 19 rechts oben angegeben. Anschließend wurden die Probekörper verschraubt; in jedes Loch wurde dazu eine Schraube von $\frac{7}{8}$ '' Dmr. gesteckt. Ferner sind die erforderlichen Niete ausgewählt worden; ihre Durchmesser wurden an den in Abb. 20 ersichtlichen Stellen nach den bezeichneten Richtungen genau gemessen. Die Niete waren in der Regel nach DIN 124 hergestellt; Abweichungen werden im folgenden genannt.

Dann sind die Probekörper an die durch den Versuchsausschuß bestimmten Brückenbauanstalten gesandt worden. Damit auf dem Transport keinerlei Mängel an den Nieten und Nietlöchern auftreten konnten, erfolgte der Versand in sorgfältig zugerichteter Verpackung.

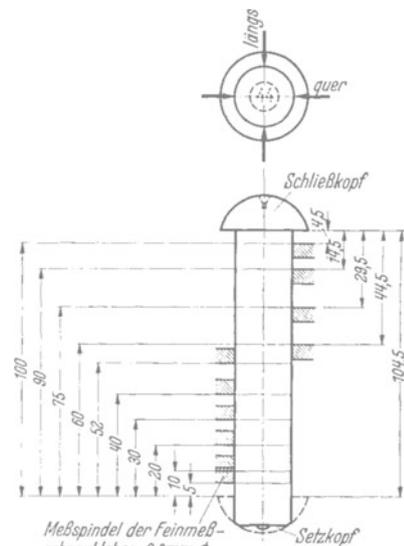


Abb. 20. Meßstellen an den Nieten zur Bestimmung der Durchmesser. Meßmarken auf den Nietköpfen zur Ermittlung der Längenänderung der Niete beim Entspannen derselben.

¹ Die Durchführung der Versuche unter A bis D besorgte Herr Ingenieur Munzinger. Es waren dazu die erforderlichen Einrichtungen zu entwerfen und fertigzustellen. Die Messungen erforderten besondere Sorgfalt. Bei den Versuchen unter B war Herr Regierungsbaumeister Ehrmann, an den Versuchen unter C Herr Ingenieur Leich, an den Versuchen unter D Herr Ingenieur Strey beteiligt.

Genietet wurde nach 6 Verfahren, nämlich nach 4 Sonderverfahren und nach 2 üblichen Verfahren. In allen Fällen handelt es sich um Gepflogenheiten, die von führenden Brückenbauanstalten oder von führenden Brückeningenieurern empfohlen waren. Das kennzeichnende dieser 6 Nietverfahren ist im folgenden beschrieben.

Verfahren I (Werkstatt E). Gewöhnliche Nietung mit dem Preßlufthammer Type N 80 (Nr. 246 280) der Firma Pokorny & Wittekind in Frankfurt a. M. Gewicht des Hammers 13,4 kg, des Schlagdöppers 1,49 kg. Der Durchmesser der Rohniete war am Setzkopf 22,0 oder 22,1 mm, am Schaftende 21,5 mm. Die Schaftlänge der Niete betrug vor dem Erwärmen

beim Nietloch für	1	2	3	4	5
	144,5	142,0	141,9	140,0	140,0 mm.

Das Erwärmen der Niete geschah in einem offenen Koksfeuer. Die Glühfarbe der Niete bei der Entnahme aus dem Feuer war weiß, nach dem Nieten am Schließkopf hellrot. Der Überdruck der Preßluft am Druckmesser war 6,1 bis 6,7 at. Die Nietzeit betrug 13 bis 15 sec.

Verfahren II (Werkstatt D). Lufthammernietung mit dem gleichen Hammer wie bei I. Niete mit größerem Setzkopf als ihn die Norm verlangt (Höhe 15,8 mm, Durchmesser 37 mm), ferner Schaft mit ausgesucht großem Durchmesser, dieser am Setzkopf 22,3 oder 22,4 mm, am Schaftende 21,7 oder 21,8 mm. Schaftlänge der Rohniete

für das Loch	1	2	3	4	5
	149,0	146,0	146,0	146,0	146,0 mm.

Erwärmen der Niete in einem Koksfeuer, mit Vorwärmkammer.

Glühfarbe der Niete bei der Entnahme aus dem Feuer am Setzkopf weiß, am Schaftende gelb; nach dem Nieten am Schließkopf schwarz. Überdruck der Preßluft 5,5 bis 7 at. Nietzeit 37 bis 41 sec.

Das Verfahren II unterscheidet sich hiernach vom Verfahren I durch die Verwendung von Nieten mit größerem Setzkopf und etwas größerem Schaftdurchmesser, ferner durch weniger hohe Temperatur der Niete am Schaftende gelb statt weiß), schließlich durch die weit längere Nietzeit (37 bis 41 sec gegen 13 bis 15 sec).

Verfahren III (Werkstatt U). Lufthammernietung mit dem gleichen Hammer wie bei I und II.

Durchmesser der Niete am Setzkopf 22,0 bis 22,1 mm, am Schaftende 21,5 mm. Schaftlänge der Rohniete 146 und 147 mm.

Erwärmen der Niete in einem offenen Koksfeuer. Glühfarbe der Niete bei der Entnahme aus dem Feuer am Setzkopf gelb, am Schaftende weiß, nach dem Nieten an der Kuppe des Schließkopfes dunkelrot. Überdruck der Preßluft 5,8 bis 7 at. Beim Nieten wurde das Schaftende zunächst mit einer 65 mm hohen Zange gefaßt und in dieser Fassung während 2 sec gestaucht¹; dann folgte die Herstellung des Schließkopfes. Die gesamte Nietzeit einschließlich der kleinen Pause beim Wegnehmen der Stauchzange betrug 24 bis 33 sec.

Das Verfahren III weicht von den vorher beschriebenen vor allem durch die Anwendung der Stauchzange ab. Damit sollte eine bessere Lochfüllung erreicht werden. Die Nietzeit war weit größer als bei I und etwas kleiner als bei II.

Verfahren IV (Werkstatt E). Lufthammernietung. Die Niete wurden mit einem Stauchhammer besonderer Bauart während 1 bis 2 sec vorgestaucht², dann mit dem bei I bis III verwendeten Hammer fertig geschlagen.

Durchmesser der Niete am Setzkopf 22,0 bis 22,1 mm, am Schaftende 21,5 und 21,6 mm. Schaftlänge der Rohniete 144,0 mm (Nieten 2 bis 5) und 146,0 mm (Niete 1). Erwärmen der Niete in einem offenen Koksfeuer. Glühfarbe der Niete bei der Entnahme der Niete aus dem Feuer durchweg weiß, nach dem Nieten dunkelrot bis hellrot. Überdruck der Preßluft 6,0 bis 6,8 at. Gesamte Nietzeit (einschließlich Zeit zum Vorstauchen und einschließlich Griffzeit beim Wechseln des Hammers) 19 bis 22 sec.

¹ Vgl. Schaechterle: Stahlbau Bd. 6 (1933) S. 119, Abb. 11.

² Vgl. Schaechterle: Stahlbau Bd. 6 (1933) S. 120, Abb. 10 und 13.

Das Verfahren IV unterscheidet sich vom Verfahren III durch die Anwendung eines besonderen Stauchhammers. Die Nietzeit war kleiner (19 bis 22 sec gegen 24 bis 33 sec). Im übrigen wurde wie bei I verfahren.

Verfahren V (Werkstatt G). Lufthammernietung mit dem bei I bis III verwendeten Hammer. Die Niete waren bearbeitet. Der Durchmesser des zylindrisch gedrehten Schaftes wurde möglichst groß gewählt, nämlich zu 22,5 mm. Schaftlänge der Niete 1 und 2: 142 mm, der Niete 3 bis 5: 135 mm. Erwärmen der Niete im Flammofen. Glühfarbe der Niete bei der Entnahme aus dem Ofen über die ganze Länge gelb, nach dem Nieten dunkelrot. Überdruck der Preßluft 6,3 bis 6,6 at. Nietzeit 18 bis 23 sec.

Das Verfahren V benutzt gegenüber den anderen Verfahren vor allem bearbeitete Niete, die im Durchmesser so groß gewählt wurden, wie dies überhaupt zugänglich erschien (Lochdurchmesser 23,0 mm, Durchmesser der kalten Niete 22,5 mm). Dazu mußten die Niete im Flammofen erhitzt werden.

Verfahren VI (Werkstatt D) mit einer Kniehebelpresse Modell KN II, Nr. 143 der Preßluft-Werkzeug- und Maschinenbau AG. in Berlin-Oberschöneweide. Durchmesser der Rohniete am Setzkopf 22,0 und 22,1 mm, am Schaftende 21,5 mm. Schaftlänge der Rohniete 146,0 mm. Erwärmen der Niete in einem Koksfeuer mit Vorwärmkammer. Glühfarbe der Niete bei der Entnahme am Setzkopf weiß, am Schaftende gelb, nach dem Nieten Schließkopf schwarz. Überdruck der Preßluft 5,8 bis 6,8 at. Nietzeit 47 bis 61 sec.

Beim Verfahren VI ist zum Unterschied gegen die anderen Verfahren ein anderes Werkzeug benutzt worden (Kniehebelpresse gegen Luftdruckhammer). Beim Anwärmen der Niete wurde wie beim Verfahren II vorgegangen. Die Nietzeit war länger als bei allen anderen Verfahren.

Die Einrichtungen zum Nieten der Probekörper mit dem Lufthammer sind in Abb. 21 schematisch dargestellt. Die Nietwinde wurde bei Beginn der Arbeit jeweils soweit hochgeschraubt, daß der Probekörperträger bei B um rd. 5 mm von dem Unterlageholz H abgehoben war.

Im übrigen wurde beim Nieten wie folgt vorgegangen: Nachziehen der $\frac{7}{8}$ ''-Schrauben in den Löchern 2 und 3. Einsetzen von Paßbolzen in die Nietlöcher 4 und 5. Herausnehmen der Schraube aus dem Nietloch 1 und Einsetzen des Niets in dieses Loch. Einsetzen und kräftiges Anziehen einer $\frac{7}{8}$ ''-Schraube im Loch 5. Nachziehen der Schraube im Loch 3. Einziehen des Niets im Loch 2. Einsetzen und kräftiges Anziehen einer $\frac{7}{8}$ ''-Schraube im Loch 4. Nachziehen der Schraube im Loch 5. Einziehen des Niets im Loch 3. Schließlich Einziehen der Niete in den Löchern 4 und 5.

3. Prüfung der genieteten Körper.

Nach dem Versuchsplan waren festzustellen

- die Klemmspannung der Niete 1 bis 5, Abb. 19,
- die Änderung der Durchmesser der drei am besten bearbeiteten Nietlöcher,
- die Änderung der Schaftdurchmesser der Niete zu den Löchern unter b,
- aus b und c das Spiel zwischen Lochwand und Schaft.

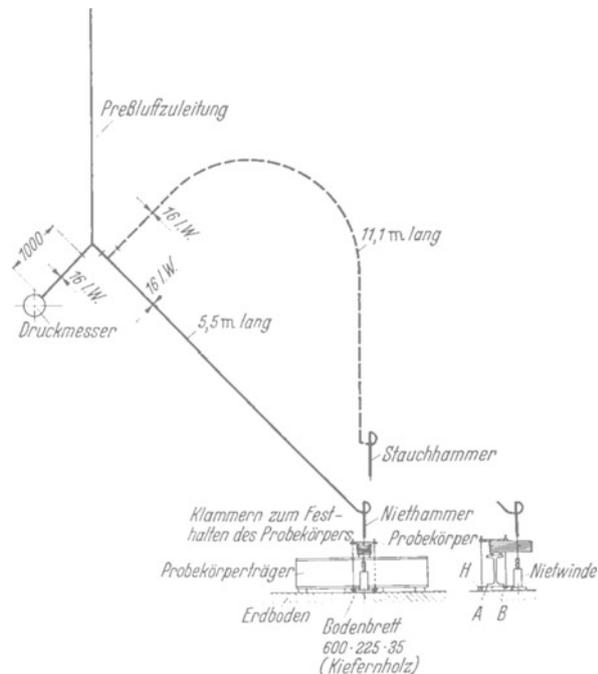


Abb. 21. Einrichtungen, die beim Nieten der Körper nach Abb. 19 benutzt worden sind.

Die Ermittlung der Klemmspannung der Niete geschah durch Messen der Länge der Niete im fertigen Probekörper und der Länge der Niete nach dem Freimachen. Dazu wurden an den Nietköpfen Meßmarken angebracht, wie sie in Abb. 20 gezeichnet sind. Die Meßmarke am Schließkopf war ein Versenk; am Setzkopf ist eine kugelige Meßmarke angebracht worden.

Nach der 1. Messung wurden die Probekörper durch Sägen in kleine Abschnitte zerlegt (vgl. die strichpunktierten Doppellinien in Abb. 19 unten). Dann sind die Setzköpfe gemäß Abb. 20 seitlich abgedreht worden; dadurch wurden die Flacheisen lose. Schließlich wurde die Länge der entspannten Niete gemessen. Der Unterschied der Länge vor und nach dem Entspannen der Niete gab das Maß der Klemmspannung, die in dem Niet geherrscht hat. Die im folgenden genannten Klemmspannungen sind unter der Annahme gerechnet, daß

$E = 2100000 \text{ kg/mm}^2$ sei und daß die gemessenen Längenänderungen nur auf der Klemmlänge der Niete, also zwischen den Nietköpfen aufgetreten sei¹.

Zu allen Messungen lagerten die Probekörper und die Meßgeräte in einem Raum, dessen Lufttemperatur rd. 20° C betrug; die Änderung der Lufttemperatur einige Stunden vor und während der Messung betrug $\pm 0,1$ bis $0,2^\circ \text{ C}$. Das Meßgerät bestand aus einem geschlossenen Meßbügel mit einer Feinmeßschraublehre von Carl Mahr in Eßlingen a. N. und einem Orthotest von Carl Zeiß in Jena.

Zum Messen der Nietlöcher an den in Abb. 19 bezeichneten Stellen wurde ein selbstzentrierendes Innenmeßgerät von Carl Mahr in Eßlingen a. N. benutzt. Das Messen der Nietdurchmesser geschah mit Feinmeßschrauben.

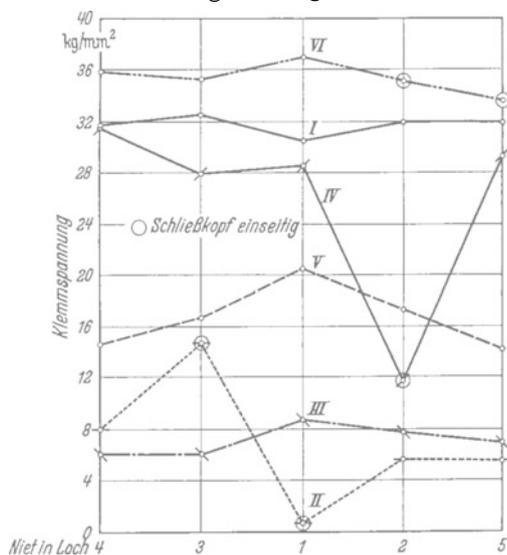


Abb. 22. Klemmspannung der Niete in Körpern nach Abb. 19. Einbringen der Niete mit den Verfahren I bis VI, vgl. S. 16.

4. Versuchsergebnisse.

Die gemäß Ziffer 3 ermittelte Klemmspannung der Niete ist in Abb. 22 angegeben. Hieraus ergibt sich folgendes.

a) Das Verfahren VI (Nieten mit Kniehebelpresse) lieferte die höchsten Klemmspannungen. Die Einzelwerte ($33,6$ bis $36,9 \text{ kg/mm}^2$) unterschieden sich nur wenig. Das Mittel war $35,4 \text{ kg/mm}^2$.

b) Etwas kleiner waren die Klemmspannungen der Niete, die mit dem Verfahren I entstanden (gewöhnliche Lufthammernietung, hohe Niettemperatur). Nietzeit 13 bis 15 sec. Die Klemmspannungen betragen $30,4$ bis $32,4 \text{ kg/mm}^2$, im Mittel $31,6 \text{ kg/mm}^2$.

c) Dann folgten die Werte zum Verfahren IV (Verwendung eines Stauchhammers, sonst wie I). Die Klemmspannungen fanden sich zu $11,7$ bis $31,4 \text{ kg/mm}^2$; sie sind sehr verschieden groß ausgefallen. Das Mittel betrug $25,8 \text{ kg/mm}^2$.

d) Das Verfahren V (bearbeitete Niete, Lufthammernietung, mäßige Niettemperatur, Nietzeit 18 bis 23 sec) ergab Klemmspannungen von $14,1$ bis $20,5 \text{ kg/mm}^2$, also viel kleinere Klemmspannungen als die Verfahren I und VI. Der Mittelwert war $16,7 \text{ kg/mm}^2$.

e) Noch kleiner waren die Klemmspannungen im Probekörper, der nach dem Verfahren III hergestellt war (Vorstauchen unter Verwendung einer Zange, mäßige Niettemperatur, Nietzeit 24 bis 33 sec). Die Klemmspannungen betragen $6,0$ bis $8,6 \text{ kg/mm}^2$. Der Mittelwert war $7,0 \text{ kg/mm}^2$.

f) Die kleinsten Klemmspannungen entstanden mit dem Verfahren II (großer Setzkopf, Rohniete mit ausgesucht großem Schaftdurchmesser, mäßige Niettemperatur, Nietzeit 37 bis 41 sec). Die Klemmspannungen betragen $0,6$ bis $14,7 \text{ kg/mm}^2$, im Mittel $6,9 \text{ kg/mm}^2$.

g) Im ganzen kann den Feststellungen unter a bis f entnommen werden, daß die Lufthammernietung zweckmäßig bei hoher Niettemperatur und kurz dauernd auszuführen ist.

¹ Vgl. hierzu K. Wellinger: Eigenspannung, Gefüge und Festigkeit warmgeschlagener Nieten, S. 16f.

Von den Feststellungen über die Änderung der Durchmesser der Nietlöcher und der Nieten sind in den Abb. 23 bis 25 Beispiele wiedergegeben. Zur Erläuterung sei Abb. 23

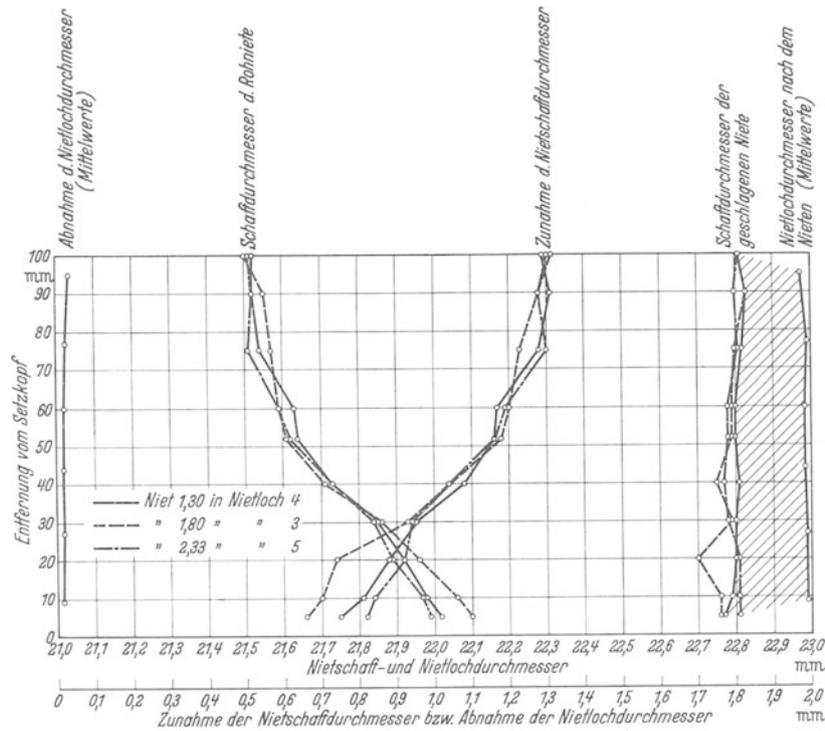


Abb. 23. Durchmesser der Nietenäfte und der Nietlöcher im Versuchskörper nach Abb. 19, mit Nietverfahren III gefertigt.

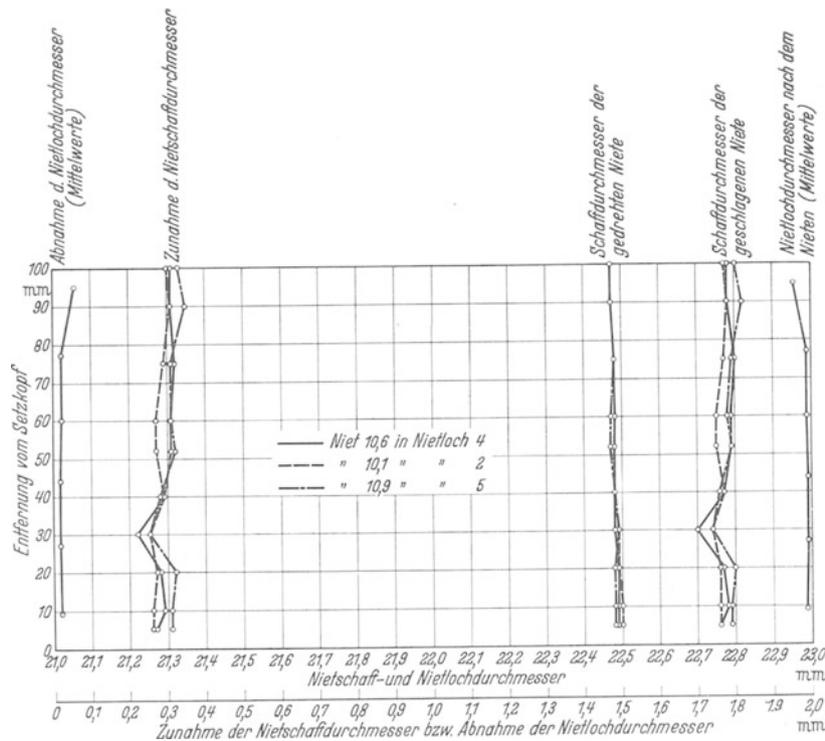


Abb. 24. Durchmesser der Nietenäfte und der Nietlöcher im Versuchskörper nach Abb. 19, mit Nietverfahren V gefertigt.

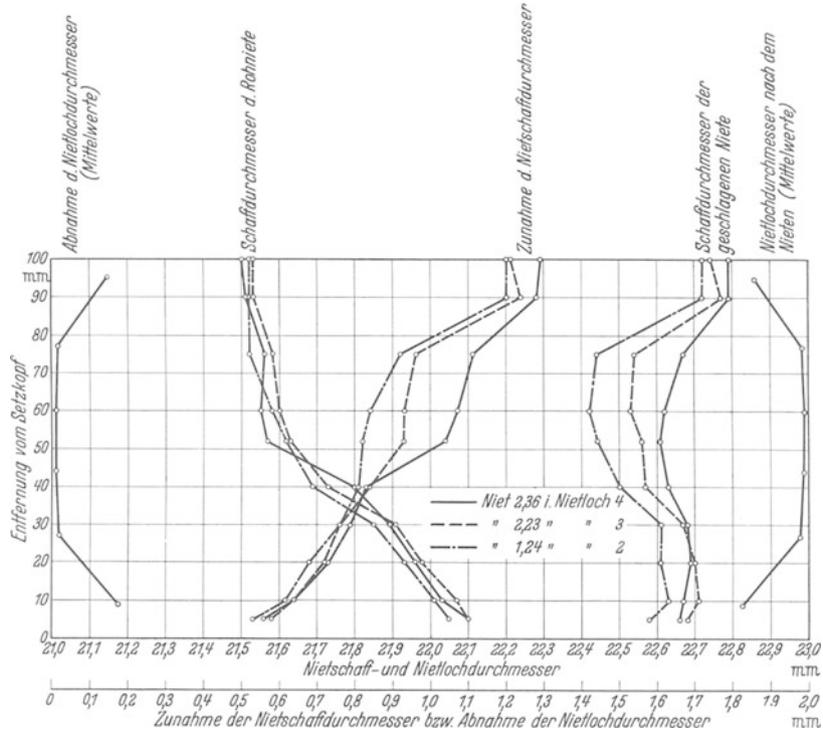


Abb. 25. Durchmesser der Nietshäfte und Nietlöcher im Versuchskörper nach Abb. 19, mit Nietverfahren VI gefertigt.

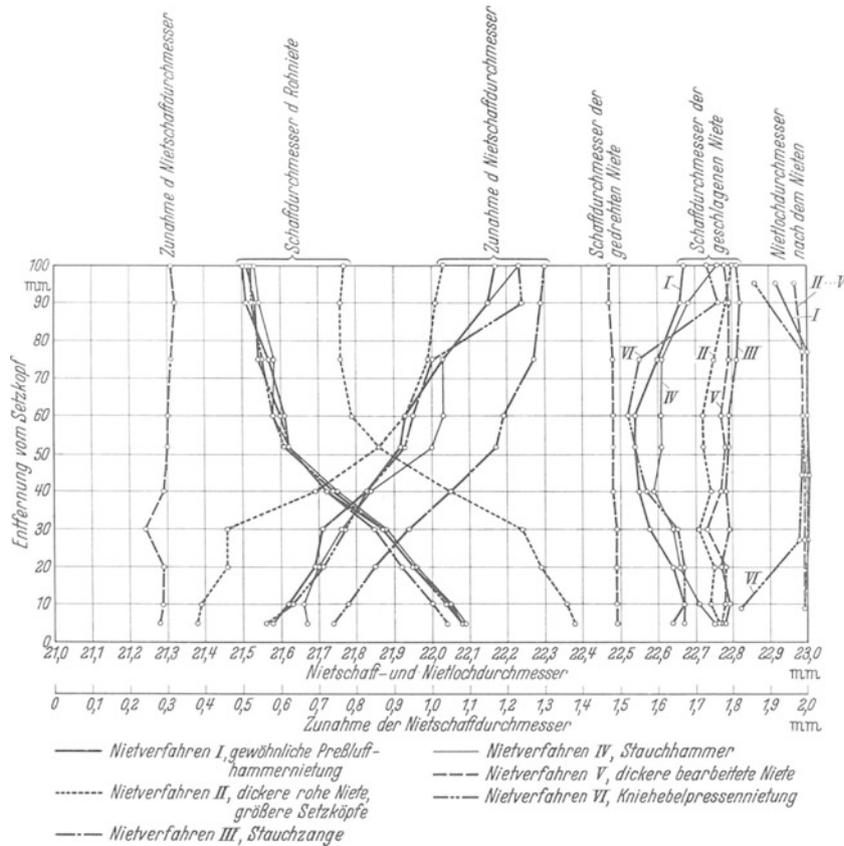


Abb. 26. Mittlere Durchmesser der Nietshäfte und Nietlöcher in Versuchskörpern nach Abb. 19, mit den Nietverfahren I bis VI gefertigt.

beschrieben, die für den Probekörper gilt, der mit Nietverfahren III hergestellt ist. Der Linienzug am weitesten links gibt an, daß durch das Nieteten eine Verminderung der Nietlochdurchmesser erfolgte. Dann folgen 3 Linienzüge, welche den Schaftdurchmesser der Niete vor dem Nietvorgang enthalten. Man sieht, daß der Durchmesser am Setzkopf rd. 22,0 und 22,1 mm betrug, am Schaftende rd. 21,5 mm. Hieran schließen sich 3 Linienzüge, welche die Zunahme der Nietschaftdurchmesser durch das Nieteten erkennen lassen. Die Zunahme betrug nahe dem Setzkopf 0,66 bis 0,82 mm, am Schließkopf rd. 1,3 mm. Weiter rechts finden sich die Linienzüge der Durchmesser der geschlagenen und entspannten Niete; an diesen ist ersichtlich, daß der Nietschaft nahezu zylindrisch geworden ist, gegen den Schließkopf hin im allgemeinen wenig im Durchmesser zunehmend. Schließlich gibt der am weitesten rechts gelegene Linienzug den Durchmesser des Nietloches nach dem Nieteten an. Die Breite der schraffierten Fläche zeigt den Spielraum zwischen Niete und Lochwand¹.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich in Abb.26. Hieraus geht folgendes hervor.

a) Die beste Lochfüllung entstand mit dem Nietverfahren III (Vorstauchen der Niete unter Verwendung einer Zange).

b) Fast ebensogut war das Ergebnis beim Nietverfahren V (Verwendung abgedrehter Niete).

c) Sonst blieb der Spielraum zwischen Lochwand und Nietschaft im allgemeinen um so größer, je größer die Klemmspannungen ausfielen, wie ein Vergleich von Abb. 22 und 26 erkennen läßt.

B. Versuche vom Jahr 1936.

Die Ergebnisse der Versuche unter A ließen erwarten, daß das Nieteten zweckmäßig bei hoher Niettemperatur auszuführen ist und daß die Nietzeit bei Lufthammernietung kurz sein soll. Die im folgenden beschriebenen Versuche sollten zeigen, ob diese Schlußfolgerung richtig ist. Außerdem wurden die Nietlochdurchmesser auf 22,6 mm herabgesetzt (bei den Versuchen unter A war der Lochdurchmesser 23,0 mm).

Bei diesen Versuchen sind Probekörper mit mehr Nieteten als unter A gewählt worden, damit den Verhältnissen in den Bauwerken weitergehend gefolgt wird.

1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe.

Abb. 27 zeigt die Bauart der Probekörper. 6 Bleche aus St 52, 17 mm dick und 150 mm breit, wurden durch 11 Niete aus St 44 verbunden. Der Lochdurchmesser war 22,6 mm.

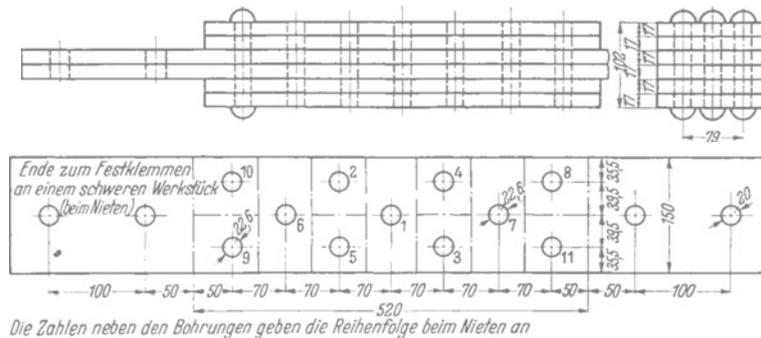


Abb. 27. Probekörper zur Bestimmung der Klemmkraft der Niete und der Lochfüllung.

Die Bleche lieferte die Firma Dortmunder Union, Brückenbau AG. in Dortmund. Die Niete stammen von der Firma Gebr. Knipping in Altena.

Der Kugeldruckversuch nach DIN 1605 II ergab die Zugfestigkeit der Bleche zu $0,36 H = 60$ bis 65 kg/mm^2 , im Mittel zu 61 kg/mm^2 , und die Zugfestigkeit des normalgeglühten Nietstahls zu rd. 47 bis 48 kg/mm^2 , im Mittel zu 48 kg/mm^2 .

¹ Unter Vernachlässigung der Durchmesserverkleinerung, die in der geschlossenen Nietverbindung durch die Klemmspannung vorhanden war. Bei $\sigma = 30 \text{ kg/mm}^2$ beträgt die Änderung des Durchmessers einer Niete von $22,8 \text{ mm}$ Dmr. rd. $0,01 \text{ mm}$, also sehr wenig.

2. Herstellung der Probekörper.

Es wurden 4 Probekörper gefertigt. Der Arbeitsgang war ähnlich dem unter A beschriebenen. Im einzelnen ist folgendes hervorzuheben. Alle Löcher wurden vorgebohrt und dann auf 22,6 mm aufgerieben. Die Lochränder erhielten wieder eine Schräge von 1 bis 2 mm. Die Durchmesser der Bohrungen 1, 6 und 7 wurden genau ausgemessen. Auch die Abmessungen der Rohniete für diese 3 Bohrungen sind genau ermittelt worden.

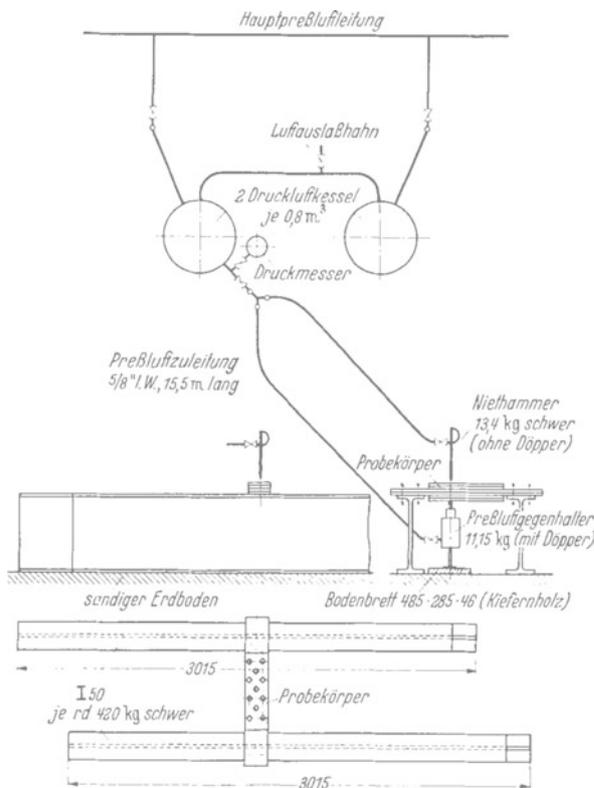


Abb. 28. Einrichtung, die beim Nieten der Probekörper nach Abb. 27 benutzt worden ist.

Das Nieten erfolgte in der Brückenbauanstalt der Maschinenfabrik Eßlingen. Die Hilfsgeräte beim Nieten sind in Abb. 28 angegeben.

Das Schlagen der Niete erfolgte in allen Fällen mit dem Preßlufthammer der zu den Versuchen unter A benutzt wurde, vgl. S. 16. Als Gegenhalter diente ein Preßluftgerät mit einem Kolbendurchmesser von 58 mm.

Die Niete wurden mit der in Abb. 27 angegebenen Nummernfolge eingebracht. Am Anfang saßen in den Löchern 10 und 11 Paßbolzen, sonst Schrauben von $\frac{3}{4}$ Dmr.

Im übrigen unterscheiden sich die 4 Versuchskörper wie folgt.

Versuchskörper I. Durchmesser der Rohniete am Setzkopf 22,1 oder 22,2 mm, am Schließkopf 21,5 oder 21,6 mm. Schaftlänge der Niete 137 mm. Erwärmen der Niete in einem offenen Koksfeuer. Dabei entstand Glühzunder, der durch kräftiges Bürsten nicht völlig zu entfernen war. Der Zunder wurde beim Einbringen der Niete zusammengeschoben und hinderte — zusammen mit dem Zunder am Übergang zum Setzkopf — das satte Anliegen des Setzkopfes. Deshalb wurde die

Niete zu den Versuchskörpern II bis IV in einem Holzkohlenfeuer erwärmt, wodurch der beschriebene Mangel beseitigt war.

Glühfarbe der Niete beim Beginn des Nietens am Schaftende beinahe weiß (hohe Niettemperatur); nach dem Nieten am Schließkopf kirschrot.

Überdruck der Preßluft am Druckmesser 6,7 bis 7 at, vgl. Abb. 28. Nietzeit 10 sec.

Probekörper II. Durchmesser und Schaftlänge der Rohniete wie bei I. Erwärmen der Niete in einem Holzkohlenfeuer. Glühfarbe der Niete beim Beginn des Nietens wie bei I (hohe Niettemperatur); nach dem Nieten Schließkopf schwarz. Überdruck der Preßluft 6,2 bis 7 at. Nietzeit 40 sec.

Probekörper III. Abmessungen der Niete und Glühfarbe der Niete wie bei I und II (hohe Niettemperatur). Erwärmen der Niete in einem Holzkohlenfeuer wie bei II. Nach dem Nieten Schließkopf hellrot. Überdruck der Preßluft 6,5 bis 7 at. Nietzeit 10 bis 11 sec.

Probekörper IV. Abmessungen der Niete wie bei I bis III. Erwärmen der Niete in einem Holzkohlenfeuer wie bei II und III. Glühfarbe der Niete beim Beginn des Nietens am Schaftende gelbrot (niedere Niettemperatur); nach dem Nieten Schließkopf hellrot. Nietzeit 11 bis 12 sec (ein wenig länger als bei I und III, weil die Niete weniger hoch erwärmt und deshalb weniger nachgiebig waren).

Die Probekörper unterscheiden sich demnach durch die Art des Nietfeuers, durch die Temperatur der Niete beim Beginn des Nietens und durch die Nietzeit. Die folgende Gegenüberstellung zeigt das Wichtigste.

	Probekörper I	II	III	IV
	Erwärmen in einem Koksfeuer			
Niettemperatur	hoch	hoch	hoch	nieder
Nietzeit.	10	40	10 bis 11	11 bis 12 sec
also	kurz	lang	kurz	kurz

3. Prüfung der genieteten Körper.

Es wurden ermittelt

- a) die Klemmspannung der Niete 1 bis 11,
- b) die Änderung der Durchmesser der Löcher 1, 6 und 7,
- c) die Änderung der Schaftdurchmesser der Niete in den Löchern 1, 6 und 7,
- d) aus den Änderungen unter b und c das Spiel zwischen Lochwand und Schaft.

Dabei wurde wie unter A vorgegangen. Die Trennflächen zur Herstellung der Teilstücke mit den Nieten 1 bis 11 sind in Abb. 27 unten strichpunktiert angegeben.

Das Meßgerät zur Ermittlung der Längenänderung der Niete war ein geschlossener Rahmen mit einer Feinmeßschraube von den Hommelwerken in Mannheim und mit einem Orthotest von Carl Zeiß in Jena.

4. Versuchsergebnisse.

Die ermittelten Klemmspannungen sind in Abb. 29 eingetragen. Hieraus ist folgendes zu erkennen.

a) Die höchsten und die unter sich am wenigsten verschiedenen Klemmspannungen entstanden im Versuchskörper III (hohe Niettemperatur, kurze Nietzeit). Die Einzelwerte betragen 25,6 bis 30,4 kg/mm², im Mittel 28,6 kg/mm².

b) Erheblich kleiner und vor allem sehr unregelmäßig waren die Klemmspannungen im Versuchskörper IV, der sich von dem Körper III nur durch die niedere Niettemperatur unterscheidet. Die Klemmspannungen betragen 0 bis 24,8 kg/mm², im Mittel 18,4 kg/mm². Dieses Ergebnis macht eindringlich aufmerksam, daß die Niete möglichst hoch anzuwärmen sind.

c) Mit der langen Nietzeit, die zum Versuchskörper II gewählt war, entstanden bedeutend kleinere und unregelmäßigere Klemmspannungen als mit der kurzen Nietzeit zum Versuchskörper III. Die Einzelwerte betragen 11,4 bis 29,4 kg/mm², im Mittel 20,7 kg/mm².

d) Die Niete, die in einem Koksfeuer erwärmt waren (Versuchskörper I), wurden weniger gespannt als solche, die im Holzkohlenfeuer erhitzt waren (Versuchskörper III). Die Ursache dieses Unterschiedes ist unter 2., S. 22, beschrieben. Die mittlere Klemmspannung betrug 22,4 kg/mm².

Über die Änderungen der Lochdurchmesser und der Schaftdurchmesser geben die Abb. 30 bis 32 Auskunft. Der kleinste Spielraum zwischen Lochwand und Nietenchaft ist im Probekörper I (Koksfeuer, hohe Niettemperatur, kurze Nietzeit) festgestellt worden. Im Probekörper II (Holzkohlenfeuer, hohe Niettemperatur, lange Nietzeit) war der Spielraum am Setzkopf ein wenig größer als im Probekörper I; am Schließkopf entstanden größere Unterschiede. Im Probekörper III (Holzkohlenfeuer, hohe Niettemperatur, kurze Nietzeit) wurde der Spielraum im mittleren Teil der Nietlänge erheblich größer als bei den

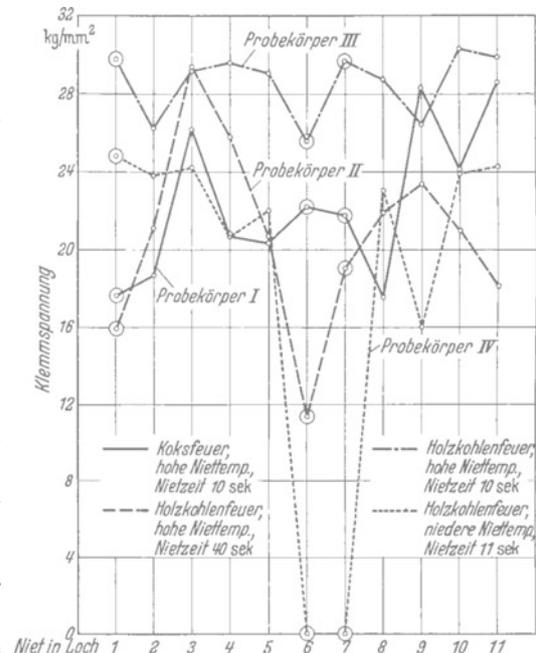


Abb. 29. Klemmspannung der Niete in den Körpern nach Abb. 27.

Probekörpern I und II. Beim Probekörper IV (niedere Niettemperatur) wurde der Spielraum beim Setzkopf ausgeprägt größer als bei den anderen Versuchskörpern. Der Vergleich

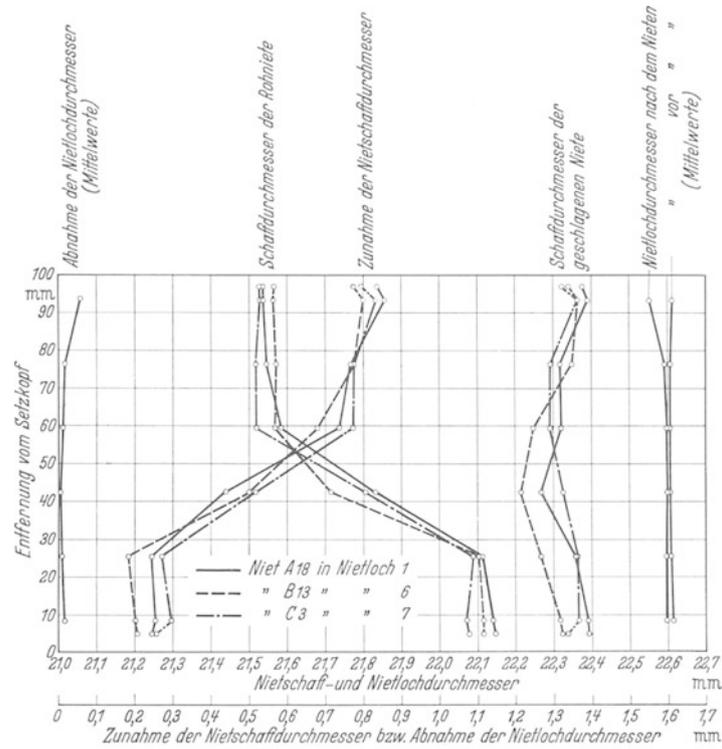


Abb. 30. Durchmesser der Nietenstäbe und der Nietlöcher im Versuchskörper I. Bauart nach Abb. 27.

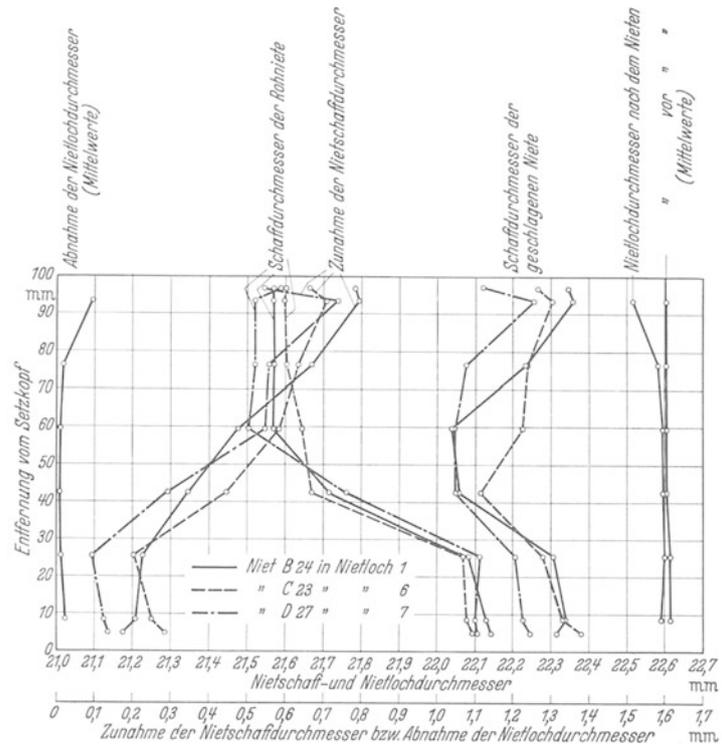


Abb. 31. Durchmesser der Nietenstäbe und der Nietlöcher im Versuchskörper III. Bauart nach Abb. 27.

dieser Ergebnisse mit den Feststellungen über die Klemmspannungen ergibt, daß die höchsten Klemmspannungen und die beste Lochfüllung nicht gleichzeitig zustande kamen. Wie zu verfahren ist, damit beide Eigenschaften bestmöglich zusammenfallen, soll besonders erkundet werden.

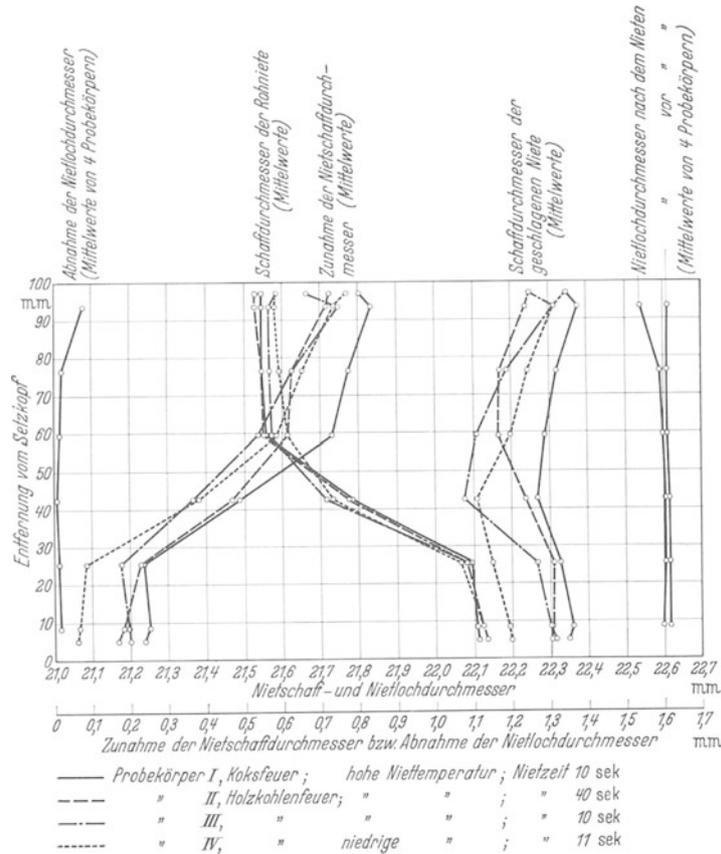


Abb. 32. Mittlere Durchmesser der Nietstäbte und der Nietlöcher in den Versuchskörpern I bis IV. Bauart nach Abb. 27.

C. Versuche vom Jahr 1938.

Die Versuche unter A und B zeigten, daß das Niete mit hoher Niettemperatur kurz dauernd auszuführen ist.

Durch die im folgenden beschriebenen Versuche war die Nietzeit festzustellen, die bei hoher Niettemperatur notwendig ist, um die höchste Klemmspannung zu erreichen. Es ist mit 6, 11 und 18 sec Nietzeit gearbeitet worden¹. Außerdem war zu verfolgen, ob bei sehr kurzer Nietzeit genügende Nietlochfüllung zu erreichen ist.

Weiterhin sind die Niete eines Versuchskörpers kurz dauernd vorgestaucht und kurz dauernd fertiggenietet worden. Dies geschah, weil die vorgestauchten Niete unter A bei einer verhältnismäßig langen Nietdauer fertiggemacht wurden. Außerdem ist die Wirkung des Vorstauchens allein beobachtet worden.

1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe.

Abb. 33 zeigt die Abmessungen der Probekörper. 6 Bleche aus St 52, 17 mm dick und 150 mm breit, wurden durch 11 Niete aus St 44 verbunden. Der Lochdurchmesser war 22,7 mm.

Die Bleche und Niete stammten aus der Lieferung zu den Versuchen unter B. Inzwischen ausgeführte Zugversuche mit langen Proportionalstäben aus den 17 mm dicken Blechen

¹ Unter A und B betrug die „kurze“ Nietzeit 13 bis 15 bzw. 10 sec.

lieferten im Mittel aus 2 Versuchen

- die Streckgrenze zu 34,5 kg/mm²,
- die Zugfestigkeit zu 56,0 kg/mm²,
- die Bruchdehnung zu 23%,
- die Bruchquerschnittsverminderung zu . . 63%.

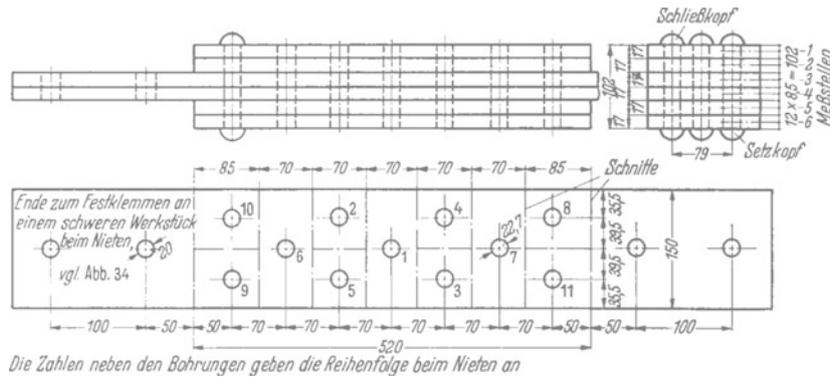


Abb. 33. Probekörper zur Bestimmung der Klemmkraft der Niete und der Lochfüllung.

2. Herstellung der Probekörper.

Es wurden 5 Probekörper nach Abb. 33 gefertigt. Der Arbeitsgang war derselbe wie bei den Versuchen unter B, S. 22.

Außer den Durchmessern der Löcher 1, 6 und 7 und ihrer Nieten sind abweichend von B in der Regel auch die Durchmesser der Löcher 4 und 5 sowie der zugehörigen Niete durch genaue Messung beobachtet worden.

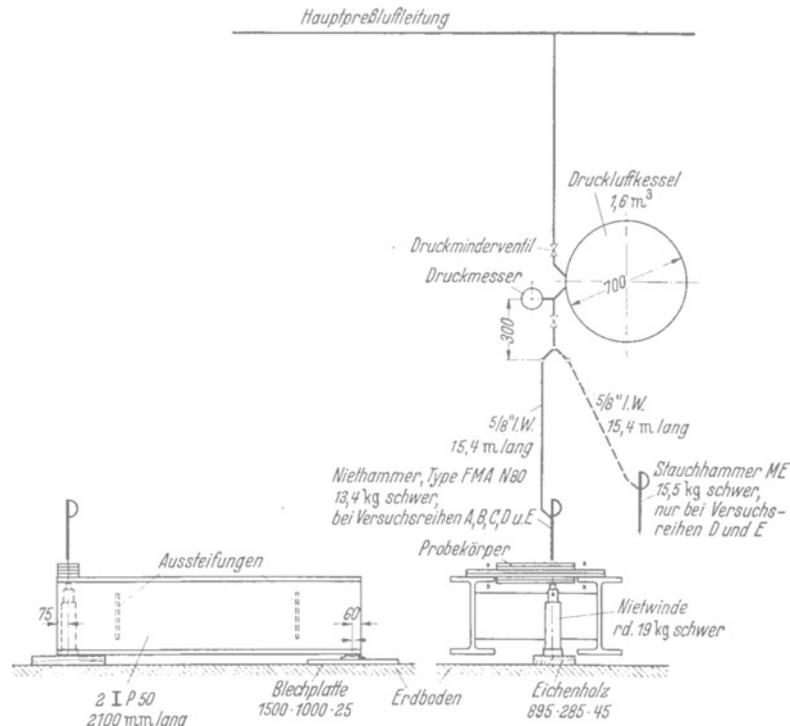


Abb. 34. Einrichtungen, die beim Nieten der Probekörper nach Abb. 33 benutzt worden sind.

Das Nieten geschah wieder in der Brückenbauanstalt der Maschinenfabrik Eßlingen, wie früher unter der Aufsicht von Herrn Ingenieur Munzinger.

Die beim Nieten verwendeten Geräte sind in Abb. 34 angegeben. Die Kraft, welche beim Nieten auf den Setzkopf wirkte, betrug rd. 550 kg.

Im einzelnen sei zunächst folgendes hervorgehoben.

Die Niete wurden in einem offenen Koksfeuer erwärmt; sie wurden sofort nach der Entnahme aus dem Feuer sorgfältig mit einer Drahtbürste abgebürstet und vor dem Einbringen in die Nietlöcher durch hartes Aufsetzen auf den Setzkopf nach Möglichkeit entzündert. Beim Einbringen der Niete in die Nietlöcher mußte durch Schläge mit einem Holzhammer auf den Setzkopf nachgeholfen werden.

Vor dem Schlagen des Niets in Nietloch 1 wurden die Schrauben aus den Nietlöchern 1, 10 und 11 herausgenommen, die übrigen Schrauben nachgezogen und in die Nietlöcher 10 und 11 zylindrische Paßbolzen eingesetzt. Nach dem Schlagen des Niets in Loch 1 wurde die Schraube aus Nietloch 2 entfernt; die übrigen Schrauben wurden wieder kräftig nachgezogen usf.; so wurde weiter verfahren, bis nach der in Abb. 33 durch Zahlen erkenntlichen Reihenfolge der Niet in Nietloch 5 geschlagen war. Dann wurde der Paßbolzen in Nietloch 10 wieder durch eine Schraube ersetzt und die noch verbliebenen Schrauben nachgezogen. Hierauf wurde der Niet in Loch 6 eingezogen und anschließend der Paßbolzen in Nietloch 11 wieder durch eine Schraube ersetzt. Schließlich wurden die restlichen Niete 7 bis 11 geschlagen, jedesmal nach vorherigem Nachziehen der Schrauben.

Bei einem Teil der Niete setzte sich der zähe Zunder, der beim Einbringen der Niete vom Nietschaft abgestreift wurde, am Übergang vom Nietschaft zum Setzkopf fest, so daß ein Spalt zwischen Setzkopf und dem benachbarten Flachstahl verblieb. Die betreffenden Niete sind in der Abb. 35 durch Doppelkreise gekennzeichnet.

Die Unterschiede der einzelnen Probekörper sind aus den folgenden Bemerkungen zu entnehmen.

Versuchskörper	A	B	C	D	E
Schaftdurchmesser der Niete	21,4	21,5	21,5	21,5	21,5
bis	22,1	22,1	22,2	22,2	22,2 mm,
Schaftlänge	135,8	135,8	135,9	135,8	135,8
bis	136,2	136,2	136,3	136,2	136,0 mm;
Glühfarbe der Niete bei der Entnahme aus dem Feuer					
am Setzkopf	gelbweiß	gelbweiß	gelbweiß	gelbweiß	gelbweiß
am Schaftende	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß
Glühfarbe des Schließkopfes nach dem Nieten . . .	hellrot bis gelb	hellrot	dunkelrot	kirschrot bis hellrot	gelb
Überdruck der Preßluft beim Nieten	6,9	6,8	6,8	6,8	6,9
bis	—	7,0	7,1	6,9	— at,
Dauer des Vorstauchens	—	—	—	1	2 sec,
Dauer des Fertignietens	6	11	18	8	— sec,
bis	7			10	— sec.

An den Paketen A, B und C wurden die Niete mit dem gewöhnlichen Preßluft-Niethammer Type N 80¹ (Nr. 246280) geschlagen. An dem Paket D wurden die Niete während etwa 1 sec mit dem Preßluft-Stauchhammer 91604.0 der Maschinenfabrik Eßlingen vorgestaucht und sofort anschließend mit dem Preßluft-Niethammer Type FMA N 80 fertiggenietet. Bei dem Paket E wurden die Niete nur während rd. 2 sec mit dem Preßluft-Stauchhammer 91604.0 gestaucht; auch wurden bei diesem Paket nur die Niete in die Nietlöcher 1, 3, 5 und 7 eingezogen.

Es betrug das Gewicht des Preßluft-Niethammers² Type N 80 13,3 kg, des Schlagdöppers 1,46 kg, des Stauchhammers 91604.0 15,5 kg, der Drehwinde rd. 19 kg, des Nietstößchens 1,19 kg.

3. Prüfung der Körper nach Abb. 33.

Es wurden ermittelt

- a) die Klemmspannung der Niete 1 bis 11;
- b) die Durchmesser der Löcher 1 und 4 bis 7 vor und nach dem Nieten an den Meßstellen, die in Abb. 33 oben rechts angegeben sind;

¹ Hersteller: Frankfurter Maschinenbau AG. vorm. Pokorny & Wittekind, Frankfurt a. M.

² Ohne Schlagdöpper.

- c) die Änderung der Schaftdurchmesser der Niete 1, 4, 6 und 7;
 d) aus den Messungen unter b) und c) das Spiel zwischen Lochwand und Schaft.

Dabei wurde wie unter A und B vorgegangen. Die Trennflächen zur Herstellung der Teilstücke mit den einzelnen Nieten sind in Abb. 33 strichpunktiert angegeben.

4. Versuchsergebnisse.

Die ermittelten Klemmspannungen sind in Abb. 35 angegeben¹. Hieraus ist folgendes zu entnehmen.

a) Die im Mittel höchsten und im einzelnen am wenigsten verschiedenen Klemmspannungen sind im Probekörper A (Nietzeit 6 bis 7 sec) angetroffen worden. Die Klemmspannungen betragen 25,1 bis 30,1 kg/mm², im Mittel 27,9 kg/mm².

b) Im Mittel etwas tiefer, mit dem Mindestwert wesentlich tiefer liegen die Klemmspannungen der Probekörper B und C. Es betrug

beim Versuchskörper	B	C
die Nietzeit	11	18 sec,
die kleinste Klemmspannung . . .	21,5	20,2 kg/mm ² ,
die größte Klemmspannung . . .	28,1	27,9 kg/mm ² ,
die mittlere Klemmspannung . . .	26,0	26,2 kg/mm ² .

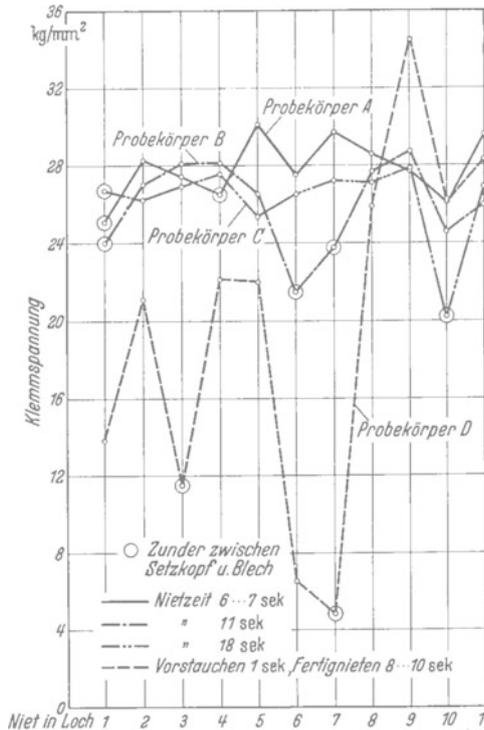


Abb. 35. Klemmspannung der Niete in den Körpern nach Abb. 33.

körper C mit 18 sec Nietzeit. In Abb. 38 sind die Mittelwerte der Probekörper A bis E zusammen dargestellt. Hieraus ist folgendes zu entnehmen.

a) Durch die Verlängerung der Nietzeit von 6 bis 7 sec (Abb. 36) auf 18 sec (Abb. 37) ist die Zunahme der Nietenchaftdurchmesser nur sehr wenig größer ausgefallen. Allerdings sind die Unterschiede der Einzelwerte in Abb. 37 kleiner als in Abb. 36.

b) Entsprechend wurde das Spiel zwischen Nietlochwand und Nietenchaft im Falle der Abb. 37 (18 sec Nietzeit) kleiner als in Abb. 36 (6 bis 7 sec Nietzeit).

c) Im Versuchskörper D (Niete 1 sec vorgestaucht, 8 bis 10 sec fertiggenietet) waren die Zunahme der Schaftdurchmesser und das Nietenpiel fast genau gleich wie im Versuchskörper C, vgl. Abb. 38.

¹ Die Niete, welche unter dem Setzkopf etwas Zunder hatten (vgl. unter 2., S. 27) sind in Abb. 35 mit Doppelkreisen bezeichnet.

² Unter B 4, d wurde nach 10 sec Nietzeit und nach Erwärmung im Koksfeuer die mittlere Klemmspannung zu 22,4 kg/mm² angegeben. Dieser Wert ist kleiner als die mittlere Klemmspannung der Niete in den Versuchskörpern B und C. Ob dabei eine bessere Entzunderung der Niete zu den Körpern A und C beteiligt oder ob die kräftigere Gegenhaltung Einfluß nahm oder ob die raschere Arbeit bei den neueren Versuchen wichtiger ist (früher war der Nietler zugleich Einhalter), ist nachträglich ohne weitere Untersuchung nicht mehr festzustellen.

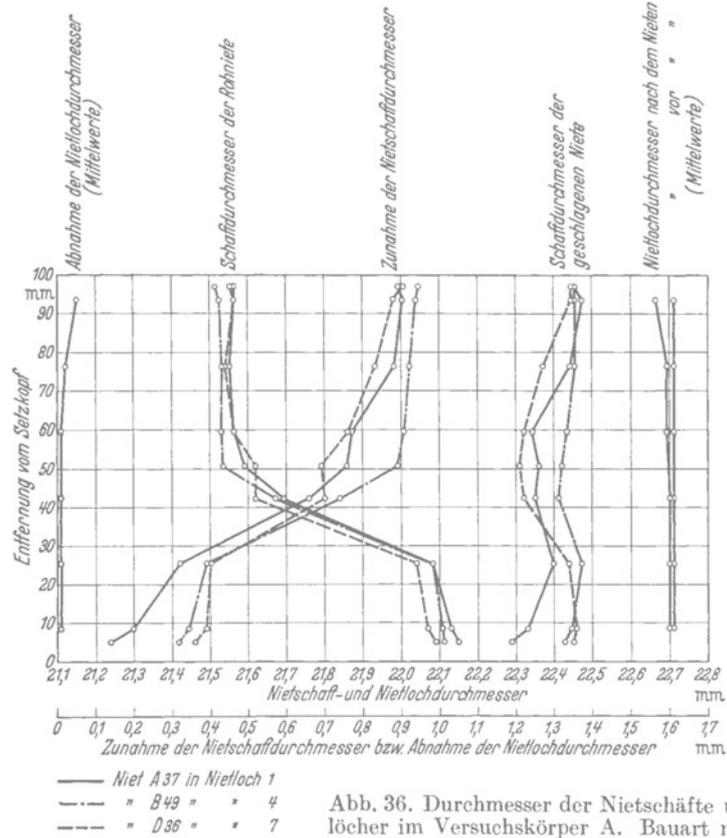


Abb. 36. Durchmesser der Nietstäfte und der Nietlöcher im Versuchskörper A. Bauart nach Abb. 33.

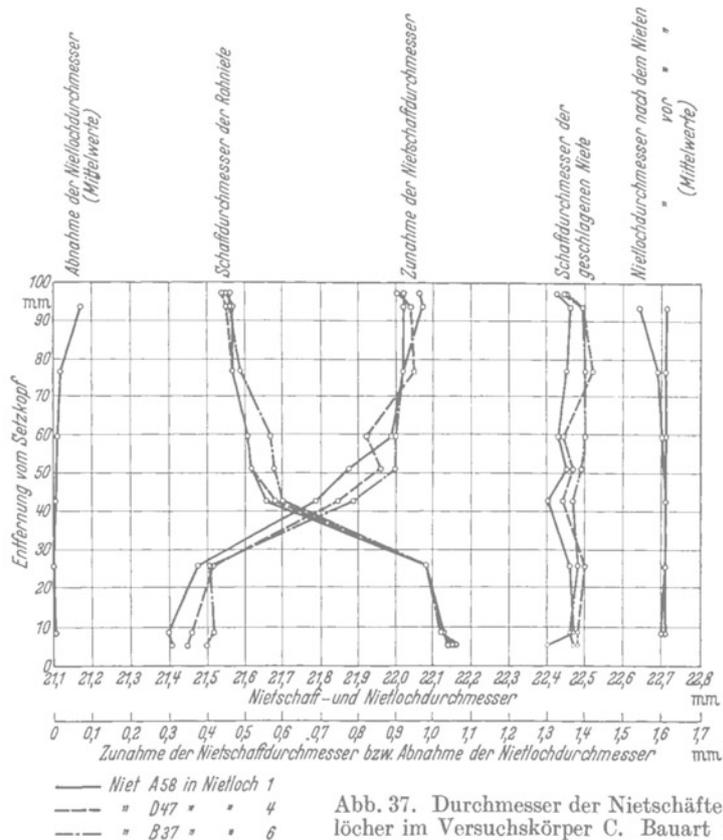


Abb. 37. Durchmesser der Nietstäfte und der Nietlöcher im Versuchskörper C. Bauart nach Abb. 33.

d) Die Wirkung des Vorstauchens allein ergibt sich aus den Messungen am Versuchskörper E, vgl. Abb. 38. Der Vergleich der Ergebnisse dieses Körpers mit denen vom Versuchskörper D zeigt die große Bedeutung des Fertignietens für die Füllung der Nietlöcher.

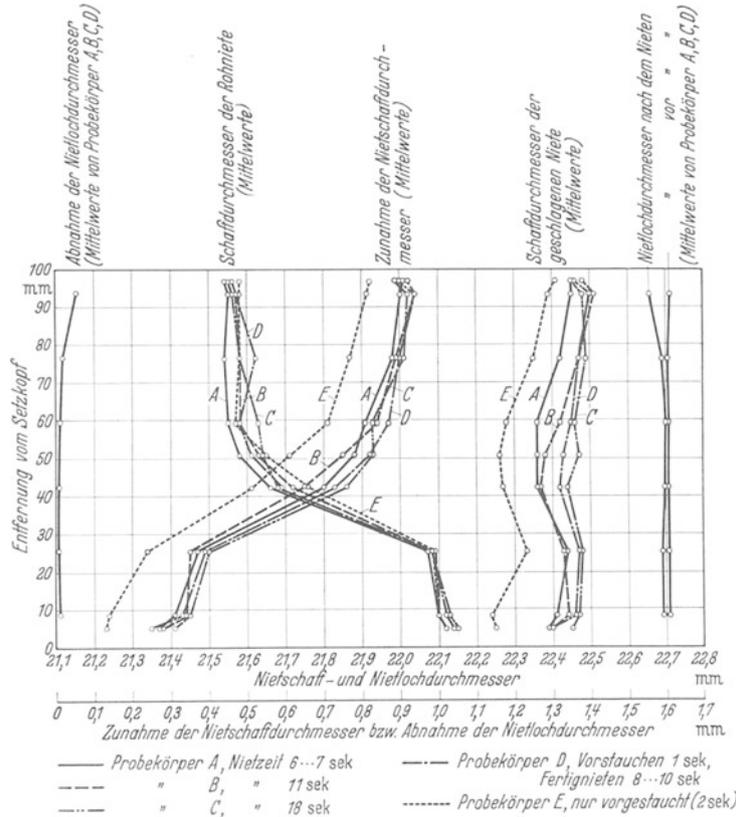


Abb. 38. Mittlere Durchmesser der Nietenlöcher in den Versuchskörpern A bis E. Bauart nach Abb. 33.

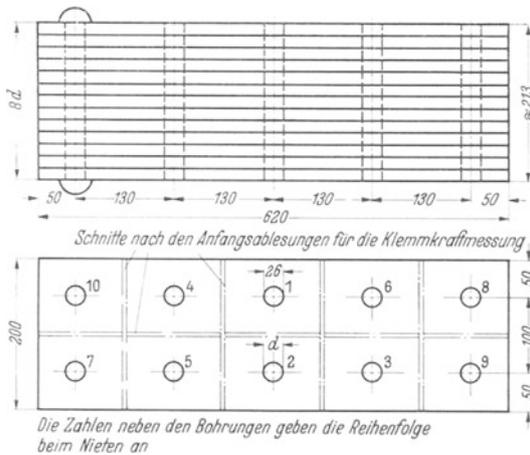


Abb. 39. Probekörper zur Bestimmung der Klemmkraft der Nieten und der Lochfüllung.

Die Bleche wurden wieder von der Firma Dortmunder Union-Brückenbau AG. in Dortmund, die Nieten von der Firma Gebr. Knipping in Altena geliefert.

Die Zugfestigkeit der Bleche, festgestellt mit dem Kugeldruckversuch nach DIN 1605 II, betrug 57 bis 64 kg/mm², im Mittel 60 kg/mm². Die Zugfestigkeit des normalgeglühten Nietstahls ist zu 49 bis 52 kg/mm², im Mittel zu 50 kg/mm² ermittelt worden.

D. Versuche, die im Jahr 1934 begonnen und 1940 beendet wurden (Schaftlänge der Niete 213 mm).

Die unter A bis C beschriebenen Versuche sind mit Nieten von rd. 22 mm Durchmesser und von rd. 100 mm Klemmlänge ausgeführt worden. Es erschien geboten, auch Versuche mit dickeren und längeren Nieten einzuleiten. Dies geschah schon bei der Durchführung der Versuche, über die unter II A, S. 15f., berichtet ist.

1. Bauart der Probekörper. Werkstoffe.

Abb. 39 zeigt die Bauart der Probekörper. 13 Bleche aus St 52, 16 mm dick und 200 mm breit, wurden durch 10 Nieten aus St 44 verbunden. Der Lochdurchmesser war 26 mm.

2. Herstellung der Probekörper.

Es wurden 3 Probekörper gefertigt. Diese sind im folgenden mit 1, 3 und 4 bezeichnet.

Der Arbeitsgang war ähnlich dem unter A, S. 15, beschriebenen. Im einzelnen sei noch folgendes hervorgehoben. Die Löcher wurden vorgebohrt und dann auf 26,0 mm aufgerieben. Die Lochränder erhielten eine Schräge von 1 bis 2 mm. Die Bohrungen 2 und 10 sowie 4 oder 6 wurden genau ausgemessen. Die Abmessungen der Niete im Zustand vor dem Erwärmen sind für die genannten 3 Bohrungen sorgfältig festgestellt worden.

Das Nieten der Probekörper 1 und 4 erfolgte in der Brückenbauwerkstatt der Maschinenfabrik Eßlingen. Der Probekörper 3 ist im Werk Gustavsburg der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg hergestellt worden.

Im einzelnen unterscheiden sich die 3 Versuchskörper wie folgt.

Versuchskörper 4 (Nietverfahren I). Schaftdurchmesser der Rohniete am Setzkopf 25,1 mm, am Schließkopf 24,2 bis 24,4 mm. Schaftlänge der Rohniete 257 bis 261 mm. Erwärmen der Niete in einem offenen Koksfeuer. Glühfarbe der Niete bei Beginn des Nietens gelb bis hellgelb, nach dem Nieten hellrot. Überdruck der Preßluft vor dem Nieten 6,4 bis 6,8 at, während des Nietens 5,9 bis 6,1 at, Nietzeit 15 bis 19 sec. Nieten mit dem 13,4 kg schweren Preßlufthammer FMA N 80 (Nr. 246280), wie er zu den früheren Versuchen benutzt wurde, vgl. unter II A, S. 16.

Versuchskörper 1 (Nietverfahren IV). Schaftdurchmesser der Rohniete am Setzkopf 25,1 oder 25,2 mm, am Schließkopf 24,2 oder 24,3 mm. Schaftlänge der Niete 262 bis 263 mm. Erwärmen der Niete in einem offenen Koksfeuer. Glühfarbe der Niete bei Beginn des Nietens am Schaftende hellorange bis gelb; nach dem Nieten am Schließkopf hellrot bis dunkelrot. Überdruck der Preßluft vor dem Nieten 6,9 bis 7,0 at, während des Nietens 5,9 at. Die Niete wurden zunächst während 1 bis 2 sec mit einem Preßluftstauchhammer der Maschinenfabrik Eßlingen vorgestaucht und sofort anschließend mit dem Preßlufthammer FMA N 80 fertiggenietet. Nietzeit einschließlich Vorstauchen und einschließlich Zeit zum Wechseln der Hämmer 23 bis 26 sec. Das Gewicht des Vorstauchhammers für den Niet im Loch 1 betrug 18,5 kg, für die Niete in den Löchern 2 bis 9 17,7 kg; der Preßlufthammer FMA N 80 wog 13,4 kg.

Versuchskörper 3 (Nietverfahren V). Der Setzkopf und der Schaft der Niete waren gedreht¹. Durchmesser des zylindrischen Schaftes 25,5 mm; die Schaftlänge in der Regel 250 mm: beim Niet 1: 270 mm; beim Niet 2: 260 mm. Erwärmen der Niete in einem Flammofen mit Koksfeuerung. Glühfarbe der Niete bei Beginn des Nietens am Schaftende hellorange bis gelb²; nach dem Nieten am Schließkopf dunkelrot (mäßige Niettemperatur). Überdruck der Preßluft vor Beginn des Nietens 6,3 bis 7,1 at, während des Nietens 6,1 bis 7,0 at. Das Nieten geschah wie beim Probekörper 4 mit dem Preßlufthammer FMA N 80. Nietzeit 16 bis 30 sec.

Der Versuchskörper 3 unterscheidet sich vom Probekörper 1 durch die etwas niedrigere Temperatur der Niete beim Beginn des Nietens, ferner durch eine etwas längere Nietzeit, sodann durch den Umstand, daß die Niete des Probekörpers 3 einen gedrehten Schaft besaßen, und daß der Schaftdurchmesser so groß als möglich gewählt wurde. Der Probekörper 1 unterscheidet sich vom Probekörper 4 wieder durch eine etwas niedrigere Temperatur der Niete nach dem Nieten und durch das Vorstauchen des Nietschaftes vor der Herstellung des Schließkopfes.

Im übrigen sei hervorgehoben, daß die Versuchskörper gleichzeitig mit denen zu II A gefertigt wurden. Das, was S. 16 und 17 über die Nietverfahren I, IV und V gesagt ist, gilt auch hier.

3. Prüfung der genieteten Körper.

Es wurde ermittelt:

- a) die Klemmspannung der Niete 1 bis 10, vgl. Abb. 39;
- b) die Änderung der Durchmesser der Löcher 2, 4 und 10 bzw. 2, 6 und 10, vgl. Abb. 39;

¹ Herstellung der Niete aus Rohniete von 28 mm Dmr.

² Bei den Versuchskörpern 4 und 1 waren die Nietschäfte anfänglich gleichmäßig weißglühend, beim Versuchskörper 3 in der Hauptsache gelbglühend, am Ende kurz weißglühend.

- c) die Änderung der Schaftdurchmesser der Niete in den Löchern 2, 4 und 10 bzw. 2, 6 und 10;
 d) das Spiel zwischen Lochwand und Nietenchaft aus den Feststellungen zu b) und c).

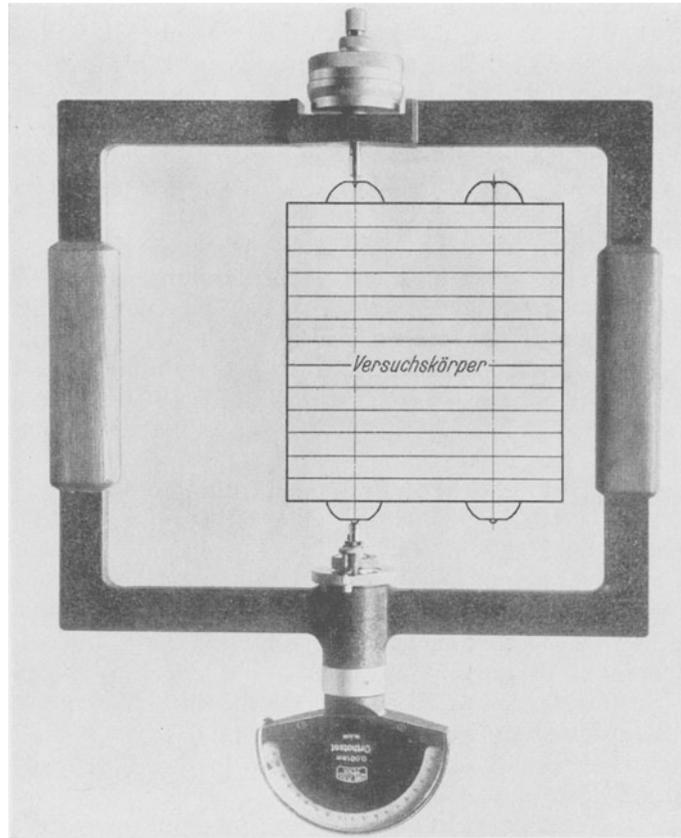


Abb. 40. Einrichtung zum Messen der Längenänderungen der Niete in den Probekörpern nach Abb. 39.

Die Ausführung der Messungen geschah wie unter A. vgl. S. 18, sowie Abb. 39. Das Meßgerät zur Ermittlung der Längenänderungen der Niete ist in Abb. 40 dargestellt;

es besteht aus einem geschlossenen Rahmen mit einer Feinmeßschraublehre von den Hommelwerken in Mannheim und mit einem Orthotest von Carl Zeiß in Jena.

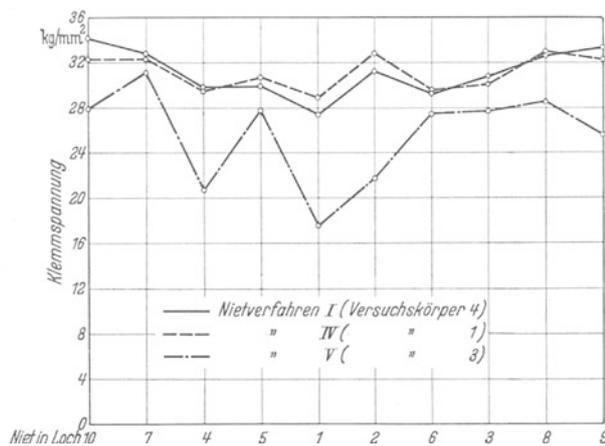


Abb. 41. Klemmspannung der Niete in den Körpern nach Abb. 39.

4. Versuchsergebnisse.

Die ermittelten Klemmspannungen sind in Abb. 41 eingetragen. Hieraus ergibt sich folgendes:

a) Im Versuchskörper 4 (Nietverfahren I) betragen die Klemmspannungen 27,4 bis 34,1 kg/mm², im Mittel 31,1 kg/mm².

b) Im Versuchskörper 1 (Nietverfahren IV, Niete vorgestaucht) sind die Klemmspannungen zu 28,9 bis 33,0 kg/mm², im Mittel zu 31,1 kg/mm² festgestellt worden.

c) Hiernach unterschieden sich die Mittelwerte der Klemmspannungen in den Versuchskörpern 1 und 4 nicht. Die Unterschiede der Einzelwerte sind im Versuchskörper 1 etwas kleiner als im Versuchskörper 4 ausgefallen.

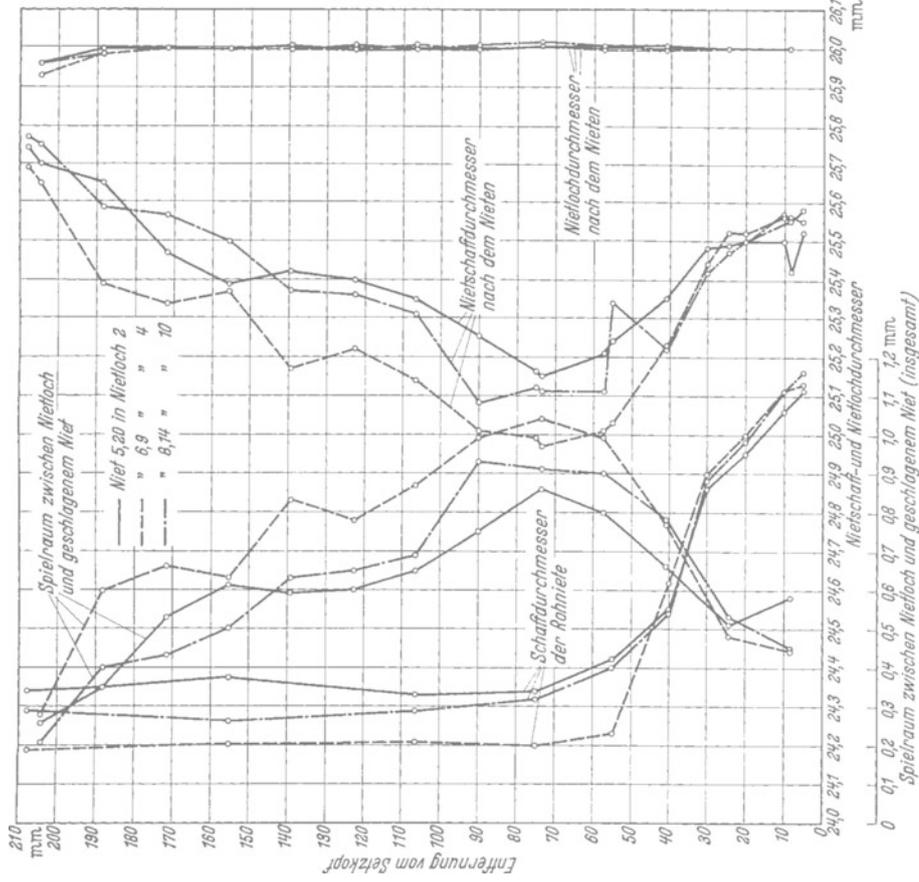


Abb. 43. Durchmesser der Nietenlöcher und der Nietlöcher im Versuchskörper 1 (Nietverfahren IV). Bauart nach Abb. 41.

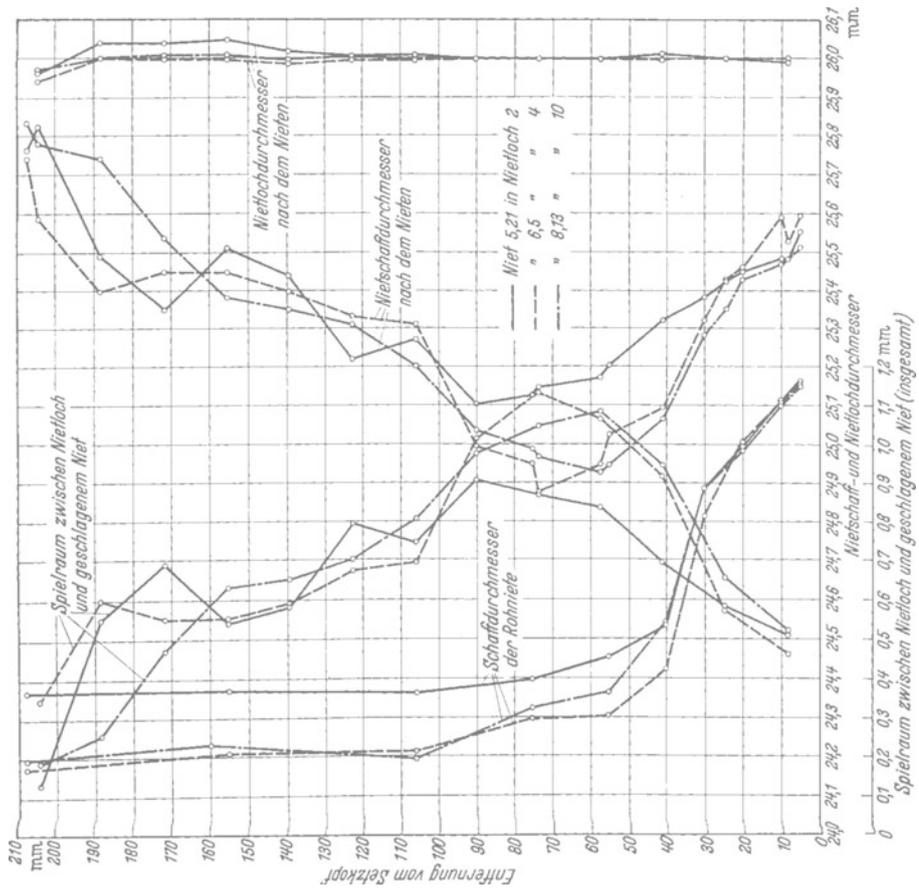


Abb. 42. Durchmesser der Nietenlöcher und der Nietlöcher im Versuchskörper 4 (Nietverfahren I). Bauart nach Abb. 41.

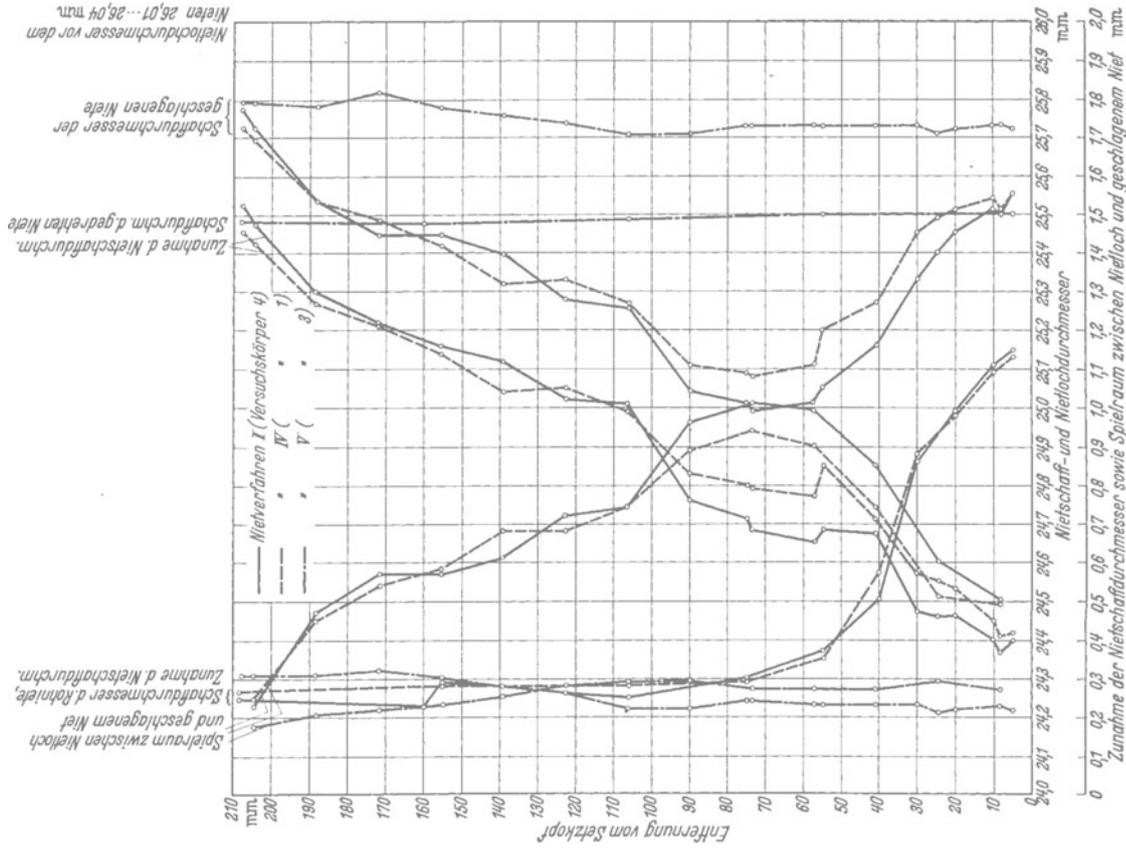


Abb. 45. Mittlere Durchmesser der Nietenhäfte und der Nietlöcher in den Versuchskörpern nach Abb. 41.

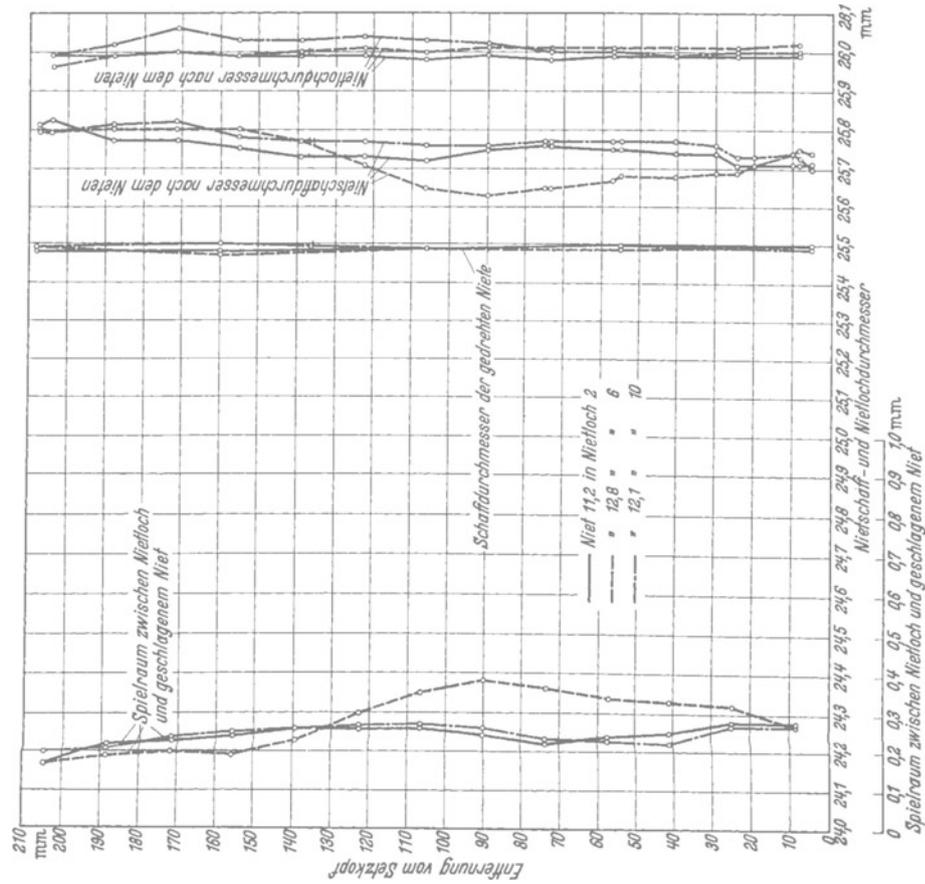


Abb. 44. Durchmesser der Nietenhäfte und der Nietlöcher im Versuchskörper 3 (Nietverfahren V). Bauart nach Abb. 41.

Im Gegensatz zu den Versuchen unter II A (vgl. S. 18) sind hier die Klemmspannungen der vorgestauchten Niete ebenso groß geworden wie die der nicht vorgestauchten Niete. Dabei ist zu beachten, daß die Nietschäfte bei den Versuchen unter II A, Abb. 19, nur 104 mm lang waren gegen 213 mm bei den Körpern nach Abb. 39.

d) Die Klemmspannungen der Niete im Versuchskörper 3 (Nietverfahren V) betragen 17,5 bis 31,1 kg/mm², im Mittel 25,6 kg/mm². Diese Klemmspannungen sind kleiner als bei den Versuchskörpern 1 und 4, überdies erheblich verschieden. Dieses Ergebnis besagt, daß das Nietverfahren V wie früher ungenügende Klemmspannungen ergab, vgl. II A, S. 18. Hierbei war die mäßige Niettemperatur von Einfluß. Ob außerdem durch den von vornherein engen Nietsitz ein Hindernis beim Stauchen der Niete entstanden ist, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Die Feststellungen über die Änderung der Durchmesser der Nietlöcher und der Niete und über den Spielraum zwischen Nietloch und Niet sind in den Abb. 42 bis 45 eingetragen. Die Darstellung ist die gleiche wie sie unter II A bis C gewählt wurde. Besonders bemerkenswert ist in Abb. 42 und 43 gegenüber Abb. 44, daß der Spielraum zwischen dem Nietloch und dem geschlagenen Niet bei den Versuchskörpern 4 und 1 viel größer und über die Länge viel veränderlicher gefunden wurde als im Versuchskörper 3 (gedrehte Niete). Bei dem Versuchskörper 1 (vorgestauchte Niete) ist der Spielraum zwischen Nietloch und Schaft nicht ausgeprägt anders geworden als beim Versuchskörper 4 (ohne Vorstauchung), wie Abb. 45 ohne weiteres erkennen läßt.

III. Aus Dauerversuchen mit Nietverbindungen, durchgeführt von W. M. Wilson und F. P. Thomas in der Engineering Experiment Station der Universität in Urbana.

Im Herbst 1938 erschien im Bulletin 302 der Engineering Experiment Station der Universität von Illinois in Urbana als Heft 79 des Bandes 35 der Veröffentlichungen dieser Universität ein umfangreicher Versuchsbericht, der zu einem großen Teil Aufgaben behandelt, die denen nahestehen, die in Heft 5 des Deutschen Ausschusses für Stahlbau beschrieben sind¹.

Es erscheint angezeigt, die Ergebnisse der Dauerversuche² von Wilson und Thomas kurz zusammenzufassen und mit unseren Feststellungen zu vergleichen.

1. Versuchseinrichtung.

Die verwendete Maschine ermöglichte die Anwendungen von Zug- und Druckkräften von je rd. 90 t in beliebiger Abstufung. Anfänglich lief die Maschine mit 33 Lastspielen in der Minute; bei Zugversuchen wurden später 180 Lastspiele in der Minute ausgeführt, bei Zug-Druckversuchen 135. In der Regel wurden Zugversuche ausgeführt, derart, daß die Last zwischen 0 und einer Prüflast P_0 wechselte. Ermittelt wurde die Belastung P_0 , die 2 000 000 mal ertragen wurde.

2. Werkstoffe.

Die Bleche bestanden

a) aus Kohlenstoffstahl, dessen Streckgrenze σ_{zF} zwischen 21,9 und 28,4 kg/mm² lag, und dessen Zugfestigkeit $\sigma_{zB} = 43,2$ bis 45,6 kg/mm² betrug;

b) aus Siliziumstahl mit $\sigma_{zF} = 32,9$ bis 36,2 kg/mm² und $\sigma_{zB} = 56,4$ bis 66,2 kg/mm²;

c) aus Nickelstahl mit $\sigma_{zF} = 39,4$ bis 42,2 kg/mm² und $\sigma_{zB} = 69,5$ bis 69,7 kg/mm².

Die Niete waren in der Regel aus Kohlenstoffstahl hergestellt; für diesen war $\sigma_{zF} = 24,0$ bis 29,4 kg/mm² und $\sigma_{zB} = 37,1$ bis 42,6 kg/mm².

¹ Die älteren deutschen Berichte gaben anscheinend die Veranlassung zu den Versuchen von Wilson und Thomas; der Bericht enthält keinerlei Hinweise auf die älteren deutschen Arbeiten.

² Der Bericht enthält außerdem Feststellungen über die Klemmspannung von Nietten verschiedener Länge aus verschiedenem Werkstoff. Die Ergebnisse dieser Versuche liegen in dem Bereich der Beobachtungen von C. Bach und R. Baumann (1910) und von K. Wellinger (Diss. Stuttgart 1931).

d) Bemerkungen zu den Versuchen unter a bis c sowie zu weiteren im Originalbericht enthaltenen Angaben.

Bei oftmaliger Ursprungsbelastung ertrugen die Niete Scheranstrangungen von rd. 21 kg/mm²; beim Wechsel der Belastungsrichtung betrug die Grenzwerte der Scheranstrangung, die oftmals auftreten durfte, ohne daß ein Bruch eintrat, rd. ± 11 bis rd. ± 21 kg/mm².

Durch höhere Klemmspannungen der Schrauben wurde die Tragfähigkeit gegen oftmals wiederholte Lasten erhöht.

Verbindungen, die mit den Verhältniszahlen $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,75$ bemessen waren, erwiesen sich für oftmalige Ursprungsbelastung als zweckmäßig.

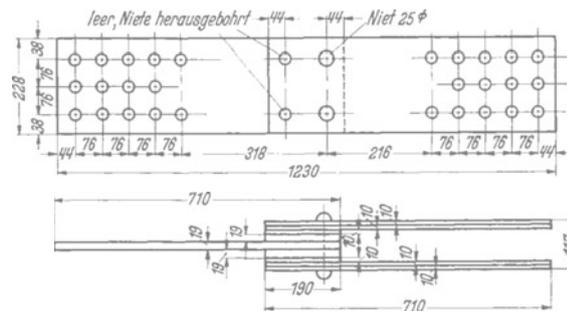


Abb. 48.

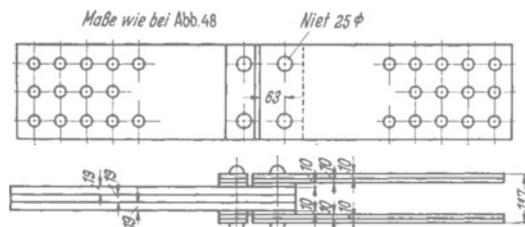


Abb. 49.

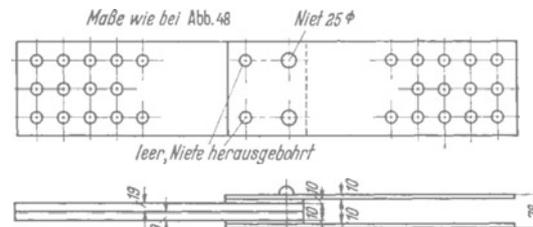


Abb. 50.

Abb. 48 bis 50. Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstandes der Niete bei verschiedener Schaftlänge und bei verschiedener Dicke der mittleren Bleche unter oftmaligem Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten.

Bei Nietverbindungen, die oftmaligem Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten ausgesetzt werden, erscheint es angezeigt, die Stoßstellen der Bleche passend zu bearbeiten, wenn die geprüften Verhältnisse maßgebend sind, also die Zerstörung von der Niete ausgeht.

Weiteres vgl. S. 41 f.

e) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 51 und 52; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:0,8:0,4$ bzw. $1:1,3:0,6$ zur Ermittlung der Schwingweite, wenn

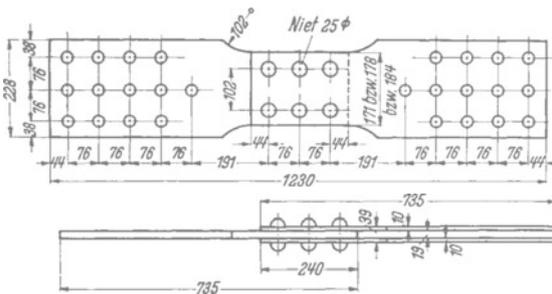


Abb. 51.

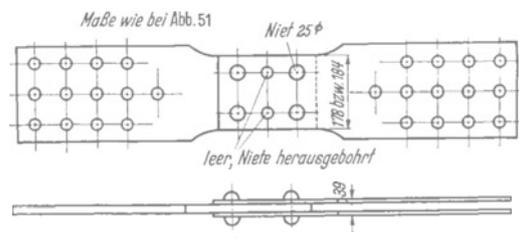


Abb. 52.

Abb. 51 und 52. Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstandes der Nietverbindung unter verschiedenartigen Belastungen (oftmaliger Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten, oftmalige Ursprungszugbelastung, oftmalige Zugbelastung über einer ruhenden Grundlast).

- α) Wechsel zwischen gleich großen Zug- und Drucklasten stattfindet,
- β) Ursprungszugbelastung erfolgt,
- γ) eine ruhende Zuglast gleich der Hälfte der oberen Grenzlast wirkt.

Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl.

Der Bruch erfolgte stets im 19 mm dicken Blech bei der ersten Nietreihe.

Die Schwingweite der Zuganstrengung, welche 2 000 000 mal ertragen wurde, betrug in abgerundeten Zahlen

	für die Verbindung nach	Abb. 51	Abb. 52
		$\alpha)$ $\pm 14,6$	$\pm 13,0$ kg/mm ² ,
		$\beta)$ $+ 21,1$	$+ 18,6$ kg/mm ² ,
		$\gamma)$ —	$+ 27,4$ (bei $\sigma_u = 13,5$) kg/mm ² ,
oder die Schwingweite		$\alpha)$ 29,2	26,0 kg/mm ² ,
		$\beta)$ 21,1	18,6 kg/mm ² ,
		$\gamma)$ —	13,9 kg/mm ² .

Hier ist, wie bei früheren Feststellungen, zu erkennen, daß die Schwingweite, welche von Nietverbindungen ertragen wird, beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten am größten ausfällt (vgl. Heft 5, S. 42f., sowie im vorliegenden Heft S. 6f.). Wenn neben der oftmals wiederkehrenden Zuglast eine ruhende Grundlast auftritt, so geht die tragbare Schwingweite mit Zunahme der Grundlast zurück, wie bei den Versuchen, die in Heft 5, S. 38f., beschrieben sind.

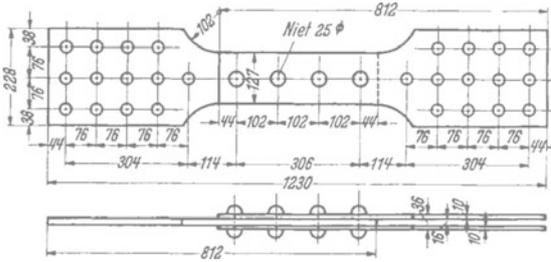


Abb. 53.

f) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 53 bis 55; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1 : 0,4$ bzw. $1 : 1,3 : 0,4$ bzw. $1 : 1,9 : 0,5$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl.

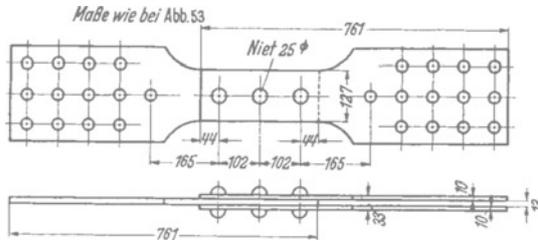


Abb. 54.

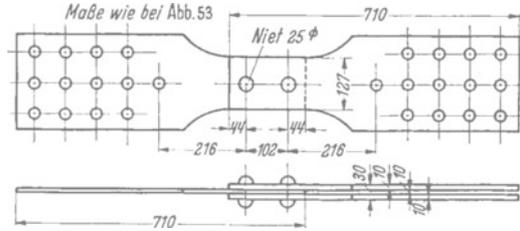


Abb. 55.

Abb. 53 bis 55. Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstands der Nietverbindung bei verschiedener Zahl der Nieten (Schaftlänge 30 bis 36 mm; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1 : 0,4$ bis $1 : 1,9 : 0,5$).

Die Dauerzugfestigkeit bei Ursprungsbelastung fand sich

	für die Verbindung nach	Abb. 53	54	55
	zu	20,3	21,0	18,1 kg/mm ² ,

also wenig verschieden. Bei der Erörterung der Ergebnisse durch Wilson und Thomas wurde aufmerksam gemacht, daß die Schaftlänge der Niete kurz (30 bis 36 mm) und überdies nicht gleich war. Es sind deshalb später die Versuche unter g ausgeführt worden. Wesentlich ist hier, daß alle Nietverbindungen mit σ_l und τ weit unter den zulässigen Grenzen blieben.

g) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 56 bis 58; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,2 : 0,75$ bzw. $1 : 1,6 : 0,75$ bzw. $1 : 2,3 : 0,75$. Schaftlänge 77 und 78 mm. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl.

Die Dauerzugfestigkeit bei Ursprungsbelastung (Schwingweite) betrug

	bei den Verbindungen nach	Abb. 56	57	58
		18,2	19,5	21,0 kg/mm ² .

Der Widerstand des Bleches ist hier mit Zunahme der Verhältniszahl $\sigma_l : \tau$ größer geworden. Dabei ist zu beachten, daß damit die Zahl der Niete von 4 auf 3 bzw. 2 verringert, auch andere

Änderungen der Maße vorgenommen wurden. Die Zunahme der Schwingweite von 18,2 auf 21,0 kg/mm² ist nach unseren Beobachtungen eine Folge der Abnahme der Zahl der hintereinander wirkenden Niete. Zu beachten ist ferner, daß $\sigma_l : \tau$ bei Ursprungsbelastung in weiten Grenzen verändert werden konnte, ohne daß die Tragfähigkeit geändert wurde, wenn $\sigma : \tau = 0,75$ blieb¹.

h) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 59 bis 61; $\sigma : \sigma_l : \tau = \text{rd. } 1 : 1,4 : 0,5$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl.

Hier ist der Einfluß der Verteilung der Niete untersucht worden. Alle Ver-

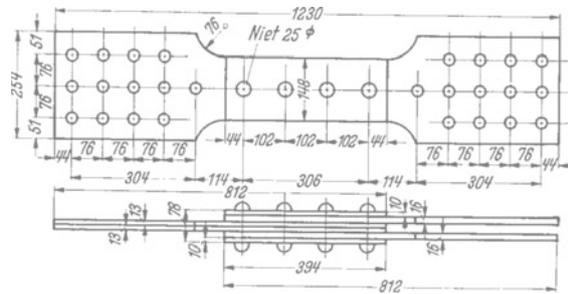


Abb. 56.

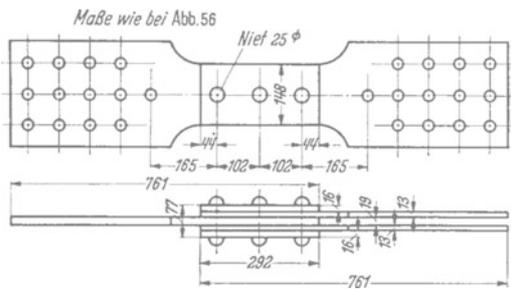


Abb. 57.

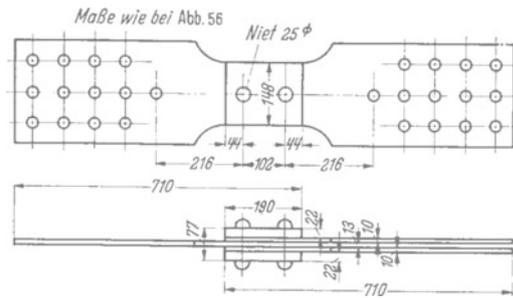


Abb. 58.

Abb. 56 bis 58. Weitere Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstands der Nietverbindung bei verschiedener Zahl der Nieten (Schaftlänge 77 und 78 mm; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,2 : 0,75$ bis $1 : 2,3 : 0,75$).

bindungen brachen im Blech. Die Ursprungszugfestigkeit betrug

für die Körper nach Abb. 59 60 61
16,7 17,4 18,8 kg/mm²

Die lange Verbindung nach Abb. 59 trug also etwas weniger als die anderen Verbindungen. Die Verbindung nach Abb. 61 erwies sich besser als diejenige nach Abb. 60.

i) Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Art der Herstellung der Nietlöcher auf die Dauerzug-

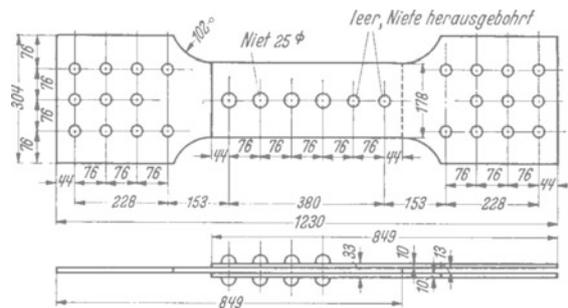


Abb. 59.

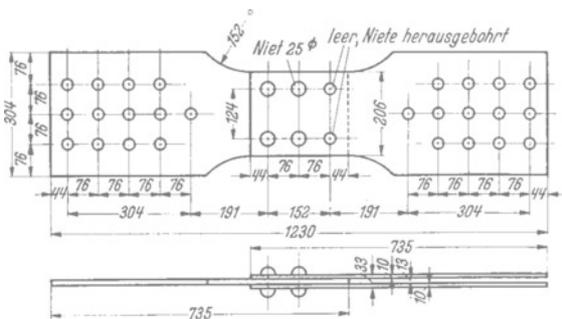


Abb. 60.

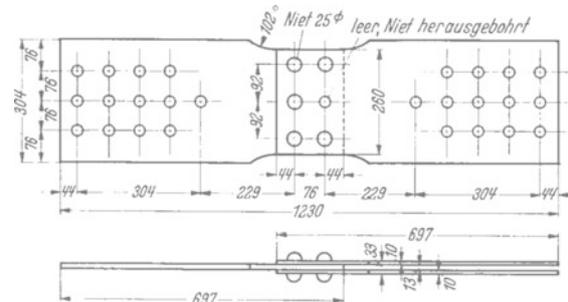


Abb. 61.

Abb. 59 bis 61. Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstands der Nietverbindung bei verschiedener Anordnung der Niete (vier-, drei- und zweireihig).

festigkeit der Nietverbindungen. Bauart der Versuchskörper nach Abb. 61; $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1,4 : 0,44$. Ein Teil der Ergebnisse findet sich in der folgenden Zahlentafel.

¹ Wichtig ist dabei, daß das Gleiten in der Nietverbindung so klein bleibt, daß die Nieten an den Nietlöcherwänden nicht zum Anliegen kommen.

Nietlöcher	Stahl		Ursprungszugfestigkeit	
	Niete	Bleche	Mittelwerte der einzelnen Versuchsreihen kg/mm ²	Mittelwert der Gruppe kg/mm ²
a) Vorgestanzt auf 1/4'' (6,3 mm), dann gebohrt auf 1 1/16'' (27 mm)	Kohlenstoffstahl	Kohlenstoffstahl	18,8	19,9
	Kohlenstoffstahl	Siliziumstahl	21,1	
b) gestanzt auf 1 1/16'' (27 mm) . .	Kohlenstoffstahl	Kohlenstoffstahl	19,8	19,7
	Kohlenstoffstahl	Siliziumstahl	19,6	
c) gebohrt auf 1 1/16'' (27 mm) . .	Kohlenstoffstahl	Kohlenstoffstahl	20,8	19,7
	Kohlenstoffstahl	Siliziumstahl	18,7	

Hiernach war der Einfluß der Art der Herstellung der Nietlöcher unter den geprüften Verhältnissen ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,4:0,44$) und mit den verwendeten Werkstoffen ohne Bedeutung.

k) Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Stahlart auf die Ursprungszugfestigkeit der Nietverbindungen; $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,7$. Zunächst geht

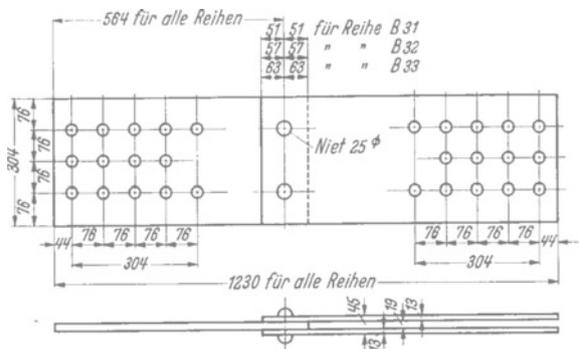


Abb. 62. Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstands der Nietverbindung bei Verwendung verschiedener Stähle (Kohlenstoffstahl, Siliziumstahl, Nickelstahl).

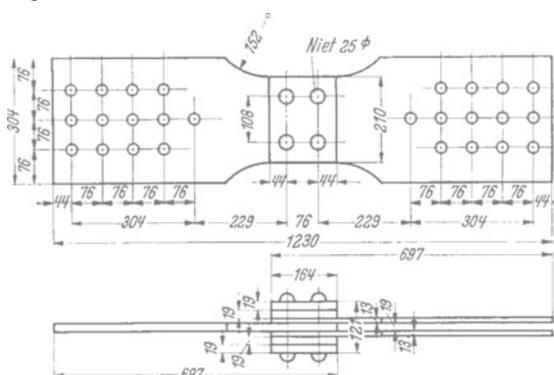


Abb. 63. Versuchskörper zur Bestimmung des Widerstands der Nietverbindung bei verschiedener Größe des Abstandes der Niete von der Stirnfläche der Bleche¹.

aus den Versuchen zu i hervor, daß die Verbindungen mit Blechen aus Siliziumstahl etwa die gleichen Ursprungszugfestigkeiten lieferten wie die Körper mit Kohlenstoffstahl, obwohl die Zugfestigkeit beim Zerreißversuch viel höher lag. Auch dieses Ergebnis steht mit unseren früheren Versuchen im Einklang, vgl. Heft 5, S. 12f., sowie S. 17f.

Die Feststellung veranlaßte die amerikanischen Forscher zu weiteren Versuchen, unter anderem mit Körpern nach Abb. 62. Die Ergebnisse sind in der folgenden Zahlentafel mitgeteilt.

Stahl ²		Ursprungszugfestigkeit kg/mm ²
Blech	Niete	
Kohlenstoffstahl	Kohlenstoffstahl	18,2
Siliziumstahl	Kohlenstoffstahl	18,0
Nickelstahl	Kohlenstoffstahl	18,8
Siliziumstahl	Manganstahl	19,5

Auch hier sind die Ursprungszugfestigkeiten der aus sehr verschiedenen Stählen gefertigten Verbindungen wenig verschieden ausgefallen.

l) Versuche mit Nietverbindungen nach Abb. 63; $\sigma:\sigma_l:\tau = \text{rd. } 1:4,9:2,3$. Bleche und Niete aus Kohlenstoffstahl. Diese Verbindungen unterscheiden sich durch die Größe des Abstandes der Niete von der Stirnfläche der Bleche ($2d$, $2 1/4 d$ und $2 1/2 d$; $d = \text{Nenn Durchmesser der Niete}$).

¹ Hier Endabstand $2 1/4 d$. ² Über die Festigkeiten vgl. unter 2., S. 35.

Für die geprüften Stücke zeigte sich folgendes.

Reihe	Endabstand	Ursprungszugfestigkeit	Zugehöriger Lochleibungsdruck σ_l
B 31	$2d$	9,6	47,0 kg/mm ²
B 32	$2\frac{1}{4}d$	10,4	50,9 kg/mm ²
B 33	$2\frac{1}{2}d$	9,5	46,5 kg/mm ²

Die Größe des noch zulässigen Endabstandes wäre hiernach und nach weiteren Versuchen von Wilson und Thomas kleiner als $2d$, wahrscheinlich noch kleiner als $1,75d$.

m) Versuche zur Ermittlung der Ursprungszugfestigkeit von Flachstäben ohne und mit Bohrung. Die Proben waren im prismatischen Teil 127 mm breit und 19 mm dick. Bohrung mit 29 mm Dmr.

Die Ursprungszugfestigkeit fand sich

	für den Flachstab	ohne Bohrung	mit Bohrung
aus Kohlenstoffstahl zu		21,3	14,9 kg/mm ² ,
aus Siliziumstahl zu		25,2	16,8 kg/mm ² ,
aus Nickelstahl zu		27,8	17,1 kg/mm ² .

Diese Werte sind kleiner als die unter verwandten Verhältnissen von uns festgestellten Mittelwerte, vgl. Heft 5, S. 18.

n) Zusammenfassung der Ergebnisse von Abschnitt III. In Fortsetzung der unter d, S. 37, genannten Feststellungen sei folgendes hervorgehoben.

Verbindungen, deren Verhältnis $\sigma:\sigma_l=1:1,2$ bis $1:2,3$ war, erwiesen sich als gleichwertig, wenn die Verschiebungen so klein blieben, daß der Nietschaft die Lochwand nicht berührte.

Vierreihige Verbindungen ertrugen kleinere Schwingweiten als dreireihige, und diese kleinere als zweireihige.

Die Art der Herstellung der Nietlöcher blieb unter den gewählten Umständen ohne Einfluß auf die Ursprungszugfestigkeit.

Die verwendeten sehr verschiedenen Baustähle lieferten in den Nietverbindungen nur kleine Unterschiede der Ursprungszugfestigkeit.

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die im vorliegenden Bericht niedergelegten Beobachtungen lassen für die Verhältnisse, die durch die Versuche erfaßt sind, folgendes erkennen¹.

1. Klemmspannungen.

a) Die höchsten Klemmspannungen fanden sich nach dem Nieten mit einer Kniehebelpresse. Vgl. unter II A 4, S. 18, sowie Abb. 22, Linienzug VI. Die Klemmspannungen der nebeneinander eingebrachten Niete unterschieden sich bei diesem Versuch nur wenig.

b) Etwas kleinere Klemmspannungen traten auf, wenn die gewöhnliche Lufthammer-nietung angewandt wurde und wenn die Niete vor dem Einbringen hohe Temperaturen aufwiesen. Die Nietzeit war dabei 13 bis 15 sec. Vgl. unter II A 4, S. 18, sowie Abb. 22, Linienzug I.

c) Bei Beschränkung der Niettemperatur wurden die Klemmspannungen kleiner als wenn die Niete beim Einbringen über die ganze Länge möglichst hohe Temperaturen aufwiesen, also beim Einbringen durchweg weißglühend waren. Vgl. II B 4, S. 23, sowie Abb. 29, Linienzüge III und IV.

¹ Soweit nicht besonders hervorgehoben, sind die Nietverbindungen aus Blechen St 52 und Nieten St 44 gefertigt worden.

d) Bei kurzer Nietzeit (6 bis 12 sec) wurden die Klemmspannungen höher als bei langer Nietzeit, je bei hoher Niettemperatur. Beispielsweise fand sich bei den unter II B 4, S. 23, genannten Versuchen, daß bei einer Nietzeit von 40 sec erheblich kleinere Klemmspannungen entstanden als bei einer Nietzeit von 10 sec¹. Nach langer Nietzeit entstanden überdies sehr verschieden große Klemmspannungen. Nach den unter II C 4, S. 28, genannten Versuchen genügt unter den gewählten Verhältnissen (Nietdurchmesser 22 mm, Klemmlänge rd. 100 mm) eine Nietzeit von 6 bis 7 sec, wenn die Niete mit hoher Temperatur eingesetzt wird. Es zeigte sich wiederholt, daß die Niete zur Erlangung hoher Klemmspannungen mit möglichst hoher Niettemperatur einzusetzen und nur so lange zu schlagen sind, bis der Schließkopf fertig ist.

e) Wenn die Niete vor der Herstellung des Nietkopfes vorgestaucht wurden, wie dies unter II A, S. 16, unter II C, S. 27, und unter II D, S. 31, angegeben ist, wurden die Klemmspannungen der Niete mit rd. 100 mm Klemmlänge kleiner als wenn die Niete in gewöhnlicher Weise ohne Vorstauchen fertig gemacht wurden. Überdies waren die Klemmspannungen in den vorgestauchten Nietten bei 2 Versuchsreihen unregelmäßiger als in den nicht vorgestauchten, vgl. II A 4, S. 18, sowie Abb. 22, Linienzüge zu Nietverfahren I, III und IV, ferner unter II C 4, S. 28 und Abb. 35, Linienzüge A und D. Dieser Unterschied ist bei Nietten mit 213 mm Klemmlänge nicht aufgetreten, vgl. unter II D, S. 32, sowie Abb. 41, Linienzüge zu Nietverfahren I und IV.

f) Bei Erwärmung im Koksfeuer entstand klebender Zunder, der beim Bürsten nicht völlig zu beseitigen war; dessen Reste wurden beim Einschieben der Niete in enge Bohrungen abgestreift; sie sammelten sich dann zum Teil unter dem Setzkopf. Damit wurde die Klemmspannung beeinträchtigt. Vgl. in Abb. 35 die mit Kreisen bezeichneten Werte, die zu Nietten gehören, die unter dem Setzkopf Zunder hatten. Nach Erwärmung im Holzkohlenfeuer wurden diese Mängel vermieden. Vgl. auch unter B 4, S. 23.

2. Änderungen der Lochdurchmesser und der Schaftdurchmesser der Niete beim Nietten. Spielraum zwischen Lochdurchmesser und Schaftdurchmesser.

a) Die Nietlochdurchmesser (festgestellt nach dem Zerlegen der Nietverbindung) waren nach dem Nietten kleiner als vor dem Nietten; vgl. die in Abb. 23 bis 25, 30 bis 32 und 36 bis 38 jeweils am weitesten links gezeichneten Linienzüge. Die Verringerung der Nietlochdurchmesser war in der Regel nahe dem Schließkopf am größten (bei Nietung mit der Presse bis rd. 0,2 mm, bei Nietung mit dem Preßlufthammer unter 0,10 mm), nahe dem Setzkopf kleiner, im übrigen rd. 0,01 mm².

b) Die Zunahme der Nietschaftdurchmesser durch das Nietten ist in Abb. 23 bis 26, 30 bis 32, 36 bis 38 und 45 durch Linienzüge ausführlich wiedergegeben. Bei den rd. 100 mm langen Nietschaften (als Rohnieten eingebracht) zeigte sich eine vom Setzkopf zum Schließkopf wachsende Zunahme der Nietschaftdurchmesser, derart, daß der fertiggeschlagene Niet in der Regel nahezu zylindrisch war. Bei den rd. 213 mm langen Nietschaften, die als Rohniete eingezogen waren, blieb der Nietschaftdurchmesser der geschlagenen Niete in rd. 70 mm Abstand vom Setzkopf erheblich kleiner als nahe den Nietköpfen; vgl. Abb. 42 bis 45. Mit zylindrisch gedrehten Nietten, vgl. Abb. 24, 26 und 45, war die Zunahme der Schaftdurchmesser kleiner und über die Schaftlänge gleichmäßiger als mit den Rohnieten, weil der Spielraum zwischen Nietschaft und Nietloch von vornherein besonders klein gewählt war.

c) Der Spielraum zwischen der Nietlochwand (gemessen nach der Entnahme der Niete) und dem zugehörigen geschlagenen Niet ist in Abb. 23 bis 26, 30 bis 32, 36 bis 38 und 42 bis 44 durch den Abstand der Linienzüge für den Nietlochdurchmesser und für den

¹ Vgl. auch Wellinger: Die bei der Herstellung von Nietverbindungen in der Niete entstehenden Spannungen usf., S. 25. Diss. Stuttgart 1931.

² Dabei ist zu beachten, daß die Meßstellen in halber Höhe der Flachstähe lagen, also nicht an der Lochmündung.

Schaftdurchmesser erkennbar¹. In Abb. 45 ist der Spielraum unmittelbar gezeichnet. Der Unterschied des Nietlochdurchmessers und des Schaftdurchmessers betrug bei den rd. 100 mm langen Nieten von rd. 23 mm Dmr.

nach Abb. 26	rd. 0,2 bis rd. 0,5 mm,
nach Abb. 32	rd. 0,2 bis rd. 0,5 mm,
nach Abb. 38	rd. 0,15 bis rd. 0,45 mm,

und bei den 213 mm langen Nieten von rd. 26 mm Dmr.

nach Abb. 45 rd. 0,2 bis rd. 1,0 mm.

d) Der Spielraum zwischen der Nietlochwand und dem Nietschaft ist besonders klein geworden.

α) nach Abb. 26 (Klemmlänge rd. 100 mm) bei Nieten, die unter Verwendung einer Stauchzange vorgestaucht wurden, ferner bei zylindrisch gedrehten Nieten, die von vornherein mit einem tunlichst kleinen Spielraum eingebracht waren, dann bei besonders ausgesuchten Rohnieten mit möglichst großem Schaftdurchmesser,

β) nach Abb. 32 (Klemmlänge rd. 100 mm) bei Nieten, die im Koksfeuer erwärmt und die mit möglichst hoher Temperatur während 10 sec geschlagen waren (Probekörper I),

γ) nach Abb. 38 (Klemmlänge rd. 100 mm) bei Nieten, die mit hoher Niettemperatur während 11 oder 18 sec geschlagen waren oder die — bei ungefähr gleichem Zeitaufwand — vorgestaucht und dann geschlagen waren,

δ) nach Abb. 45 (Klemmlänge 213 mm) bei zylindrisch gedrehten Nieten, die mit möglichst kleinem Spielraum eingesetzt waren.

e) Wenn bei langen Nieten über die ganze Klemmlänge (bei unseren Versuchen 213 mm) ein möglichst kleiner Spielraum zwischen Nietlochwand und Nietschaft entstehen soll, ist es angezeigt, die Nietschäfte zylindrisch zu drehen und von vornherein mit möglichst kleinem Spielraum einzubringen². Die Niete ist dabei mit möglichst hoher Temperatur (Nietschaft hellgelb, Nietende weißglühend), während etwa 10 bis 15 sec zu schlagen³. Durch Vorstauchen der Niete mit dem Stauchhammer ist die Lochfüllung nur unerheblich geändert worden. Weitaus am besten war die Lochfüllung bei Verwendung gedrehter Niete, die mit hoher Temperatur geschlagen wurden.

Ähnliche Bedingungen fanden sich mit kürzeren Nieten von rd. 100 mm Schaftlänge. Hier ist die Lochfüllung gegenüber der Nietung mit dem Preßlufthammer durch Vorstauchen verbessert worden; die beste Lochfüllung entstand — abgesehen von der Verwendung gedrehter Niete — nach dem Vorstauchen mit der Stauchzange.

3. Widerstandsfähigkeit der Nietverbindungen gegen oftmals wiederholte Belastung.

(Fortsetzung der Feststellungen in Heft 5, S. 49 bis 51.)

a) Wie früher war die Schwingweite, die beim oftmaligen Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten ertragen wurde, erheblich größer, als wenn Ursprungszuglasten wirkten. Vgl.

¹ Während des Schlagens der warmen Niete ist der Spielraum kleiner, weil der Niet anfänglich eine viel höhere Temperatur besitzt als das Blech. Ferner wird der Niet beim Abkühlen bleibend gereckt.

² Bei unseren Versuchen betrug der Unterschied der beiden Durchmesser 0,5 mm. Dieser kleine Unterschied ist nur angängig, wenn die Nietlöcher und die Nietschäfte sauber bearbeitet werden, und wenn die Durchmesser mit kleinen Toleranzen gewährleistet werden. Unter praktischen Verhältnissen kann der Unterschied der beiden Durchmesser wahrscheinlich etwas größer gewählt werden. Die Grenzmaße, die dabei einzuhalten sind, wenn die Lochfüllung stets so gut wie bei unseren Versuchen werden soll, müssen noch festgestellt werden. Vorläufig ist anzunehmen, daß bei Nieten mit 26 mm Dmr. ein Unterschied von höchstens 0,8 mm eingehalten werden muß.

³ Dabei ist das unter 1 d Gesagte zu beachten, wonach bei rd. 10 sec die höchsten Klemmspannungen entstanden.

unter I A 4 c, I B 3 d und III 3 e. Die Schwingweite, die 500 000mal ertragen wurde, betrug

bei Verbindungen	in Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten	mit Ursprungszuglasten
nach Abb. 3 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$)	26	20 kg/mm ² ,
nach Abb. 4 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$)	21	17 kg/mm ² ,
sodann bei Verbindungen		
nach Abb. 13 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:0,6$)	23	21,5 kg/mm ² ,
nach Abb. 15 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:0,8$)	24,5	—
nach Abb. 14 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:1,0$)	24	18,5 kg/mm ² .

b) Die Verbindungen nach Abb. 3 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$) waren hiernach erheblich widerstandsfähiger als die Verbindungen nach Abb. 4 ($\sigma:\sigma_l:\tau = 1:2,5:0,8$).

c) Weiter zeigen die Zahlenreihen unter a, daß sich die Verbindungen nach Abb. 14, in denen $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:1,0$ war, ebenso widerstandsfähig erwiesen als die Verbindungen nach Abb. 13, die mit $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:0,6$ gebaut waren, wenn es sich um die Tragfähigkeit beim Wechsel zwischen Zug- und Drucklasten handelte. Bei Ursprungsbelastung blieb die Schwingweite bei $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:1,0$ um rd. $\frac{1}{7}$ kleiner als bei $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,9:0,6$.

d) Die Zerstörung der Nietverbindungen nach Abb. 3 und 4, sowie nach Abb. 13 bis 15 erfolgte in allen Fällen durch den Bruch des Mittelbleches an einer äußeren Nietreihe, vgl. Abb. 10 bei c oder Abb. 16 und 17. Außerdem sind Nieten gebrochen, vgl. Abb. 10 und 18b, oder es sind am Setzkopf und Schließkopf Anrisse festgestellt worden, vgl. Abb. 11, 12, 18a und 18b. Hiernach ist die Biegefestigkeit der Nieten unter den gewählten Verhältnissen (oftmalige Beanspruchung der Nietverbindung durch Zug- und Drucklasten: $\sigma:\sigma_l:\tau = 1:1,5:0,8$ und $1:1,9:1,0$) erschöpft oder nahezu erschöpft worden.

Aus den Versuchen von Wilson und Thomas ist noch folgendes wichtig.

e) Nietverbindungen aus amerikanischen Stählen lieferten bei sehr verschiedenen Zugfestigkeiten nur wenig verschiedene Ursprungsfestigkeiten, vgl. unter III 2, 3i und 3k. Die Grenzwerte betragen 18,0 und 21,1 kg/mm²; sie liegen im Bereich unserer früheren Versuche. Vgl. dazu III, 3m.

f) Die Tragkraft von Bolzenverbindungen ist durch Steigerung der Klemmkraft wesentlich erhöht worden, vgl. unter III, 3b, sowie dazu Heft 5, Abschnitt V.

g) Die Tragkraft vierreihiger Nietverbindungen nach Abb. 59 fand sich kleiner als die Tragkraft zweireihiger Verbindungen nach Abb. 60 und 61. Vgl. unter III, 3h¹.

h) Die Art der Herstellung der Nietlöcher (gestanzt, gebohrt) blieb mit den verwendeten Werkstoffen ohne Einfluß auf die Tragkraft, vgl. unter III, 3i.

¹ Hierzu sei an zugehörige, in Heft 5 beschriebene Versuche erinnert. Körper nach Abb. 64 brachen bei oftmals wiederholter Zugbelastung an der Einspannung im Mittelblech beim Niet 7, obwohl die hier auftretende mittlere Zuganstrengung erheblich unter der mittleren Zuganstrengung der zu prüfenden dreireihigen Verbindung lag. Beispielsweise betrug die Anstrengung des Probekörpers A 3 f im Bruchquerschnitt bei der Niete 7 22,3 kg/mm², in der dreireihigen Verbindung 25,3 kg/mm². Abb. 65 zeigt den Zustand des Mittelbleches unter den Einspannlaschen der Probekörper A 3 c nach dem Zerreißversuch. Hier ist eine bedeutende Verformung des Nietloches zum Niet 7 und des Niets 7 zu erkennen. Schließlich sei auf Abb. 66 verwiesen, die aufmerksam macht, wie das Mittelblech, ausgehend vom Niet 7, an der rechnerisch mäßig beanspruchten Einspannung gebrochen ist.

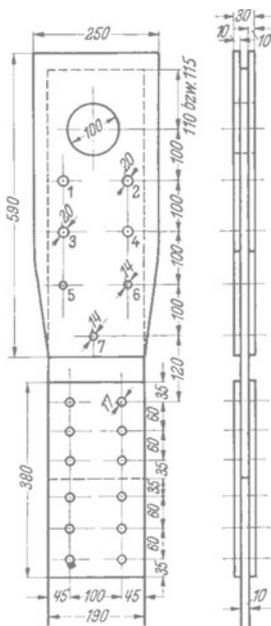


Abb. 64. Versuchskörper mit vierreihiger Nietverbindung in den Einspannteilen.

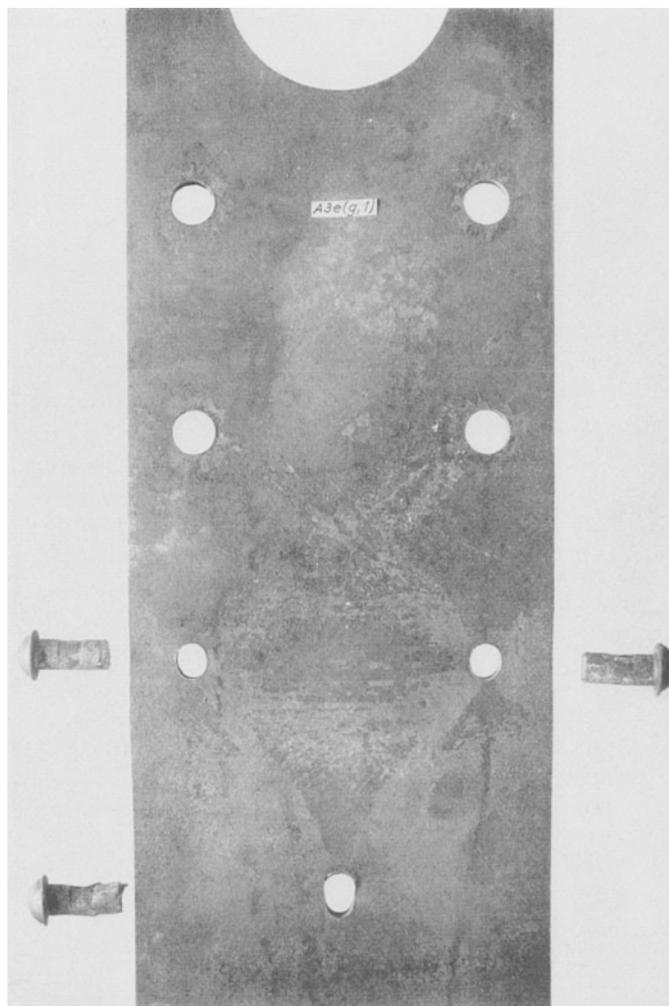


Abb. 65. Mittelblech unter den Einspannlaschen der Nietverbindung A 3 e (g, 1) nach dem Zerreißversuch.
Vgl. Heft 5, S. 4.

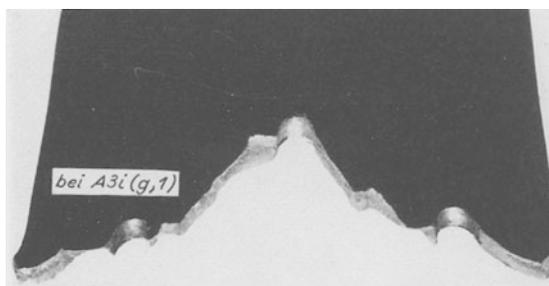


Abb. 66. Mittelblech unter den Einspannlaschen der Nietverbindung A 3 i (g, 1) nach dem Zerreißversuch.
Vgl. Heft 5, S. 4.

Rahmentragwerke und Durchlaufträger. Von Dozent Dr.-Ing. **Richard Guldán**, Prag. Mit 307 Textabbildungen und 54 Tafeln. XI, 271 Seiten. 1940. (Verlag von Julius Springer-Wien.) RM 36.—; gebunden RM 37.80

Rahmen und Balken. Eine vollständige, leichtfaßliche Entwicklung gebrauchsfertiger Rahmenformeln auf rechnerischer Grundlage für 23 verschiedene Rahmenformen. Von Bauingenieur **Jürgen Staack**, Hamburg. Mit Formeln für die Berechnung von Balken auf 2 bis 6 Stützen mit freien und mit eingespannten Endauflagern nebst einem Anhang mit Durchbiegungsformeln, Bemessungstabellen für Eisenbeton und Tabellen über Pfahlrammungen. Mit mehr als 1000 Rahmen- und über 300 Balken-Belastungsfällen sowie 448 Abbildungen. VIII, 281 Seiten. 1931. RM 17.10; gebunden RM 18.—

Statik der Tragwerke. Von Professor Dr.-Ing. **Walther Kaufmann**, Hannover. Zweite ergänzte und verbesserte Auflage. (Handbibliothek für Bauingenieure, IV. Teil, Bd. I.) Mit 368 Textabbildungen. VIII, 322 Seiten. 1930. Gebunden RM 17.55

Die Statik des ebenen Tragwerkes. Von Professor **Martin Grüning**, Hannover. Mit 434 Textabbildungen. VII, 706 Seiten. 1925. Gebunden RM 24.—

Trägheits- und Widerstandsmomente von Blechträgern. Träger mit und ohne Gurtplatten. Hilfstabeln. Von Dipl.-Ing. **P. Krugmann**. X, 149 Seiten. 1932. Gebunden RM 27.—

Spannungskurven in rechteckigen und keilförmigen Trägern. Theorie und Versuch über Spannungsverteilung als Scheibenproblem mit besonderer Berücksichtigung der lokalen Störung. Von Professor **Akira Miura**, Kioto. Mit 142 Abbildungen im Text und auf 6 Tafeln. V, 111 Seiten. 1928. RM 9.90

Die Festigkeit von Druckstäben aus Stahl. Von Priv.-Doz. Dr. techn. Ing. **Karl Ježek**, Wien. Mit 120 Textabbildungen und 15 Zahlentafeln. VIII, 252 Seiten. 1937. (Verlag von Julius Springer-Wien.) RM 27.—; gebunden RM 28.80

Versuche an Eisenbetonbalken unter ruhenden und herabfallenden Lasten. Von Professor Dr.-Ing. **Rudolf Saliger** und Dr.-Ing. **Ernst Bittner**, Wien. Mit 50 Abbildungen und 25 Tafeln. V, 79 Seiten. 1936. (Verlag von Julius Springer-Wien.) RM 12.—

Statik und Dynamik der Schalen. Von Priv.-Doz. Dr.-Ing. **Wilhelm Flüge**, Göttingen. Mit 98 Textabbildungen. VII, 240 Seiten. 1934. Gebunden RM 22.50

Der Stahlskelettbau mit Berücksichtigung der Hoch- und Turmhäuser. Vom konstruktiven Standpunkte behandelt für Ingenieure und Architekten von Professor Dr.-Ing. Alfred Hawranek, Brünn. Mit 458 Textabbildungen. VIII, 286 Seiten. 1931.
Gebunden RM 34.20

Stahl im Hochbau. Taschenbuch für Entwurf, Berechnung und Ausführung von Stahlbauten. Mit Unterstützung durch den Stahlwerks-Verband Aktiengesellschaft, Düsseldorf, und Deutschen Stahlbau-Verband, Berlin, herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik, Düsseldorf. Zehnte Auflage. Mit über 2000 Textabbildungen. XXII, 774 Seiten. 1938. Berichtigter Neudruck 1940. (Gemeinsam mit Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf.)
Gebunden RM 12.—

Handbuch des Hochbaues. Berechnung, Durchbildung und Ausführung. Von Ingenieur Robert Schindler. Mit 906 Textabbildungen und 52 Zahlentafeln. XII, 709 Seiten. 1932. (Verlag von Julius Springer-Wien.)
Gebunden RM 39.—

Der Hochbau. Eine Enzyklopädie der Baustoffe und der Baukonstruktionen. Von Professor Dr. techn. Silvio Mohr, Wien. Mit 298 Textabbildungen. VIII, 313 Seiten. 1936. (Verlag von Julius Springer-Wien.)
Gebunden RM 16.—

Bewegliche Brücken. Berechnung und Konstruktion. Von Professor Dr.-Ing. Alfred Hawranek, Brünn. Mit 412 Textabbildungen und 15 Tafeln. XII, 298 Seiten. 1936.
Gebunden RM 48.—

Theorie und Berechnung vollwandiger Bogenträger bei Berücksichtigung des Einflusses der Systemverformung. Von Dr.-Ing. Bernhard Fritz. Mit 75 Textabbildungen. VI, 143 Seiten. 1934.
RM 12.—

Die Methode der Festpunkte zur Berechnung der statisch unbestimmten Konstruktionen mit zahlreichen Beispielen aus der Praxis, insbesondere ausgeführten Eisenbetontragwerken. Von Dr.-Ing. Ernst Suter †. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage, bearbeitet von Dipl.-Ing. O. Baumann und Dipl.-Ing. F. Häusler. In zwei Bänden. Mit 656 Figuren im Text und auf 19 Tafeln. XIV, 421 und 340 Seiten. 1932.
Gebunden RM 69.—

Die Gelenkmethode. Ein Verfahren zur Ermittlung statisch unbestimmter Größen und deren Einflußlinien. Von Dr. sc. techn. Sayed Abd El-Wahed, Ingenieur der ägyptischen Staatseisenbahnen. Mit 44 Abbildungen im Text. V, 46 Seiten. 1931.
RM 4.50

Technische Statik. Ein Lehrbuch zur Einführung ins technische Denken. Von Professor Dipl.-Ing. D. Dr. phil. Wilhelm Schlink, Darmstadt. Unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Heinrich Dietz, Darmstadt. Mit 463 Abbildungen im Text. IX, 386 Seiten. 1939.
RM 27.60; gebunden RM 29.40
