

Verein deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken
(Deutscher Eisenbauverband)

Berichte des Ausschusses
für
Versuche im Eisenbau
Ausgabe A
Heft 1

Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von
Zugstäben und die Spannungsverteilung in ihnen.

Nach Versuchen im Königlichen Materialprüfungsamt
zu Berlin-Lichterfelde.

Berichtersteller:

Geheimer Regierungsrat Professor Max Rudeloff

Mit 30 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1915

Berichte des Ausschusses für Versuche im Eisenbau.

Herausgegeben vom
Verein deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken (Deutscher Eisenbauverband).

Zur Einführung.

In den „Berichten über Versuche im Eisenbau“ will der Verein deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken (künftig Deutscher Eisenbauverband) die Ergebnisse der für ihn im Kgl. Materialprüfungsamt in Berlin-Lichterfelde ausgeführten und künftig noch in größerem Umfange auszuführenden Versuche auf dem Gebiete des gesamten Eisenbaues der Öffentlichkeit bekanntgeben.

Die Veröffentlichungen geschehen im Namen des „Ausschusses für Versuche im Eisenbau“, der auch die Versuche selbst beschließt und überwacht. Es erscheinen zwei Arten von Berichten, die je in sich fortlaufend numeriert werden:

1. **Hefte A**, in denen die Anordnung, die Durchführung und die unmittelbaren zahlenmäßigen Ergebnisse der Versuche besprochen und mitgeteilt werden.

2. **Hefte B**, die die weitere Bearbeitung und Auswertung der Versuchsergebnisse, sowie die daraus zu ziehenden Folgerungen und etwaige Bauregeln für die Praxis enthalten.

Dem verschiedenen Inhalte der beiden Arten von Heften wird auch ein verschiedenes Format entsprechen, das für die Hefte B eine besondere Handlichkeit anstrebt.

Bisher sind erschienen:

Ausgabe A, Heft 1:

Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben und die Spannungsverteilung in ihnen.

Nach Versuchen im Königlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde.

Berichterstatter: Geh. Regierungsrat Professor **Max Rudeloff**.

Mit 30 Textfiguren. IV u. 65 Seiten, 4^o. Preis M. 3.60.—.

Ausgabe B, Heft 1:

Zur Einführung — Bisherige Versuche.

Berichterstatter: Reg.-Baumeister a. D. Dr.-Ing. **F. Kögler**.

Mit 26 Figuren. IV u. 56 Seiten, 8^o. Preis M. 1.60.

Verein deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken
(Deutscher Eisenbauverband)

Berichte des Ausschusses
für
Versuche im Eisenbau
Ausgabe A

Heft 1

Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von
Zugstäben und die Spannungsverteilung in ihnen.

Nach Versuchen im Königlichen Materialprüfungsamt
zu Berlin-Lichterfelde.

Berichterstatter:

Geheimer Regierungsrat Professor Max Rudeloff

Mit 30 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1915

ISBN 978-3-662-24331-2
DOI 10.1007/978-3-662-26448-5

ISBN 978-3-662-26448-5 (eBook)

Ausschuß für Versuche im Eisenbau:

Dr.-Ing. C. von Bach, Staatsrat, Professor, Stuttgart.
Dr.-Ing. Bohny, Direktor, Sterkrade i. Rhld.
Böllinger, Direktor, Gustavsburg.
Burkhardt, Marineschiffbaumeister, Berlin.
Dr.-Ing. Carstanjen, Reg.-Baumeister a. D., Direktor, Gustavsburg.
Dipl.-Ing. Fischmann, Oberingenieur, Düsseldorf.
Dr.-Ing. Kögler, Reg.-Baumeister a. D., Privatdozent, Berlin.
Labes, Geheimer Baurat, Vortragender Rat, Berlin.
Dr.-Ing. Müller-Breslau, Geh. Reg.-Rat, Professor, M. d. H., Berlin.
Dr.-Ing. Reusch, Kommerzienrat, Generaldirektor, Oberhausen.
Rudeloff, Geh. Reg.-Rat, Professor, Berlin-Lichterfelde.
Schaper, Regierungs- und Baurat, Stettin.
Schnapp, Geheimer Baurat, Berlin-Schöneberg.
Dr.-Ing. Dr. Zimmermann, Wirkl. Geh. Oberbaurat a. D., Berlin.

Frühere Mitglieder:

† Dr.-Ing. Seifert, Kgl. Baurat, Duisburg, ehem. Vors.
† Dr.-Ing. Martens, Geh. Oberreg.-Rat, Professor, Berlin-Lichterfelde.
Dr.-Ing. Hüllmann, Geh. Marineoberbaurat, Berlin (ausgeschieden).

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung. Versuchsreihe I—III	3
1. Einfluß etwaiger Verbiegungen des Stabes auf dessen Dehnung. Versuchsreihe IV	8
2. Bestimmung der Reichweite des Einflusses der Nietlöcher auf die Dehnung an den Stabrändern. Versuchsreihe V	9
3. Einfluß der aufgenieteten Platten auf die Dehnung. Versuchsreihe VI	12
4. Ermittlung der Dehnungen in verschiedenen Schichten der Stabbreite. Versuchsreihe VII	14
II. Die Verteilung der Zugspannungen in dem Stabteil außerhalb der Nietlöcher	21
1. Ermittlung der Längsdehnungen ε_1 für die Längeneinheit	22
2. Ermittlung der Querdehnungen ε_2 für die Längeneinheit	24
3. Ermittlung der Zugspannungen aus den Längsdehnungen	26
4. Ermittlung der Zugspannungen aus den Längs- und Querdehnungen	28
III. Zusammenfassung der Ergebnisse	30

Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben und die Spannungsverteilung in ihnen.

Von Professor **M. Rudeloff.**

Die Veranlassung zur Ausführung der im nachfolgenden besprochenen Untersuchungen gab mir ein Prüfungsantrag des Vereins deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken, betreffend die Prüfung von Stoßdeckungen auf Zugfestigkeit. Um bei dieser Prüfung ermitteln zu können, welche Anteile der äußeren Zugkräfte von den einzelnen Teilen der Stoßkonstruktionen aufgenommen bzw. wie die Zugkräfte von einem Teil zum anderen übertragen werden, sind die Dehnungen der einzelnen Konstruktionsteile (Platten und Laschen) an deren Rändern innerhalb verschiedener Strecken zu messen und aus den Dehnungen innerhalb der Proportionalitätsgrenze die zugehörigen Zugkräfte zu berechnen. Hierzu ist es aber erforderlich, zunächst zu wissen, in welchem Grade die Dehnungen infolge örtlicher Querschnittsschwächung durch die Nietlöcher tatsächlich beeinflußt werden, d. h. ob die Belastung auch bei einem gelochten Stabe innerhalb der Proportionalitätsgrenze aus der Dehnung und der Dehnungszahl des Materials berechnet werden kann und welcher Materialverlust durch das Nietloch hierbei in Anrechnung zu bringen ist. Diese Frage war in Reihe A durch Belastungsversuche an einem hinreichend breiten Flachstabe zu lösen, der innerhalb der Versuchslänge mit Nietlöchern versehen war. Um hierbei zugleich festzustellen, welchen Einfluß die bei den Stoßdeckungen in die Löcher eingezogenen Niete auf die Stabdehnungen haben, waren die Versuche sowohl bei offenen Nietlöchern als auch nach Ausfüllung der Löcher durch in üblicher Weise warm eingezogene Niete durchzuführen.

Zur vollständigen Klärung der oben aufgeworfenen Frage blieb zu beachten, daß bei den Stoßdeckungen, wie bei den Nietverbindungen überhaupt, die Wirkung der Zugkräfte insofern von derjenigen bei einem durchgehenden an den Enden belasteten Stabe sich unterscheidet, als die Kraftübertragung bei geringen Belastungen durch Reibung zwischen den vernieteten Teilen der Konstruktion erfolgt und, nachdem die Reibung überwunden ist, bei höheren Belastungen durch einseitigen Leibungsdruck zwischen den Lochwandungen und Nieten. Auch hierüber sind Versuche eingeleitet. Sie sind indessen noch nicht zum Abschluß gebracht. Hier sollen daher zunächst die Ergebnisse der Versuche aus Reihe A mitgeteilt werden.

Herr Geheimrat Zimmermann führt in seinem Aufsatz¹⁾: „Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben“, aus, daß diesem Einfluß „in einfachster Weise für die Anwendung genau genug“ Rechnung getragen werde, wenn man statt der kreisrunden Löcher vom Durchmesser d rechteckige Löcher der Länge d und der Breite $n d$ ($n = 0,8$) in die Rechnung einsetzt. Er hebt hierbei ausdrücklich hervor, daß bei seiner Ableitung vorausgesetzt sei, „daß neben den runden Löchern die Spannungen gleichmäßig über den Stabquerschnitt verteilt und daß diese Spannungen reine Zugspannungen seien, was natürlich in Wirklichkeit nicht streng der Fall ist“. Da aus den Veröffentlichungen von Leon¹⁾ inzwischen bekannt war, daß die vorgenannte Voraussetzung nicht zutrifft, so war zunächst nachzuprüfen, inwieweit die Zahl $n = 0,8$ in Wirklichkeit Gültigkeit hat und wie sie sich durch das Einziehen der Niete ändert.

Der erforderliche Probestab ist von dem Verein Deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

In Fig. 1 bezeichne:

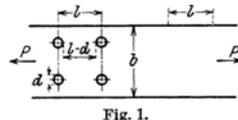
b die Breite des Flachstabes,

a seine Dicke,

$F = a \cdot b$ seinen vollen Querschnitt,

l den Abstand, gemessen in der Längsrichtung des Stabes, zwischen den Mitten der Nieten,

d den Durchmesser der Nietlöcher.



Bestimmt man nun für dieselben Belastungen P die Dehnungen λ_x für die Länge l von Mitte bis Mitte Niet und λ_y am vollen Blech für die gleiche Länge l , und nimmt man an, daß das Material innerhalb der beiden Meßstrecken die gleiche Dehnungszahl α besitzt, so ist

$$(1) \quad \lambda_y = \sigma \cdot l \cdot \alpha = \frac{P}{F} \cdot l \cdot \alpha,$$

demnach

$$(2) \quad \alpha = \frac{\lambda_y}{l} \cdot \frac{F}{P}.$$

Unter der Annahme von Zimmermann, daß die Spannungen neben den runden Löchern gleichmäßig über den Stabquerschnitt verteilt sind, berechnet sich die Dehnung λ_{l-d} für den vollen Stabteil zwischen den Nietlöchern mit der Länge $= l - d$ zu

$$(3) \quad \lambda_{l-d} = \sigma \cdot (l - d) \cdot \alpha = \frac{\lambda_y}{l} \cdot (l - d)$$

und die Dehnung λ_d für eine Stablänge gleich dem Nietlochdurchmesser d zu

$$\lambda_d = \sigma_1 \cdot d \cdot \alpha.$$

¹⁾ Z. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 2011. Ausführlicher im Zentralbl. d. Bauverw. 1881, S. 248, 249. Die dort angestellte Berechnung ergibt n als Funktion des Nietverschwächungsverhältnisses, aber wenig veränderlich, im Durchschnitt $= 0,8$. Meine Versuche sind Anfang 1911 begonnen. Die älteren rechnerischen und experimentellen Untersuchungen von Leon (s. Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1908, Heft 9, 29, 43 u. 44; Mittel a. d. mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule in Wien 1908, Nr. 1 u. 3; Armiertes Beton 1909, Nr. 9 u. 10) kommen hier nicht in Betracht, da sie sich lediglich auf die Verteilung der Spannungen in dem durch die Nietlöcher oder sonstige Unterbrechungen am meisten geschwächten Querschnitt erstrecken, nicht aber auf die Dehnungen innerhalb Meßlängen von verschiedener Größe und verschiedener Lage zu den Querschnitten mit den Löchern.

Nun ist

$$\sigma_1 = \frac{P}{f} = \frac{P}{a \cdot (b - 2 \cdot d \cdot n)},$$

also

$$\lambda_d = \frac{P \cdot d \cdot \alpha}{a \cdot (b - 2 \cdot d \cdot n)}$$

und

$$b - 2 \cdot d \cdot n = \frac{P \cdot d \cdot \alpha}{a \cdot \lambda_d},$$

also

$$n = \frac{b}{2 \cdot d} - \frac{P \cdot d \cdot \alpha}{2 \cdot d \cdot a \cdot \lambda_d}.$$

Setzt man in diese Gleichung ein:

den Wert für α nach Gl. (2).

$$F = a \cdot b \quad \text{und}$$

$$\lambda_d = \lambda_x - \lambda_{l-d} = \lambda_x - \frac{\lambda_y}{l} (l - d),$$

so ergibt sich

$$(4) \quad n = \frac{b}{2d} \left(1 - \frac{\lambda_y \cdot d}{l \cdot \lambda_x - \lambda_y \cdot (l - d)} \right).$$

Aus dieser Gleichung ist nach Bestimmung von λ_x und λ_y durch den Versuch der wahre Wert von n zu berechnen.

Der zum Versuch verwendete Probstab (Fig. 2) aus Flußeisenblech hatte 1980 mm Gesamtlänge und 12,2 mm Dicke. Innerhalb der Versuchslänge betrug die Breite des Stabes 230 mm.

Im Abstände von 50 mm vom Rande waren je 6 Nietlöcher in zwei Reihen angeordnet; der Durchmesser der Nietlöcher betrug 23 mm, der Abstand l der Löcher in der Längsrichtung des Stabes voneinander 100 mm¹⁾. Je drei hintereinander gelegene Löcher jeder Reihe blieben ohne Niet;

in die anderen je 3 Löcher waren Niete eingezogen unter Verwendung von Unterlagsblechen mit 80 × 80 mm Kantenlänge unter die Schließköpfe.

Die Einspannung der Stabenden in die Festigkeitsprobiermaschine, Bauart Werder, erfolgte mit je einem Bolzen von 70 mm Durchmesser. Diese Einspannweise war gewählt, um möglichst zentrische Zugbeanspruchung zu erzielen.

I. Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung.

Die Untersuchungen sollten sich zunächst nur auf die elastischen Dehnungen des Stabes erstrecken. Um nun ganz sicher zu sein, daß der Stab keine bleibende

¹⁾ Diese Abmessungen und Nietlochanordnungen sind die gleichen wie bei den S. 1 genannten Stoßdeckungen. Sie waren gewählt, um die Versuchsergebnisse später unmittelbar auf die Versuche mit den Stoßdeckungen übertragen zu können.

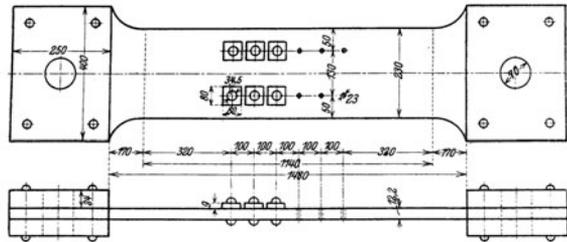


Fig. 2. Abmessungen des Probstabes.

4 Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben und die Spannungsverteilung.

Dehnungen erlitt, wurde als höchste Belastung 20 t, entsprechend der Zugspannung von 891 kg/qcm, bezogen auf den schwächsten Stabquerschnitt, angewendet. Die Belastung wurde, mit 1000 kg als Nullast beginnend, stufenweise auf 5, 10, 15 und 20 t gesteigert und die Dehnung für verschiedene Meßlängen mit Martensschen Spiegelapparaten in $\frac{1}{10000}$ mm beobachtet. Die Apparate waren stets paarweise auf beiden Schmalseiten des Stabes angebracht.

Die Größe aller Meßlängen betrug 100 mm. Ihre Anordnung ist aus Fig. 3 zu ersehen.

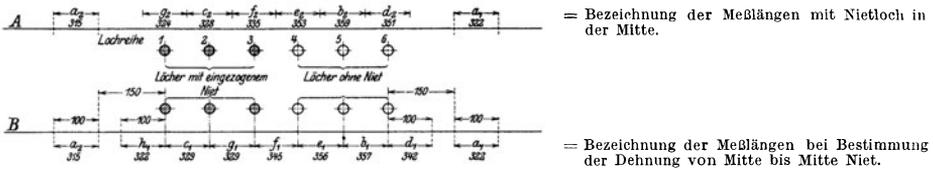


Fig. 3. Anordnung der Meßlängen zur Ermittlung der Dehnungen.

Die Dehnungen sind bei demselben Versuch immer auf beiden Seiten A und B des Stabes für dieselben Meßlängen bestimmt und zwar entweder wie für A oder wie für B angegeben.

Die unter den Zeichen für die Meßlängen stehenden Zahlenwerte bedeuten die bei den Versuchsreihen I—III beobachteten mittleren Dehnungen bei 20 t Belastung (s. Tab. 7).

Hiernach erstreckten sich die Meßlängen:

- a_1 und a_2 auf Teile des vollen Stabes, beginnend 150 mm von der Mitte der äußersten Niete entfernt. Hierbei lag
- a_1 außerhalb der Löcher ohne Niet und
- a_2 „ „ „ mit „

Ferner reichten:

- b_1 und e_1 von Mitte bis Mitte Loch ohne Niet,
- c_1 „ „ „ „ „ mit „
- f_1 „ „ „ „ je eines Loches ohne und mit Niet,
- d_1 „ „ „ „ der äußersten Niete über den vollen Stab.

Die 6 Meßlängen $b_2 - g_2$ waren so angeordnet, daß die Nietlöcher in der Mitte der Meßlänge lagen, und zwar bei

- b_2, e_2 und d_2 Löcher ohne Niet und bei
- c_2, f_2 „ „ „ mit „

Um sicher zu sein, daß der Vergleich der für die verschiedenen Arten von Meßlängen auch nicht etwa durch geringe Fehler in der Genauigkeit der Krafteinstellung beeinflußt sein konnte, sind bei den ausgeführten, nachstehend besprochenen drei Versuchsreihen I—III stets die Dehnungen für mehrere Meßlängen verschiedener Art gleichzeitig beobachtet.

Die Beobachtungen aus den einzelnen Versuchen der drei Reihen sind für die gleichartigen Meßstrecken in Tab. 1—6¹⁾ zusammengestellt. In Tab. 7 sind außerdem der besseren Übersicht wegen die Mittelwerte für sich gegenübergestellt.

¹⁾ Die Tabellen 1 bis 7 sowie 11 bis 36 befinden sich am Schlusse des Textes.

Versuchsreihe I.

Beobachtet sind die Dehnungen für die Meßstrecken:

$$\left. \begin{array}{l} a_1 \text{ im vollen Stab hinter den Nietlöchern ohne Niet} \\ a_2 \text{ „ „ „ „ „ „ „ mit „} \\ b_1 \text{ von Mitte bis Mitte Nietloch ohne Niet} \\ c_1 \text{ „ „ „ „ „ mit „} \end{array} \right\} \text{ (s. Tab. 1),}$$

(s. Tab. 2) und
(s. Tab. 4).

Zunächst wurden drei Versuche mit unverändertem Sitz der Spiegelapparate ausgeführt.

Die Belastung wurde beim Versuch 1 bis 25 t gesteigert. Nach dem Entlasten ergaben sich für die Meßstrecken b_1 (Tab. 2) und c_1 (Tab. 4) beträchtliche Ablesungsreste; für $b_1 = 14$ und für $c_1 = 33$ Einheiten. Ob sie tatsächlich bleibende Dehnungen waren oder ob Mängel im Arbeiten der Meßapparate vorlagen, kann nicht entschieden werden; jedenfalls sind die Ergebnisse dieser beiden Beobachtungsreihen von der Betrachtung ausgeschieden worden. Es erschien dies um so mehr zulässig, als die Ergebnisse der Versuche 2 und 3 nicht nur untereinander, sondern auch mit den späteren Messungen gut übereinstimmen und sich bei ihnen keine Ablesungsreste mehr ergaben¹⁾. Zur Sicherstellung der Mittelwerte sind dann aber noch weitere 6 Versuche I 4 bis I 9 ausgeführt. Bei den Meßstrecken a_1 und a_2 (Tab. 1) blieben die Meßapparate unverändert sitzen. Bei den Meßstrecken b_1 (Tab. 2) und c_1 (Tab. 4) wurden sie dagegen zum Versuch 4 und bei der Meßstrecke b_1 auch zum Versuch 7 nochmals neu angesetzt. Dieses Neuansetzen der Dehnungsmesser war erforderlich, weil die Messungen b_1 bei allen drei Versuchen I 4—6 unbrauchbare Werte geliefert hatten (s. Tab. 2).

Der Vergleich der Mittelwerte aus den zusammengehörigen Versuchen 1—3, 4—6 und 7—9 zeigt, daß die Dehnung für alle 4 Meßstrecken beim wiederholten Belasten abnahm. Am stärksten tritt diese Erscheinung bei 20 t Belastung zutage und, wie die Gegenüberstellung (Tab. 8) zeigt, hier wieder am stärksten bei der Meßstrecke a_2 .

Tabelle 8.

Änderung der Dehnungswerte für 20 t bei wiederholtem Belasten.

Meßstrecke	Mittlere Dehnung in Proz. 10^{-4} bei Versuch			Abnahme der Dehnung in Proz. vom Mittel aus Versuch 1—3 bei Versuch	
	1—3	4—6	7—9	4—6	7—9
a_1	324	323	322	0,31	0,62
b_1	361	—	356	—	1,38
c_1	331	328	326	0,96	1,51
a_2	321	318	315	0,93	1,87

Ferner zeigt sich bei allen Reihen, daß

1. die elastische Dehnung des vollen Bleches (s. Tab. 1) an beiden Stabenden für die gleichen Belastungen verschieden war, und zwar ist sie für Meßstrecke a_2 kleiner als für a_1 , und

¹⁾ Die in den Tabellen als „bleibend“ bezeichneten Dehnungswerte sind als Beobachtungsfehler anzusprechen, veranlaßt entweder durch geringes Gleiten der Spiegelapparate auf den Sitzflächen der Spiegelträger oder durch Wärmeeinflüsse. Alle Beobachtungsreihen, bei denen die Werte „bleibend“ mehr als 2 Einheiten betragen, sind von der Mittelbildung ausgeschlossen.

6 Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben und die Spannungsverteilung.

2. die elastische Dehnung zwischen den offenen Nietlöchern (Meßstrecke b_1 , Tab. 2) größer war als zwischen den Löchern mit eingezogenem Niet (Meßlänge c_1 , Tab. 4).

Versuchsreihe II.

Beobachtet sind die Dehnungen für die Meßstrecken:

$$\left. \begin{array}{l} a_1 \\ a_2 \end{array} \right\} \text{ wie bei Versuchsreihe I (Tab. 1),}$$

$$\left. \begin{array}{l} b_2 \\ c_2 \end{array} \right\} \text{ Nietlöcher in der Mitte der Meßstrecke } \left\{ \begin{array}{l} \text{Loch ohne Niet (Tab. 3),} \\ \text{Loch mit Niet (Tab. 5).} \end{array} \right.$$

Für die Meßstrecken a_1 und a_2 war der Sitz der Spiegelapparate bei den Versuchsreihen II 1—8 der gleiche wie bei den voraufgehenden Versuchen I 1—9; die Ergebnisse (s. Tab. 1) stimmen mit denen aus I 7—9 sehr gut überein. Zu Versuch II 9 wurden die beiden Apparate gegeneinander vertauscht; das Messungsergebnis erfuhr hierdurch keine Änderung, es bestätigt, daß die elastische Dehnung innerhalb der Meßstrecke a_1 größer ist als für a_2 .

Tabelle 9.

Mittelwerte aus Versuchsreihe II.

Für die Meßstrecke	Bei den Belastungen in t				Verhältniszahlen				
	5	10	15	20	Bezogen auf	5	10	15	20
a_1	68	153	238	321	a_1	100	100	100	100
a_2	66	148	233	315	gleich 100	97	97	98	98
b_2	76	170	265	359	gesetzt	112	111	111	112
c_2	67	152	239	328	a_2	101	103	103	104

Die Mittelwerte aus den 9 Versuchen der Reihe II (s. Tab. 9) stimmen im wesentlichen mit denen der Versuchsreihe I (s. Tab. 1, 2 und 4) überein und zeigen, daß

1. der Unterschied in den elastischen Dehnungen für a_1 und a_2 etwa 2—3% beträgt,

2. die Strecke b_2 mit den offenen Löchern in der Mitte sich um 11—12% mehr dehnte als das volle Blech, während

3. die Strecke c_2 mit eingezogenen Nietten in der Mitte sich gegen das volle Blech nur um 1—4% mehr dehnte, und zwar wuchs der Unterschied etwas mit der Belastung.

Versuchsreihe III.

Beobachtet sind die Dehnungen für sämtliche Meßstrecken, und zwar gleichzeitig

bei den Versuchen	1—6	die Strecken	a_1, a_2, e_1 und g_1 ,
„ „ „	7—9	„ „	a_1, a_2, e_1 „ g_1 ,
„ „ „	10—12	„ „	a_1, a_2, d_2 „ g_2 ,
„ „ „	13—16	„ „	a_1, a_2, f_2 „ e_2 ,
„ „ „	17—19	„ „	a_1, d_1, h_1 „ f_1 ,
„ „ „	20—26	„ „	a_1, b_1, c_1 ,
„ „ „	27—29	„ „	a_1, b_2, c_2 .

Die Versuchsergebnisse (s. Tab. 1—6) zeigen mit denen aus den Versuchsreihen I und II, soweit solche vorliegen, gute Übereinstimmung. Daher sind die Ergebnisse aller drei Reihen zunächst für die einzelnen Meßstrecken zu Gesamtmittelwerten zusammengefaßt. Eine besondere Gegenüberstellung dieser Mittelwerte gibt Tab. 7.

Die Werte für die Meßstrecken a_1 und a_2 bestätigen, daß das volle Blech an dem Ende außerhalb der offenen Nietlöcher (Meßstrecke a_1) größere elastische Dehnung erfuhr als an dem Ende außerhalb der Löcher mit eingezogenem Niet (Meßstrecke a_2).

Die Mittelwerte aus den Reihen b_1 , e_1 und b_2 stimmen gut überein, ebenso die Mittel aus den Reihen g_1 , c_1 und c_2 . Hiernach hat es sich, wie zu erwarten war, für die Dehnung als gleichgültig erwiesen, ob die Meßlänge von Mitte bis Mitte Loch bzw. Niet reichte, oder ob das Loch bzw. das Niet in der Mitte der Meßlänge lag.

Der Vergleich des Mittels für b_1 , e_1 und b_2 mit dem für g_1 , c_1 und c_2 zeigt ferner, daß die Dehnung λ_x des gelochten Stabteiles durch das Einziehen der Niete mit den Unterlegscheiben ganz erheblich vermindert ist, sie bleibt aber immer noch größer als die Dehnung λ_y des ungelochten Stabes (Meßstrecken a_1 und a_2).

Nach der auf S. 3 gegebenen Ableitung der Gl. (4) für n ist

$$n = \frac{b}{2d} \left(1 - \frac{d\lambda_y}{l\lambda_x - \lambda_y(l-d)} \right),$$

und wenn man die Abmessungen des Probestabes einsetzt,

$$(5) \quad n = \frac{230}{2 \cdot 23} \left(1 - \frac{23\lambda_y}{100\lambda_x - (100 - 23)\lambda_y} \right) = 5 \left(1 - \frac{23\lambda_y}{100\lambda_x - 77\lambda_y} \right).$$

Mit den aus Tab. 7 ersichtlichen Werten für λ_x und λ_y erhält man für 100 mm Meßlänge, die Löcher von 23 mm umfassend, die in Tab. 10 zusammengestellten Werte für n .

Tabelle 10.

Werte für $n =$ in Rechnung zu stellende Lochbreiten.

Für die Meßstrecken mit zwei Löchern	bei den folgenden Belastungen in t				
	5	10	15	20	Mittel
Ohne Niet	1,695	1,707	1,707	1,706	1,704
Mit Niet	0,000	0,398	0,424	0,600	—

Die Untersuchung hat somit ergeben, daß man bei Berechnung der Dehnung des gelochten Stabes (Fig. 2), unter Einführung eines rechteckigen Loches von der Breite $n d$ statt des kreisrunden mit dem Durchmesser d , die Breite des rechteckigen Loches nicht ohne weiteres gleich $0,8 d$ in Rechnung setzen darf, wie sich bei Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung ergeben würde.

In Fig. 3 sind zur besseren Übersicht die für die einzelnen Meßstrecken ermittelten Dehnungen bei 20 t Belastung unter den Zeichen der Meßstrecken niedergeschrieben. Wie sich zeigt, bleiben die Dehnungen für d_2 und e_2 hinter derjenigen für b_2 zurück, obgleich alle drei Strecken in der Mitte offene Nietlöcher enthielten. Ebenso dehnte von den drei Strecken mit Nieten in der Mitte wieder g_2 weniger

als c_2 , f_2 dagegen mehr. Es liegt nahe, die erwähnten Unterschiede darauf zurückzuführen, daß der Einfluß der Nietlöcher, der in Steigerung der Dehnung sich äußert, über mehr als den halben Abstand der Nietlöcher in der Längsrichtung des Stabes, also über mehr als 50 mm, sich erstreckt¹⁾. Im einzelnen würden sich dann folgende Erklärungen ergeben:

Die Strecke b_2 , mit der Lochreihe 5 in der Mitte, dehnte sich am meisten, weil die Wirkung der beiden benachbarten Reihen offener Löcher 4 und 6 sich auf b_2 noch erstreckte.

Die Strecke e_2 dehnte sich weniger, denn ihr war zwar rechts ebenfalls die Lochreihe 5 mit offenem Loch benachbart, links aber die Lochreihe 3 mit eingezogenem Niet, durch das die Wirkung des Loches, wie oben dargetan ist, wesentlich vermindert wird.

Neben der Strecke d_2 lag nur links die offene Lochreihe 5, rechts schloß sich an d_2 der volle Stab an; die Dehnung dieser Strecke konnte daher nur einseitig begünstigt werden, sie war daher von den dreien die geringste. Das von d_2 Gesagte gilt auch von g_2 , womit erklärt werden kann, daß letztere sich weniger dehnte als c_2 . Die Strecke f_2 aber dehnte sich mehr als c_2 , weil rechts daneben die offene Lochreihe 4 lag.

Um nun nachzuweisen, ob die im vorstehenden gegebenen Erklärungen für die Dehnungsunterschiede tatsächlich zutreffen, ist die Versuchsreihe V ausgeführt, die zeigen soll, wie weit der Einfluß sowohl der offenen als auch der mit eingezogenen Niet versehenen Löcher sich in der Längsrichtung des Stabes erstreckt. Zuvor bleibt aber noch die Versuchsreihe IV zu besprechen, die angestellt worden ist, um festzustellen, ob etwa die bei den früheren Reihen beobachteten Unterschiede in den Dehnungswerten für die Meßstrecken a_1 und a_2 durch Durchbiegungen des flach in der Maschine liegenden Probestabes veranlaßt worden sind.

1. Einfluß etwaiger Verbiegungen des Stabes auf dessen Dehnung.

Versuchsreihe IV.

Aus den Versuchsreihen I—III hatte sich ergeben, daß von den beiden, volle Stabteile umfassenden Meßstrecken a_1 und a_2 die erstere größere elastische Dehnungen zeigte als a_2 . Der Stab hatte bei den Versuchen flach in der Maschine gelegen, und zwar derart, daß die Unterlegplatten unter den Köpfen der eingezogenen Niete (s. Fig. 2) nach oben lagen. Dabei waren die Einspannköpfe des Probestabes durch aufgenietete Laschen verstärkt, um Verdrückungen in den Einspannaugen durch übermäßigen Leibungsdruck zu verhüten.

Diese Verstärkungslaschen sind vor Beginn der weiteren Versuche entfernt, um den Kraftangriff möglichst in die Achse des Stabes zu verlegen. Da sich ferner zeigte, daß der Stab bei Flachlage, sofern die aufgenieteten Unterlegplatten nach oben lagen, nach unten durchgebogen war, so wurden folgende drei Lagen untersucht:

- a) Stab flachliegend, Platten nach oben,
- b) „ „ „ „ unten, und
- c) „ hochkant gestellt,

und hierbei die Dehnungen für die Meßstrecken a_1 und a_2 ermittelt.

¹⁾ Später (s. S. 10) ist gezeigt, daß der Einfluß des Loches sich auf etwa 100 mm erstreckt.

Die erzielten Ergebnisse sind in Tab. 11 und 12 zusammengestellt, und zwar in Tab. 11 unter I diejenigen für die Meßstrecken a_1 , unter II diejenigen für a_2 , in Tab. 12 unter 1 die Mittelwerte für die verschiedenen Stablagen und unter 2 die Mittelwerte aus den früheren Beobachtungen.

Beachtet man, daß die letzte Stelle der angegebenen Beobachtungswerte geschätzt ist, so sind die Einzelbeobachtungen bei gleicher Stablage als sehr gut übereinstimmend anzusprechen und die Unterschiede in den Mittelwerten (Tab. 12) dem Einfluß der Stablage zuzuschreiben.

Zunächst zeigt sich, daß a_2 wieder weniger sich dehnte als a_1 , daß die Unterschiede in den Dehnungen der beiden Meßstrecken a_1 und a_2 aber bei diesen neueren Untersuchungen wesentlich geringer waren als bei den älteren. Hiernach scheint es, als ob diese Dehnungsunterschiede die Folge von ungleichmäßigen Durchbiegungen des Stabes waren und daß das Beseitigen der Verstärkungsplatten an den Stabköpfen zur Verminderung der Biegungsspannungen beigetragen hat.

Ferner ergibt sich aus den Mittelwerten (Tab. 12) übereinstimmend für die beiden Meßstrecken a_1 und a_2 , daß bei Flachlage des Stabes die größeren Dehnungen erhalten sind, wenn die aufgenieteten Platten nach oben lagen. Nicht wesentlich verschieden von diesen größeren Werten sind die Beobachtungen für die Meßstrecke a_1 , wenn der Stab hochkant in der Maschine lag.

Auch hier scheinen die Dehnungsunterschiede wieder Biegungsspannungen zugeschrieben werden zu müssen. Schon im vorstehenden ist darauf hingewiesen, daß der flach liegende Stab nach unten etwas durchgebogen war, wenn die aufgenieteten Platten nach oben lagen. Bei umgekehrter Lage, d. h. Platten nach unten, war der Stab gerade. Hiermit erklärt sich zwanglos, daß die Dehnungen im letzteren Falle geringer waren als im ersteren. Bestätigt wird die Anschauung von dem Einfluß der Durchbiegung dadurch, daß die Dehnungen auch bei Hochkantlage, in der der Stab in dem Zustande seiner natürlichen, durch das Eigengewicht unbeeinflussten Durchbiegung sich befand, die größeren waren.

Nach diesen Darlegungen dürfte man nicht fehlgehen, wenn man diejenigen Dehnungen für die vollen Stabteile als die zuverlässigsten, durch Biegungsspannungen am wenigsten beeinflusst erachtet, die erhalten sind, wenn der Stab flach lag mit den aufgenieteten Platten nach unten; bei dieser Lage stimmen denn auch die Dehnungswerte für die beiden Meßstrecken a_1 und a_2 bei 5 und 15 t vollkommen überein, und bei 10 und 20 t betragen die Unterschiede nur je eine Einheit.

2. Bestimmung der Reichweite des Einflusses der Nietlöcher auf die Dehnung an den Stabrändern.

Versuchsreihe V.

Die Versuche sind mit Berücksichtigung der unter Versuchsreihe IV niedergelegten Beobachtungen ausgeführt, indem der Stab flach in der Maschine lag, die aufgenieteten Platten nach unten. Die Spiegelapparate wurden wieder wie bei a_1 und a_2 an den Schmalseiten des Stabes angesetzt. Die Meßlänge betrug bei allen Versuchen 100 mm. Die Meßstrecken lagen in den vollen Stabteilen, und zwar sowohl in dem Teil hinter den offenen Löchern (Tab. 13) als auch in dem Teil

10 Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben und die Spannungsverteilung.

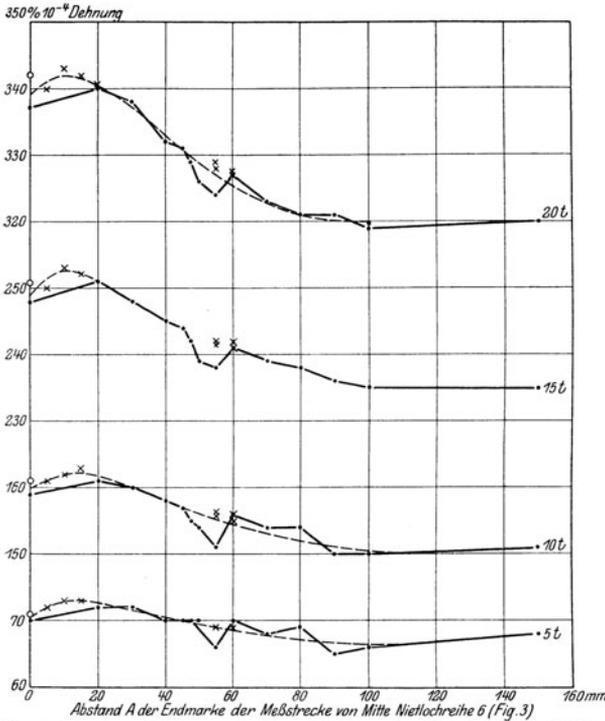


Fig. 4. Mittlere Dehnung in Proz. 10^{-4} an den Rändern des Stabes bei wachsendem Abstände A der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe 6 (Fig. 3). I. Hinter der Lochreihe 6 ohne Niet.

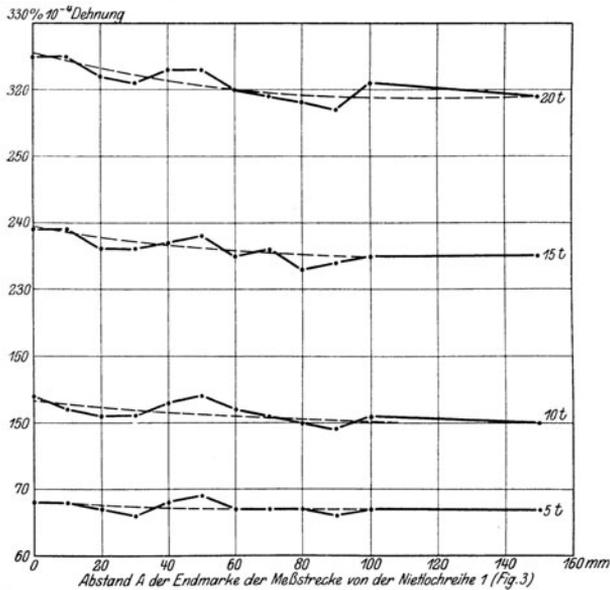


Fig. 5. Mittlere Dehnung in Proz. 10^{-4} an den Rändern des Stabes bei wachsendem Abstände A der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe 1 (Fig. 3). II. Hinter der Lochreihe 1 mit aufgenieteten Platten.

hinter den Löchern mit eingezogenen Nieten (Tab. 15). Ihre Lage in diesen Teilen ist gekennzeichnet durch den Abstand des nach den Nietlöchern hin gelegenen Endes der Meßstrecke von der Mitte der ersten (äußersten) Lochreihe (6 und 1, Fig. 3). Dieser Abstand, im nachfolgenden mit A bezeichnet, betrug im Höchstfalle 150 mm und ging herunter bis auf 0; das Ende der Meßlänge lag also im letzteren Falle in dem mit der Mitte der äußersten Nietlochreihe zusammenfallenden Stabquerschnitt, so daß das Loch zur Hälfte in die Meßlänge hineinragte.

Wie die in Fig. 4 und 5 zu Schaulinien aufgetragenen Ergebnisse zeigen, tritt der Einfluß der Querschnittsunterbrechungen durch die Nietlöcher, wie zu erwarten war, auf die Dehnung an den Stabrändern um so deutlicher hervor, je größer die Belastung ist. Nach Fig. 4 erstreckt sich dieser Einfluß bei Belastungen bis zu 20 t an dem untersuchten Stabe bei den offenen Löchern bis auf etwa 100 mm Entfernung von der Mitte der äußersten Lochreihe.

Nach Fig. 5 ist dieser Einfluß bei den Löchern mit eingezogenem Niet, in Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen, wesentlich geringer als bei offenen Nietlöchern; immerhin

scheint er aber auch hier bis auf 100 mm Entfernung von Mitte Niet sich zu erstrecken.

Aus diesen Ergebnissen folgt nun zunächst, daß die bei den früheren Versuchsreihen benutzten Meßstrecken a_1 und a_2 dem Einfluß der Querschnittsunterbrechung durch die Nietlöcher entrückt waren, daß die für diese Strecken ermittelten Dehnungen also tatsächlich für den Stab mit vollem Querschnitt gelten. Ferner ist dargetan, daß die Unterschiede in den Dehnungen der Strecken d_2 , e_2 und b_2 sowie g_2 , c_2 und f_2 (s. Fig. 3), wie es oben versucht ist, mit dem Überstrahlen des Einflusses der benachbarten Nietlöcher zu erklären ist. Schließlich ergibt sich, daß die Unterschiede in den Dehnungen der Meßstrecken b_1 , e_1 und b_2 (s. Tab. 7) gegenüber der Dehnung innerhalb a_1 nicht ausschließlich dem Einfluß der Querschnittsschwächung durch eine Nietlochreihe zugeschrieben werden kann, daß vielmehr auch die Wirkungen der benachbarten Nietlochreihen auf die Meßstrecken b_1 , e_1 und b_2 zur Geltung kamen. Die vorliegende Anordnung der Nietlöcher mit 100 mm Teilung ist hiernach nicht geeignet, aus den beobachteten Mittelwerten für λ_x und λ_y (s. Tab. 7) den Wert für n aus Gl. (4) allgemein abzuleiten; eine diesem Zweck entsprechende allgemeine Gleichung muß vielmehr, wie die vorliegenden Ergebnisse beweisen, auch auf den Abstand der benachbarten Niet- oder Lochreihen Rücksicht nehmen. Weitere Untersuchungen nach dieser Richtung sind eingeleitet. Ich behalte mir vor, über ihre Ergebnisse später zu berichten.

Die vorliegende Aufgabe, die den Ausgangspunkt dieser Untersuchung bildete (s. S. 1), besteht darin, hinreichende Unterlagen zu schaffen, um innerhalb der Elastizitätsgrenze aus den Randdehnungen von gelochten und miteinander vernieteten Stäben bei derselben Lochteilung oder Lochanordnung, wie der untersuchte Stab sie besaß, die Verteilung der äußeren Zugkraft auf die einzelnen Teile berechnen zu können. Hierfür ist die soeben erwähnte allgemeine Gleichung entbehrlich, sofern nur feststeht,

1. ob die Dehnung der Meßstrecken, welche die Nietlöcher enthalten, der herrschenden Zugbelastung proportional ist oder in welcher Beziehung Dehnung und Zugbelastung zueinander stehen;
2. ob diese Beziehung sich mit der Breite des vollen Stabes und der Zahl der in demselben Querschnitt nebeneinander gelegenen Nietlöcher ändert; und
3. welchen Einfluß das Aufeinandernieten mehrerer Bleche auf diese Beziehung ausübt.

Der Verlauf des linken Endes der Schaulinien Fig. 4 deutet darauf, daß die Längenänderungen an den Stabrändern abnehmen, wenn die Endmarke der Meßlänge weniger als 20 mm von dem Querschnitt entfernt liegt, der mit der Mittellinie der letzten Nietlochreihe zusammenfällt, wenn also $A < 20$ mm ist. Hiernach müßte also die auffallende Erscheinung bestehen, daß die elastische Dehnung an den Stabrändern im Bereich des durch die Nietlöcher geschwächten Stabteiles geringer ist als die Dehnung außerhalb des geschwächten Stabteiles, aber in der Nähe der Nietlöcher. Um diese Erscheinung nachzuprüfen, sind noch einige ergänzende Versuchsreihen ausgeführt, die erkennen lassen sollen, wie die Dehnung an den Stabrändern sich ändert, wenn das eine Ende der Meßlänge 15, 10 und 5 mm von der Mittellinie der letzten Nietlochreihe entfernt ist. Zugleich sind auch die Versuche mit den Entfernungen = 55 und 60 mm nochmals wiederholt,

um die bei den früheren Versuchen zutage getretene Unregelmäßigkeit im Verlauf der Schaulinien bei den Entfernungen zwischen 40 und 60 mm nachzuprüfen.

Die Einzelergebnisse dieser Ergänzungsversuche sind aus Tab. 14 zu ersehen; ihre Mittelwerte sind in Fig. 4 durch \times gekennzeichnet.

Die Werte für $A = 55$ und 60 mm schließen sich den Ausgleichslinien aus den früheren Versuchen gut an. Hiernach dürfen letztere wohl als zu Recht bestehend angesehen und die früher beobachteten Unregelmäßigkeiten auf Zufälligkeiten zurückgeführt werden können.

Die Messungen bei $A = 5$ bis 15 mm bestätigen die Abnahme der Dehnung mit Abnahme des Abstandes A von 20 auf 0 mm. Selbst wenn man für $A = 0$ die bei den verschiedenen Reihen (s. Tab. 6 und 7, 13, 16 und 17) erzielten größten Mittelwerte allein in Betracht ziehen würde — diese Werte sind in Fig. 4 durch \circ gekennzeichnet —, bleibt die Abnahme der Dehnung bestehen. Nähere Untersuchungen hierüber s. Abschnitt VII.

3. Einfluß der aufgenieteten Platten auf die Dehnung.

Versuchsreihe VI.

Die in Tab. 4—6 zusammengestellten Messungsergebnisse für die Strecken g_2 , c_2 , f_2 , g_1 , c_1 , h_1 und f_1 lassen nur den Gesamteinfluß der in die Löcher eingezogenen Niete und der hiermit aufgenieteten Platten erkennen. Um beide Einflüsse zu trennen, sind die Messungen wiederholt, nachdem von den beiden Nieten der Lochreihe 3 (s. Fig. 3) zunächst die Köpfe über den Platten abgehobelt waren, so daß die Platten lose wurden, und dann nochmals, nachdem die Niete aus beiden Löchern 3 ganz entfernt waren.

Der Stab lag bei dieser Reihe wieder flach in der Maschine, und zwar wie bei Reihe V derart, daß die Seite mit den aufgenieteten Platten nach unten zeigte. Die wiederholten Messungen sind zugleich auch auf die Meßstrecken innerhalb des Stabteiles mit offenen Löchern ausgedehnt, um festzustellen, welchen Einfluß etwa die gegen früher veränderte Stablage auf die Messungsergebnisse hat.

Die einzelnen Ergebnisse sind aus Tab. 16 zu ersehen, und nach den Mittelwerten sind die Schaulinien Fig. 6 verzeichnet. Die vier Liniengruppen gelten für die am linken Ende angegebenen vier Laststufen. Von den drei Linien derselben Gruppe stellen dar:

- a) die voll ausgezogene Linie die Ergebnisse nach dem Lösen der Platten durch Abhobeln der Nietköpfe,
- b) die punktierte Linie die Ergebnisse nach dem Entfernen der beiden Niete der Lochreihe 3 und
- c) die feine gestrichelte Linie die Ergebnisse aus den früheren Untersuchungen vor dem Entfernen der Nietköpfe.

Bei den vollen starken Linien gelten die durch Punkte gekennzeichneten Beobachtungswerte für die Meßstrecken von Mitte bis Mitte Nietloch und die Kreuze für die Meßstrecken mit dem Loch in der Mitte. Die Lage der offenen Nietlöcher ist in der Abszissenachse durch die offenen Kreise, die Lage der Niete durch die schraffierten Kreisflächen gekennzeichnet.

Die Lage der punktierten Linien zu den voll ausgezogenen läßt erkennen, daß das Entfernen der Niete aus Lochreihe 3 (Fig. 3) jedenfalls keinen

nennenswerten Einfluß auf die Dehnung mehr gehabt hat, nachdem die Nietköpfe bereits abgehobelt waren. Dagegen zeigen die großen Abstände zwischen den voll ausgezogenen Linien und den feinen gestrichelten, daß die Dehnung des Stabes durch das Lösen der mit der Nietreihe 3 aufgenieteten Platten ganz erhebliche Veränderungen erlitten hat. Um diese Veränderungen richtig zu beurteilen, ist zu beachten, daß das rechte Ende der gestrichelten Linien höher liegt als das der voll ausgezogenen. Z. B. sind bei 20 t Belastung die Dehnungswerte, die der gestrichelten Linie angehören, für die Meßstrecken e_1 bis d_2 im Mittel um 4 Einheiten oder 1,1% größer als die der voll ausgezogenen Linie angehörigen Werte. Es ist nicht wahrscheinlich, daß der Einfluß des LöSENS der Niete in der Lochreihe 3 sich auch noch auf den Stabteil rechts von der Meßstrecke e_1 bzw. über die offene Nietreihe 4 hinaus erstreckt haben und hier eine Verminderung der Dehnung bewirkt haben soll, während allenfalls eine Vergrößerung der Dehnung hätte erwartet werden können. Die geringere Dehnung dieses Stabteiles bei den Wiederholungsversuchen nach dem Entfernen der Nietköpfe (voll ausgezogene Linie) gegenüber den früheren Messungen bei feststehenden Nieten (gestrichelte Linie) wird demnach wieder darauf zurückzuführen sein, daß der Stab bei den früheren Versuchen durchgebogen war und daher größere Dehnungen zeigte als bei den neueren Versuchen bei umgekehrter Stablage. Wenn nun auch anzunehmen ist, daß die Durchbiegung des Stabes innerhalb des Teiles zwischen den Meßstrecken f_1 und d_1 , der die offenen Löcher enthielt, stärker gewesen ist als links davon, wo das Blech

durch die aufgenieteten Platten versteift war, so ist doch nicht ausgeschlossen, daß die Dehnungen auch des letztgenannten Stabteiles infolge Durchbiegungen bei der früheren Untersuchung zu groß ermittelt sind. Trifft dies zu, so müßten die gestrichelten Linien, um den Einfluß der Durchbiegung auszuschalten, so weit heruntergerückt werden, bis sie am rechten Ende mit den voll ausgezogenen zusammenfallen. Die Steigerung der Dehnung durch das Lockern der in der Nietreihe 3 gelegenen Platten würde sich dann noch größer ergeben, als sie in Fig. 6 in dem Abstände zwischen den voll ausgezogenen und gestrichelten Linien in die Erscheinung tritt.

Die weiteren Betrachtungen mögen sich nun auf die Liniengruppe für 20 t Belastung beschränken, weil die zu untersuchenden Einflüsse bei dieser Gruppe naturgemäß am deutlichsten zutage treten.

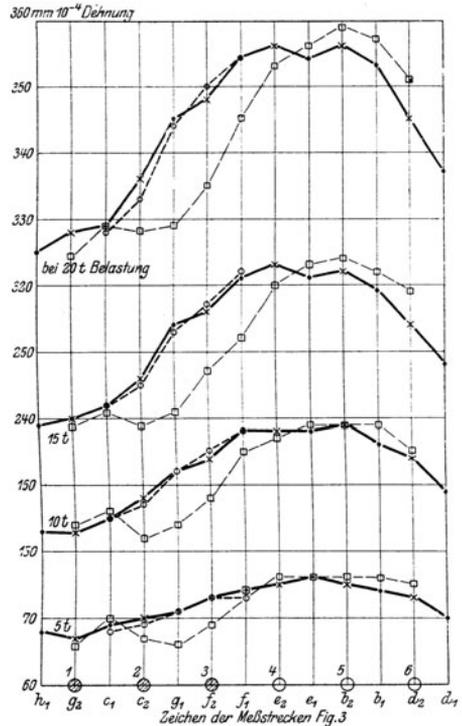


Fig. 6. Mittlere Dehnung an den Rändern des Bleches innerhalb des Teiles mit Nietlöchern. Zustand der Niete 1—3:
 □ — — — — fest (frühere Versuche);
 — — — — Kopf abgehobelt, Platten 3 locker;
 ○ — — — — Nieten 3 entfernt.

Nach dem Verlauf der voll ausgezogenen Linie Fig. 6 kann man sämtliche fünf Dehnungswerte von f_1 bis b_1 als nahezu gleich groß ansehen. Hieraus ergibt sich, daß die Meßstrecke f_1 schon durch das Lockern der Platten in der Nietlochreihe 3 die gleiche Dehnbarkeit erlangt hat, wie sie die Meßstrecke b_1 hatte, und durch das völlige Entfernen der Niete 3 (s. punktierte Linie) ist hieran nichts mehr geändert. Zu beachten bleibt zur Beurteilung der Wirkung des Lockerns der Platten, daß nach dem Entfernen der Nietköpfe Reihe 3 die Dehnungen für g_1 , c_2 und c_1 die gleichen Werte erreicht haben, wie sie vorher für f_1 , f_2 und g_1 ermittelt waren; die ersteren haben die gleiche Lage zu den Löchern Reihe 3 mit spannungslosen Nieten wie die letzteren zu den offenen Löchern 4.

Diese Beobachtungen dürften zur Genüge dartun, daß es im wesentlichen die aufgenieteten Platten waren, die die Dehnbarkeit der Meßstrecken c_1 bis f_2 (s. Fig. 6) beeinträchtigten, während die Ausfüllung der Löcher durch den Nieten-schaft, wenigstens innerhalb der angewendeten Belastungen, keine wesentliche Rolle spielte.

4. Ermittlung der Dehnungen in verschiedenen Schichten der Stabbreite.

Versuchsreihe VII.

Um festzustellen, wie sich die an die Stabköpfe angreifende Zugkraft über die Breite des Stabes verteilt und wie die Kraftverteilung durch die Nietlöcher beeinflußt wird, sind die Dehnungen an 21 verschiedenen Stellen der Breite (Breitenschichten) gemessen, und zwar bei den Schichten 1 und 4 an den beiden Stabrändern, bei allen anderen Breitenschichten, um den Einfluß der Durchbiegung des Stabes auszuschalten, gleichzeitig auf beiden Flachseiten.

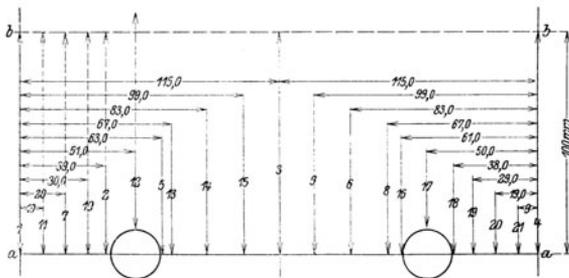


Fig. 7. Lage der Meßstrecken zur Ermittlung der Dehnungen in verschiedenen Schichten der Stabbreite.

Die Lage der Meßstrecken ist aus Fig. 7 zu ersehen. Die Meßlänge betrug bei den in Tab. 17 zusammengestellten Messungen stets 100 mm. Hierbei lag die eine Endmarke der Meßlänge bei den Meßstrecken 12 und 17 1,5 mm vom Lochrande entfernt, bei allen übrigen in dem mit der Mitte der letzten Lochreihe zusammenfallenden Lochquerschnitt $a \sim a$ (Fig. 7).

Die Beobachtungen erfolgten für die Schichten mit gleichem Reihenzeichen ($a \dots n$) (Tab. 17) gleichzeitig. Bei jeder Reihe sind in der Regel die Belastungen viermal wiederholt, jedesmal unter Ermittlung der bleibenden Dehnung nach der Höchstlast von 20 t. Einige Breitenschichten (1, 4, 16 und 19) sind zur Kontrolle häufiger gemessen.

In Fig. 8 sind die in Tab. 17a zusammengestellten mittleren Dehnungen bei den vier Laststufen für die symmetrisch zur Stabachse gelegenen Meßstrecken zu Schaulinien aufgetragen. Nach dem annähernd geradlinigen Verlauf der Linien parallel zur Abszissenachse sind die Dehnungen in den verschiedenen Breitenschichten zwischen Stabrand und Nietlochrand, sowie zwischen

Nietlochrand und Stabmitte annähernd gleich groß. Es ist nun nicht anzunehmen, daß der Stabquerschnitt $a \approx a$ (Fig. 7), der mit der Mitte der letzten Nietlochreihe 6 (Fig. 3) zusammenfällt und in dem die einen Endmarken aller Meßlängen lagen, sich bei der Zugbeanspruchung des Stabes gekrümmt hat. Daher deutet der besprochene geradlinige Verlauf der Schaulinien (Fig. 8) darauf, daß auch der Querschnitt $b \approx b$ (Fig. 7), 100 mm von der letzten Nietlochreihe entfernt, in dem die zweiten Endmarken der Meßlängen lagen, eben geblieben ist, und daß jedenfalls jenseits dieses Querschnittes $b \approx b$ nach dem Stabkopf hin in dem ungelochten Stabteil außerhalb der beiden Streifen, deren Breite den Durchmessern der beiden Löcher entsprechen, wieder gleichmäßige Verteilung der Belastung über die Stabbreite besteht.

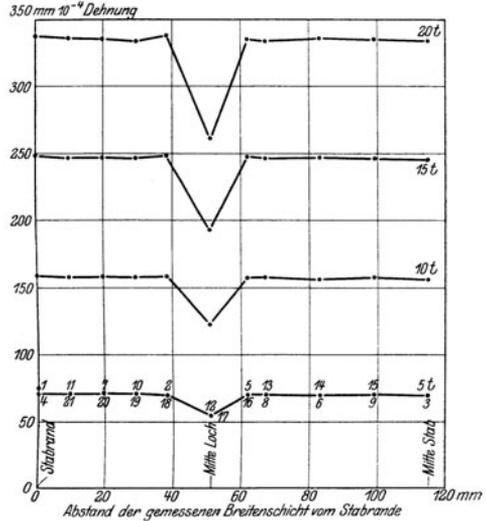


Fig. 8. Mittlere Dehnung in Proz. 10^{-4} in verschiedenen Breitenschichten bei den gleichen Belastungen. Meßlänge $l = 100$ mm. Die eine Endmarke der Meßlänge lag in dem mit der Mitte der letzten Lochreihe zusammenfallenden Querschnitt $a \approx a$ (Fig. 7), die andere im vollen (ungelochten) Stabteil. Die Zahlen über und unter der Schaulinie für 5 t bedeuten die Nummern der Breitenschichten (s. Fig. 7).

Die Messungen an den Strecken 12 und 17 (Fig. 7) hinter den Nietlöchern lieferten auf 100 mm Länge, beginnend 1,5 mm vom Lochrande entfernt (s. Fig. 8), wesentlich geringere Dehnungen als die übrigen Messungen. Daher blieb zunächst zu untersuchen, ob der Querschnitt $b \approx b$ (Fig. 7) auch im Bereich der Lochbreiten gerade geblieben ist. Hierzu sind an den Strecken 12 und 17 auf Grund folgender Überlegung noch einige Versuche mit 130 mm und 90 mm Meßlänge ausgeführt, wobei die eine Endmarke der Meßlänge wieder 1,5 mm vom Lochrand entfernt war (s. Fig. 9).

Ist für die gleiche Belastung, z. B. für 20 t:

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \text{der Dehnung des vollen Stabes in } \%, \\ \lambda_{100} &= \text{,, Gesamtdehnung für } l=100 \text{ mm} \\ \lambda_{90} &= \text{,, ,, ,, } l=90 \text{ ,,} \\ \lambda_{130} &= \text{,, ,, ,, } l=130 \text{ ,,} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{gemessen in derselben Breiten-} \\ \text{schicht von der Stelle } x \text{ aus,} \\ \text{1,5 mm vom Lochrande entfernt,} \end{array}$$

so muß sein:

$$\lambda_{90} = \lambda_{100} - 0,1 \delta \quad \text{oder} \quad \lambda_{100} - \lambda_{90} = 0,1 \delta = \Delta \lambda_{10}$$

und

$$\lambda_{130} = \lambda_{100} + 0,3 \delta \quad \text{oder} \quad \lambda_{130} - \lambda_{100} = 0,3 \delta = \Delta \lambda_{30}$$

wenn auch hinter dem Loch die Dehnung des Stabes jenseits des Querschnittes $b \approx b$ (Fig. 7) gleich der Dehnung des vollen Stabes ist, d. h. wenn der Querschnitt $b \approx b$ auch im Bereich der Lochbreite eben bleibt, der Einfluß des Loches sich also nicht über den Querschnitt $b \approx b$ hinaus erstreckt.

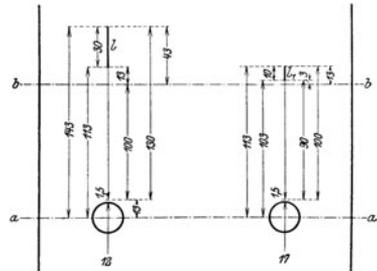


Fig. 9. Lage der Meßstrecken bei den Beobachtungen Tab. 18.

Die Versuchsergebnisse sind in Tab. 18 zusammengestellt, und am Schluß sind ihnen die Unterschiede zwischen den aus den Beobachtungen abgeleiteten Werten für $\Delta\lambda_{10}$ und $\Delta\lambda_{30}$ und den aus den Dehnungen δ des vollen Stabes berechneten Werten für $0,1\delta$ und $0,3\delta$ angefügt.

Wie man sieht, sind diese Unterschiede für $\Delta\lambda_{30}$ nahezu gleich Null, sie sind kleiner als eine Beobachtungseinheit und dabei teils $-$, teils $+$. Hieraus folgt, daß die Breitenschichten 12 und 17 hinter den Nietlöchern innerhalb der Länge l (Fig. 9) von 30 mm, die sich auf 113—143 mm von dem Querschnitt $a \sim a$ und auf 13—43 mm von dem Querschnitt $b \sim b$ erstreckte, die gleiche Dehnung zeigten wie der volle Stab. Der Einfluß des Loches erstreckte sich hiernach keinesfalls auf eine größere Entfernung als 113 mm von Lochmitte (Querschnitt $a \sim a$).

Der Wert von $\Delta\lambda_{10}$ weicht dagegen von $0,1\delta$ nennenswert ab. — Die Abweichung in Beobachtungseinheiten ($\text{mm } 10^{-4}$) wächst naturgemäß mit der Belastung von $-1,0$ bis $-5,9$, beträgt aber nahezu gleichbleibend für alle Laststufen 20% von der Gesamtdehnung, im einzelnen $1,82-2,03-1,85$ und $2,30\%$. — Hieraus folgt, daß die Strecke l_1 (Fig. 9) von 10 mm Länge, die sich auf 103 bis 113 mm von dem Querschnitt $a \sim a$ und auf 3 bis 13 mm vom Querschnitt $b \sim b$ erstreckte, sich weniger dehnte als der volle Stab außerhalb des Locheinflusses. Letzterer reichte also in den Breitenschichten 12 und 17 über den Querschnitt $b \sim b$ noch hinaus.

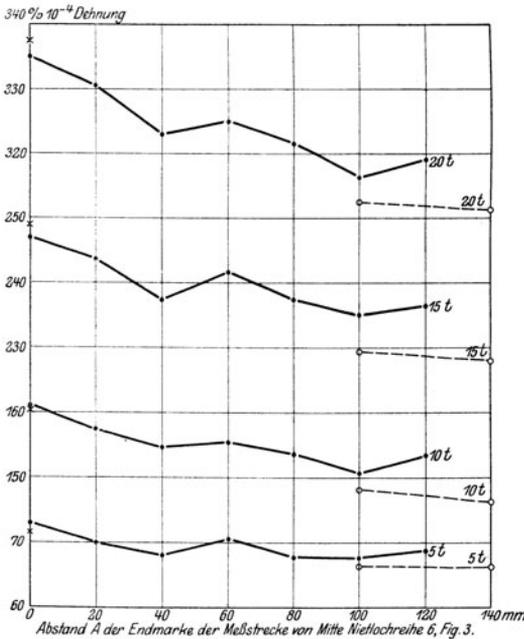


Fig. 10. Mittlere Dehnungen in der Breitenschicht 20 (Fig. 7) bei wachsendem Abstände A von Mitte Nietlochreihe 6 (Fig. 3).

Die durch \times gekennzeichneten Beobachtungen für den Abstand $A = 0$ entstammen der Tab. 17.

Die Werte zu --- s. Tab. 20 und zu ---o--- Tab. 21.

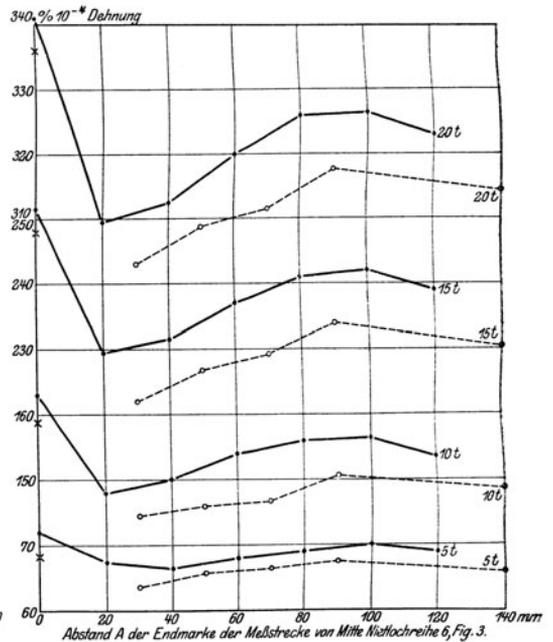


Fig. 11. Mittlere Dehnungen in der Breitenschicht 18 (Fig. 7) bei wachsendem Abstände A von Mitte Nietlochreihe 6 (Fig. 3).

Die durch \times gekennzeichneten Beobachtungen für den Abstand $A = 0$ entstammen der Tab. 17.

Die Werte zu --- s. Tab. 20 und zu ---o--- Tab. 21.

Zur Kontrolle für die Zuverlässigkeit der vorstehenden Meßweise und Berechnungen sind auch an beiden Stabrändern (Breitenschichten 1 und 4) und in der Stabmitte (Breitenschicht 3) die Dehnungen noch auf 130 mm Meßlänge gemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. 19 vereinigt und den Mittelwerten für 100 mm Meßlänge gegenübergestellt, wie sie sich nach Tab. 12 ergaben. Die der Tab. 19 ferner angefügten Unterschiede $\Delta\lambda$ zwischen den Dehnungen für 130 und 100 mm Meßlänge stellen die Dehnung des 30 mm langen Teiles der Meßlänge von 130 mm dar, der jenseits des Querschnittes $b \sim b$ (Fig. 7 und 9) nach dem Stabkopf hin gelegen war. Stellt man diese Werte für $\Delta\lambda$ den Dehnungswerten λ_{30} gegenüber, die sich nach den Mittelwerten Tab. 12 für den vollen Stab außerhalb des Einflußbereichs der Nietlöcher für 30 mm Meßlänge ergeben, so zeigt sich an den Schlußwerten der Tab. 19, daß die durch den Versuch ermittelten Dehnungen $\Delta\lambda$ von den errechneten λ_{30} im allgemeinen um weniger als eine Beobachtungseinheit abweichen, und zwar teils nach oben, teils nach unten. Dies bestätigt, daß der Querschnitt des Stabes $b \sim b$ zwischen den Breitenschichten 1 \sim 2, 5 \sim 16 und 18 \sim 4 (s. Fig. 7) eben geblieben ist und die angewendete Meß- und Berechnungsweise hinreichend zuverlässig ist.

Um nun die Reichweite des Locheinflusses über die Stabfläche festzustellen, sind, wie in Reihe V für die Stabränder, auch für die Breitenschichten 20, 18, 16, 3 und 17 (Fig. 7) die Dehnungen auf 100 mm Meßlänge bei verschiedenen Ab-

ständen A der Endmarke der Meßlänge von dem Querschnitt $a \sim a$ noch gemessen, und zwar für $A = 0, 20, 40, 60, 80, 100$ und 120 mm. Der Stab lag hierbei hochkant in der Maschine.

Nach den Mittelwerten der einzelnen Beobachtungsreihen Tab. 20 sind die voll ausgezogenen Schaulinien Fig. 10—14 aufgetragen. Aus dem allgemeinen Verlauf dieser Linien ergibt sich folgendes:

a) Die Dehnungen nehmen bei der Breitenschicht 20 (Fig. 10), in der Mitte zwischen Stabrand und Loch gelegen (s. Fig. 7), und bei 3 (Fig. 13), in der Stabachse gelegen, mit wachsendem Abstände A von dem durch die Nietlöcher geschwächten Querschnitt $a \sim a$ naturgemäß ab. Der Dehnungswert des vollen Stabes, d. h. das Ende der Reichweite der Querschnittsschwächung durch das Nietloch, scheint bei $A = 90$ bis 100 mm erreicht zu werden.

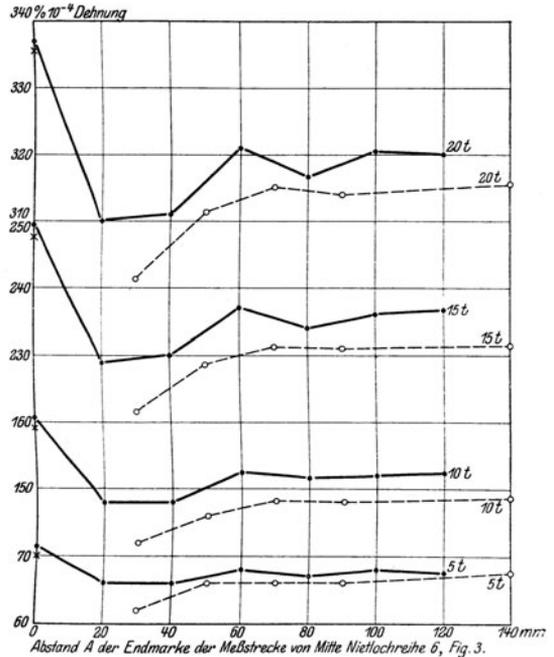


Fig. 12. Mittlere Dehnungen in der Breitenschicht 16 (Fig. 7) bei wachsendem Abstände A von Mitte Nietlochreihe 6 (Fig. 3).

Die durch \times gekennzeichneten Beobachtungen für den Abstand $A = 0$ entstammen der Tab. 17.

Die Werte zu \bullet s. Tab. 20 und zu \circ Tab. 21.

b) Die Dehnung der Breitenschicht 3 (Fig. 13) zeigt bei $A = 120$ mm nochmals eine auffallend starke Abnahme. Eine Erklärung hierfür ist nicht gefunden worden. Die Ansicht, daß der Einfluß des Einspannloches im Stabkopf bereits zur Geltung gekommen ist, wird durch den Verlauf der späteren Messungen (Tab. 21) entsprechenden punktierten Linie widerlegt.

c) Die Breitenschichten 18 (Fig. 11) und 16 (Fig. 12), neben demselben Nietloch gelegen, zeigen übereinstimmend die größten Dehnungen bei $A = 0$ und auffallenderweise die geringste Dehnung bei $A = 20$ mm; bei $A > 20$ mm nimmt die Dehnung wieder zu. Bei $A = 100$ mm scheint der Einfluß des Nietloches auf die Breitenschicht 16 (Fig. 12) aufzuhören. Die Breitenschicht 18 (Fig. 11) zeigt aber bei $A = 80$ und 100 mm wieder größere Dehnung als der volle Stab.

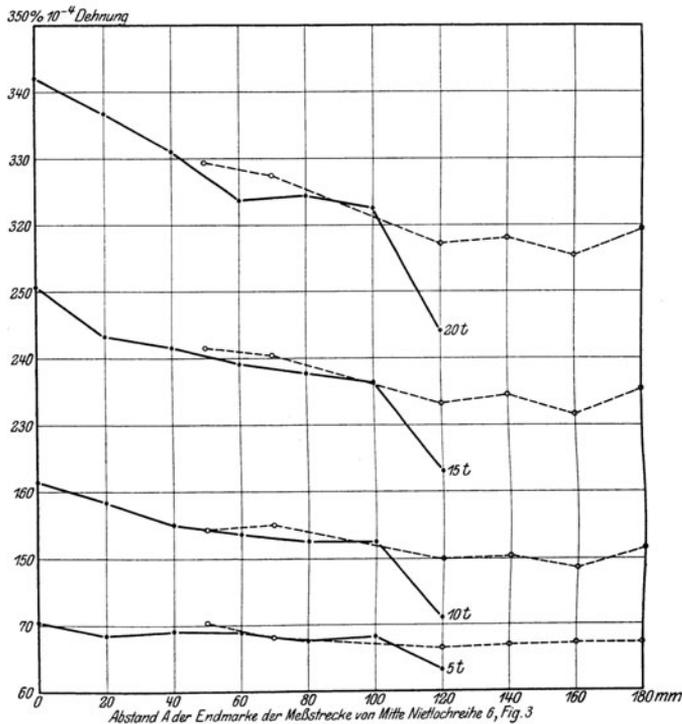


Fig. 13. Mittlere Dehnungen der Breitenschicht 3 (Fig. 7) bei wachsendem Abstände von Mitte Nietlochreihe 6 (Fig. 3). Die durch \times gekennzeichneten Beobachtungen für den Abstand $A = 0$ entstammen der Tab. 17.

Die Werte zu \bullet s. Tab. 20 und die zu \circ Tab. 21.

d) In der Breitenschicht 17 (Fig. 14), gelegen hinter dem Nietloch, wächst die Dehnung mit zunehmendem A , bis etwa bei $A = 80$ mm der Dehnungswert des vollen Stabes erreicht ist, dann nimmt auch bei dieser Schicht die Dehnung mit wachsendem A wieder ab.

Wenn nun auch mit Rücksicht auf die gute Übereinstimmung der Parallelversuche

Messungsfehler bei den vorstehend erörterten Reihen als ausgeschlossen anzusehen waren, so ließen doch einige besonders auffallende Erscheinungen die folgenden Nachprüfungen angebracht erscheinen:

1. Die Dehnungen der Breitenschichten 18 und 16 (Fig. 11 und 12) zeigen zwischen $A = 20$ und 40 mm einen Wendepunkt; zu seiner Ermittlung waren weitere Messungen bei $A = 30$ mm erforderlich.

2. Die Dehnungen dieser Breitenschichten 16 und 18, zu beiden Seiten desselben Loches gelegen, stimmen bei $A = 0$ bis 60 mm gut überein, bei $A > 60$ mm weichen sie indessen wesentlich voneinander ab. Zur Nachprüfung sind für beide Schichten noch Messungen bei $A = 50, 70, 90$ und 140 mm ausgeführt.

3. Für die Breitenschicht 3 (Fig. 13), in Stabmitte gelegen, hatten die Messungen bei $A = 60$ mm für 20 t Belastung und bei $A = 120$ mm für alle Belastungen auffallend geringe Dehnungen geliefert. Zur Nachprüfung sind noch Messungen bei $A = 50$ und 70 mm, sowie bei 120, 140, 160 und 180 mm ausgeführt.

4. Bei der Breitenschicht 17 (Fig. 14), hinter dem Loch gelegen, veranlaßte die Unregelmäßigkeit in der Dehnung bei $A = 60$ mm und der Dehnungsabfall bei $A > 80$ mm Nachprüfungen bei $A = 50$ und 70, sowie bei $A = 140$ mm.

5. Für die Breitenschicht 20 (Fig. 10) war die Dehnung bei $A = 100$ und 120 mm kleiner gefunden als für den vollen Stab, daher wurden hier noch Messungen bei $A = 100$ und 140 mm ausgeführt.

Bei allen diesen Nachprüfungen war die Meßlänge $l = 100$ mm. Die Ergebnisse sind aus Tab. 21 zu ersehen und in den Fig. 10 bis 14 durch punktierte Linien dargestellt.

Abgesehen von Fig. 13 für die Breitenschicht 3 liegen die gestrichelten Linien durchweg unter den voll ausgezogenen. Die Nachprüfungen lieferten also für die Breitenschichten 20, 18, 16 und 17 geringere Dehnungen, als bei der ersten Versuchsreihe gefunden waren. Es erschien hiernach nicht ausgeschlossen, daß der Probestab, obgleich er hochkant in der Maschine lag, beim Belasten sich durchbog¹⁾. Um nun Aufschluß darüber zu erlangen, ob einer solchen Durchbiegung entsprechend die Dehnungen zu beiden Seiten der Stabachse bei derselben Belastungsreihe verschieden sind, sind noch weitere Reihen ausgeführt, bei denen die Dehnungen für die symmetrisch zur Stabachse gelegenen Breitenschichten gleichzeitig gemessen wurden. Gemessen sind hierbei zunächst die Breitenschichten (s. Fig. 7):

18	2	bei Abstand $A = 30, 60, 90$ und 120 mm	} von der letzten Lochreihe.
16	5	„ „ „ „ „ „ „ „ = 20, 50, 80 „ 100 „	
17	12	„ „ „ „ „ „ „ „ = 20, 50, 80 „ 100 „	

Leider hatte die Festigkeitsprobiermaschine inzwischen wieder zu anderen Versuchen (Antragsarbeiten) verwendet werden müssen. Der Stab war daher zu

¹⁾ Auf das Ergebnis der Dehnungsmessung in der Stabachse (Breitenschicht 3, Fig. 13) konnte die Durchbiegung selbstverständlich keinen oder jedenfalls nur den geringsten Einfluß ausüben.

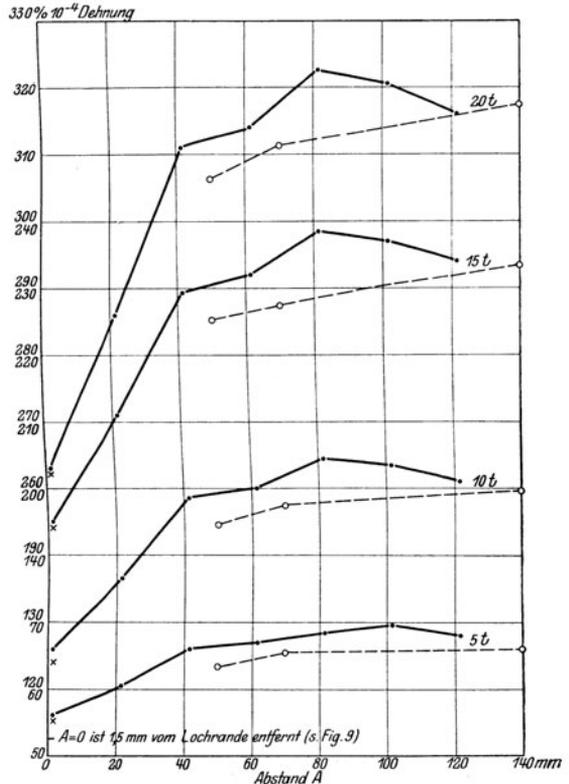


Fig. 14. Mittlere Dehnungen in der Breitenschicht 17 (Fig. 7) bei wachsendem Abstände A von Mitte Nietlochreihe 6 (Fig. 3). Die durch \times gekennzeichneten Beobachtungen für den Abstand $A = 0$ entstammen der Tab. 17. Die Werte zu \bullet s. Tab. 20 und die zu \circ Tab. 21.

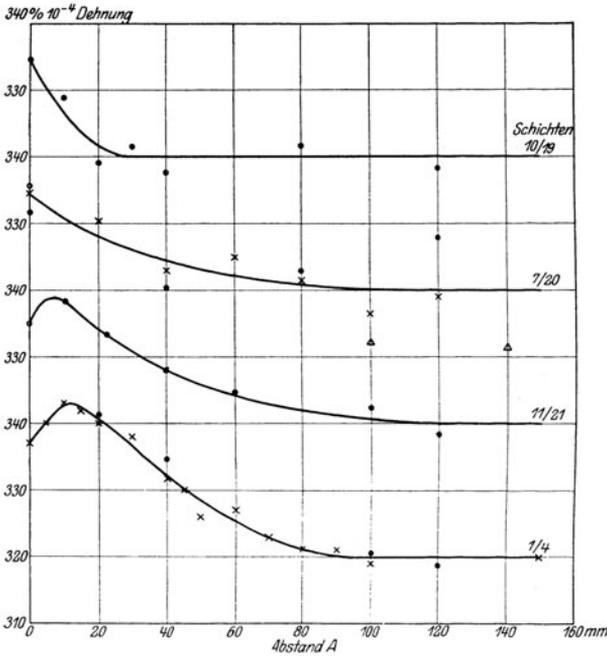


Fig. 15. Dehnung der einzelnen Breitenschichten bei 20t Belastung mit zunehmendem Abstände A vom Querschnitt $a \infty a$ (Fig. 7).

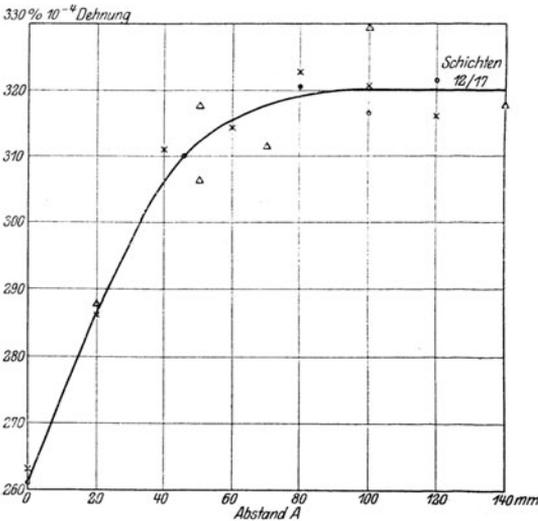


Fig. 16. Dehnung der Breitenschichten 12 und 17 bei 12t Belastung mit zunehmendem Abstände A vom Querschnitt $a \infty a$ (Fig. 7).

den letztgenannten Nachprüfungen wieder neu eingelegt. Die Ergebnisse bringen daher keine unmittelbare Aufklärung für die vorgenannten Dehnungsunterschiede, sondern lassen nur erkennen, ob überhaupt bei möglichst sorgfältigem Einbau des Stabes in die Maschine zu beiden Seiten der Stabachse verschiedene Dehnungswerte sich ergeben.

Die ermittelten Werte sind in Tab. 22 zusammengestellt. Das beste Urteil lassen die Werte für 20 t Belastung zu, da sie die größten sind. Man erkennt, daß für alle Abstände A die Breitenschichten 18, 16 und 17, beim Versuch unterhalb der Stabachse gelegen, größere Dehnungswerte lieferten als die gleichzeitig gemessenen Breitenschichten 2, 5 und 12, oberhalb der Stabachse.

Diese Erscheinung gab Veranlassung, auch für die übrigen je zwei symmetrisch zur Stabachse gelegenen Breitenschichten die Dehnungen noch gleichzeitig zu messen. Die Ergebnisse sind in Tab. 23—30 zusammengestellt. Sie bestätigen die aus Tab. 22 abgeleitete Beobachtung, daß die symmetrisch zur Stabachse gelegenen Breitenschichten bei gleichzeitiger Beobachtung abweichende Dehnungen lieferten. Die Ursachen zu diesen Abweichungen können nur in Zufälligkeiten, Durchbiegung des Stabes, zufälligen Verschieden-

heiten im Material oder Fehler in den Anzeigen der Meßapparate, gelegen sein. Daher erschien es angebracht, zur Erzielung der zuverlässigsten Werte für die Dehnungen des Stabes in verschiedenen Entfernungen von der Achse (Mittellinie)

die Einzelwerte für die symmetrisch zur Achse gelegenen Meßstrecken zu Mittelwerten zusammenzufassen.

In Fig. 15—17 sind nun die Ergebnisse sämtlicher Dehnungsmessungen bei 20 t Belastung für die einzelnen Breitenschichten aufgetragen und durch Schaulinien ausgeglichen. Fig. 15 enthält die Linien für die vier Breitenschichten 1 und 4, 11 und 21, 7 und 20, sowie 10 und 19; Fig. 16 die Linie für die Breitenschichten 12 und 17 und Fig. 17 die gemeinsame Linie für die Breitenschichten 2, 18, 5 und 16, ferner für die Schichten 13 und 8, sowie die gemeinsame Linie für die Breitenschichten 14 und 16, 15 und 9 und 3.

Hingewiesen möge besonders noch darauf sein, daß durch die Zusammenfassung der Beobachtungen für die Breitenschichten 5 und 16, sowie 2 und 18, ferner von 14 und 6, 15 und 9 und 3 zu zwei gemeinsamen Schaulinien zum Ausdruck gebracht ist, daß die Dehnungen in den vier Breitenschichten zu beiden Seiten der beiden Löcher als gleich groß erachtet sind und ebenso die Dehnungen innerhalb des

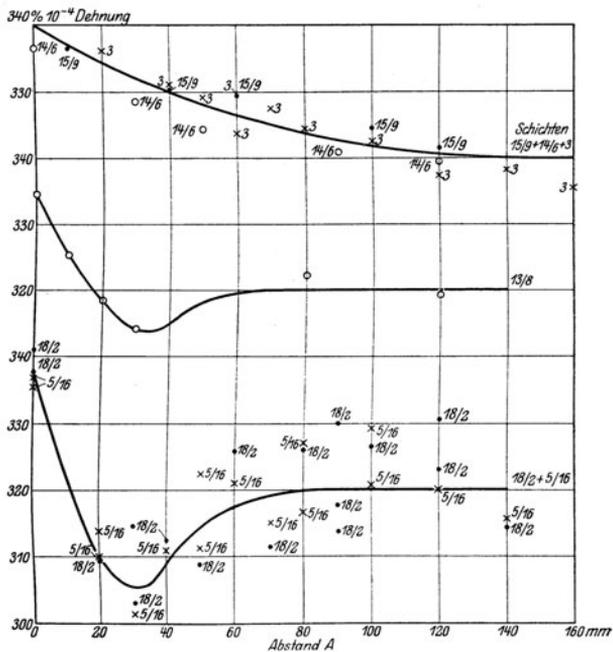


Fig. 17. Dehnung der einzelnen Breitenschichten bei 20 t Belastung mit zunehmendem Abstand A vom Querschnitt $a \infty a$ (Fig. 7).

mittleren Teiles der Stabbreite zwischen den Breitenschichten 14 und 6. Um aber zu zeigen, wie weit die Beobachtungen für die einzelnen Breitenschichten von den gewählten Ausgleichslinien abweichen, sind die den einzelnen Breitenschichten angehörigen Beobachtungspunkte durch verschiedenartige Zeichen unterschieden.

Die Abweichungen der Beobachtungspunkte von der zugehörigen Ausgleichslinie lassen erkennen, daß die aus den letzteren zu entnehmenden Werte, die den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt sind, mit einem Fehler von 2—3% behaftet sein können.

II. Die Verteilung der Zugspannungen in dem Stabteil außerhalb der Nietlöcher.

Bei Ermittlung der örtlichen Zugspannungen an verschiedenen Stellen des Stabes aus den beobachteten Dehnungen für eine gegebene Belastung ist zu beachten, daß die einzelnen Breitenschichten des Stabes infolge der Unterbrechungen durch die Nietlöcher bei der Beanspruchung auf Zug sich krümmen und daher auch die Wirkung der Querkräfte senkrecht zu den Längskräften in Rücksicht zu ziehen ist, weil die Beziehungen der Längsspannungen zu den Längsdehnungen durch den Einfluß der Querkräfte beeinflusst werden.

Die Dehnung ε_A jedes einzelnen Zentimeters der untersuchten Breitenschicht des Stabes, und zwar immer die des ersten, der Lochreihe 6 am nächsten gelegenen Zentimeters der Meßlänge, ist demnach allgemein gleich dem Unterschied zwischen den Dehnungen $\lambda_A - \lambda_{A+1}$ der beiden um den betreffenden Zentimeter gegeneinander verschobenen Meßstrecken, vermehrt um die Dehnung des zehnten oder letzten Zentimeters der von der Lochreihe entfernteren der beiden Meßstrecken, also allgemein

$$(9) \quad \varepsilon_A = \lambda_A - \lambda_{A+1} + \varepsilon_{A+10} .$$

Bei den Meßstrecken mit größtem A liegt das Ende der Meßlänge l stets außerhalb des Bereiches des Locheinflusses; für diese Meßstrecken ist also

$$\varepsilon_{A+10} = \varepsilon_1 ,$$

wenn ε_1 die Dehnung der Längeneinheit des Stabmaterials für den vollen Stabquerschnitt ist. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, an Hand der Gl. (9), beginnend mit den Beobachtungen für die Meßstrecken mit größtem A , die Werte von ε_A für jeden einzelnen Zentimeter zu berechnen.

Die Richtigkeit vorstehender Darlegungen ergibt sich auch durch folgende Rechnung:

Ist $l =$ Meßlänge von 10 cm,

$n =$ Anzahl der Zentimeter (Längeneinheiten), die von der Meßlänge l bereits im Bereich des Locheinflusses liegen,

$\lambda = \lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$ usw. = Dehnung, beobachtet in derselben Breitenschicht für die Meßlängen l mit $n = 0, 1, 2, 3$ usw.,

$\lambda' =$ Dehnung desjenigen Teiles der Meßlänge l , der außerhalb des Bereiches des Locheinflusses liegt,

$\lambda_n =$ Dehnung der vorgenannten n Längeneinheiten der Meßlänge, die bereits im Bereich des Locheinflusses liegen,

$\varepsilon =$ Dehnung der Längeneinheit (= 1 cm) außerhalb des Einflußbereiches des Loches¹⁾,

so ist $\lambda' = \varepsilon(10 - n)$ und

$$\lambda_n = \lambda - \lambda' = \lambda - \varepsilon(10 - n).$$

Der Unterschied $\Delta\lambda_n$ der Dehnungen λ_n für zwei aufeinanderfolgende, um 1 cm nach dem Loch hin gegeneinander verschobene Meßstrecken ergibt dann die Dehnung ε_1 des dem Loch zugekehrten Zentimeters der zweiten Meßstrecke. Z. B. sind für die beiden Meßstrecken mit $n = 2$ und 3 und mit den beobachteten Dehnungen λ_2 und λ_3

$$\lambda_{n_2} = \lambda_2 - \varepsilon(10 - 2) = \lambda_2 - 8\varepsilon ,$$

$$\lambda_{n_3} = \lambda_3 - \varepsilon(10 - 3) = \lambda_3 - 7\varepsilon ,$$

also entsprechend der Gl. (9):

$$\varepsilon_1 = \Delta\lambda_n = \lambda_{n_3} - \lambda_{n_2} = \lambda_3 - \lambda_2 + \varepsilon .$$

Nach den Gl. (8) und (9) sind nun in Tab. 31 die Werte für ε_A berechnet.

¹⁾ Dieser Wert muß nach Maßgabe von Tab. 12 gleich $32,0 \text{ cm } 10^{-5}$ sein, sofern nicht vom Kopf des Stabes aus sich neue Einflüsse auf die Dehnung des Stabes geltend machen.

2. Ermittlung der Querdehnungen ϵ_2 für die Längeneinheit.

Die örtlichen Querdehnungen im Bereich des untersuchten Stabteiles sind wie folgt ermittelt:

In 9 Querschnitten mit den Abständen $A = 0, 5, 10, 15, 20, 40, 70, 100$ und 140 mm vom Lochquerschnitt $a \approx a$ (Fig. 7) sind mit Martensschen Spiegel-

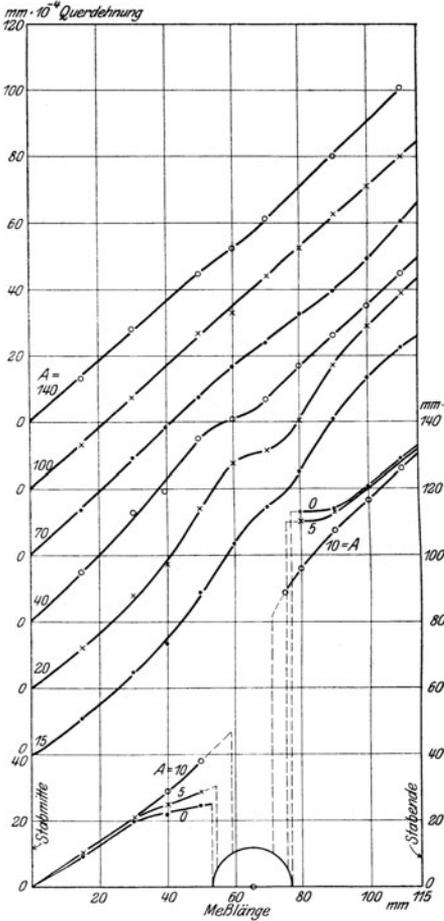


Fig. 19. Verteilung der Querdehnung über die Stabbreite in verschiedenen Abständen A vom Lochquerschnitt.

einzelnen Stabquerschnitten mit den am linken Ende der Linien angegebenen Abständen A vom Lochquerschnitt darstellen.

Auffallend ist an den Linien Fig. 21 die Lage der Wendepunkte. Die Minima der Querdehnungen (Breitenabnahme) fallen nicht mit der Mittellinie durch das Loch zusammen, sondern wandern mit zunehmender Entfernung A vom Lochquer-

apparaten die Gesamtlängenänderungen λ_q senkrecht zur Zugrichtung im allgemeinen für 10 verschiedene Meßlängen $l_q = 15, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100$ und 110 mm beobachtet. Das eine Ende aller Meßlängen lag in der Stabmitte¹⁾; die Unterschiede $\Delta\lambda_q$ in den nach wachsender Meßlänge aufeinanderfolgenden Beobachtungen $\lambda_{q_{10}}$ bis $\lambda_{q_{110}}$ ergeben somit die Längenänderungen für diejenige Strecke der Stabbreite, die dem Unterschiede in den Meßlängen entspricht, denen die in Betracht gezogenen Beobachtungen zugehören.

Für jede Meßstrecke liegen drei Beobachtungen vor (s. Tab. 32). Nach den Mittelwerten sind die Schaulinien Fig. 19 aufgetragen und diesen die in Tab. 33 aufgeführten Werte für λ_q entnommen. Aus letzteren sind in Tab. 33 die Werte für $\Delta\lambda_q$ und aus diesen schließlich die Querdehnungen ϵ_2 für die Längeneinheit an den verschiedenen Stellen des Stabes berechnet. Im Bereich des Loches, d. h. für die drei Reihen mit $A = 0, 5$ und 10 mm gelten statt der Meßlängen $l_q = 60$ und 70 mm die in Tab. 33 angegebenen besonderen Werte für l_q .

Nach den Werten für ϵ_2 Tab. 33 und einigen Zwischenrechnungen für $\Delta l_q = 5$ mm sind die Schaulinien Fig. 20 und 21 verzeichnet, die den Verlauf der Querdehnungen für die Längeneinheit in den

¹⁾ Nur für $l_q = 15$ mm wurde die Dehnung für 30 mm Länge ermittelt. Die Enden dieser Länge lagen je 15 mm von der Stabmitte entfernt, so daß der halbe Beobachtungswert als die Dehnung für $l_q = 15$ mm angesprochen werden konnte.

schnitt nach der Stabmitte hin, in Fig. 21 nach links. In gleicher Richtung bewegen sich die Maxima der Querdehnungen links vom Loch, d. h. gelegen in dem Stabteil zwischen den beiden Löchern in demselben Querschnitt.

Bei $A = 140$ mm war die Querdehnung an allen Stellen des Stabquerschnittes gleich groß. Annähernd den gleichen Wert zeigte sie bei $A = 100$ mm, indessen erscheint sie hier nach der Stabmitte hin noch etwas größer. Dagegen zeigt sie vom Loch aus nach dem Rande hin einen ganz auffallenden Verlauf.

Fig. 22 zeigt die nach den Beobachtungen Tab. 33 aufgetragenen Krümmungen der einzelnen Breitenschichten in verschiedenen Abständen l_q von Stabmitte. Der Verlauf der Linien läßt die starke Verzerung des Materials infolge der Unterbrechung des Stabes durch das Loch deutlich

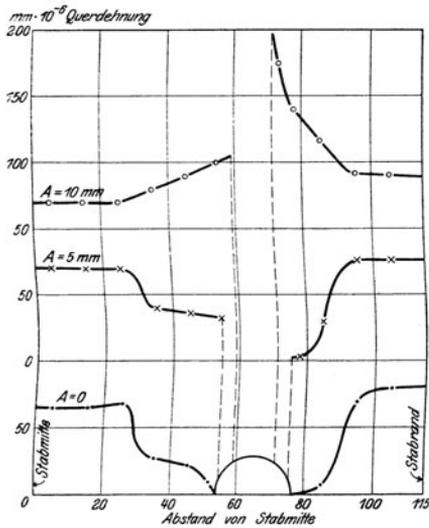


Fig. 20. Querdehnungen ϵ_2 der Längeneinheit an verschiedenen Stellen des Stabes, gegeben durch den Abstand von Stabmitte und den Abstand A vom Lochquerschnitt.

I. Im Bereich des durch die Nietlöcher geschwächten Stabteiles.

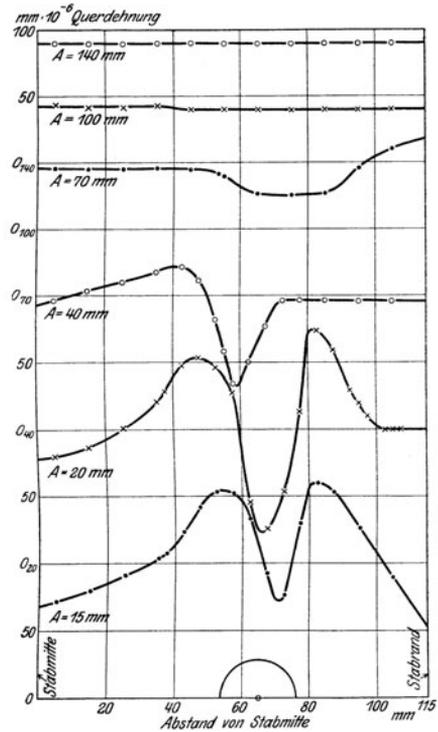


Fig. 21. Querdehnungen ϵ_2 der Längeneinheit an verschiedenen Stellen des Stabes, gegeben durch den Abstand von Stabmitte und den Abstand A vom Lochquerschnitt.

II. Im Bereich des vollen Stabes.

erkennen. Zwischen Loch und Stabrand erfahren die Breitenschichten nach dem Verlauf der Linien für $l_q = 80$ bis 110 mm eine starke Krümmung nach der Stabmitte hin, beginnend etwa bei $A = 70$ mm und nach dem Lochquerschnitt hin stark und stetig anwachsend. Auch die Linie für $l_q = 70$, die nach links von Mitte Loch ($l_q = 65$ mm) gelegen ist, zeigt Krümmung in derselben Richtung wie die vorgenannten.

Alle zwischen dem Loch und der Stabmitte gelegenen Schichten erfuhren doppelte Krümmung. Am geringsten war die Annäherung der Schicht an die Stabmitte im Lochquerschnitt ($A = 0$); mit wachsendem A nahm sie zunächst langsam und dann schnell zu. Zwischen $A = 20$ und 40 mm zeigen die Krümmungen der einzelnen Schichten Wendepunkte, und zwar bei um so kleinerem A , je weiter die Schicht von Stabmitte entfernt ist.

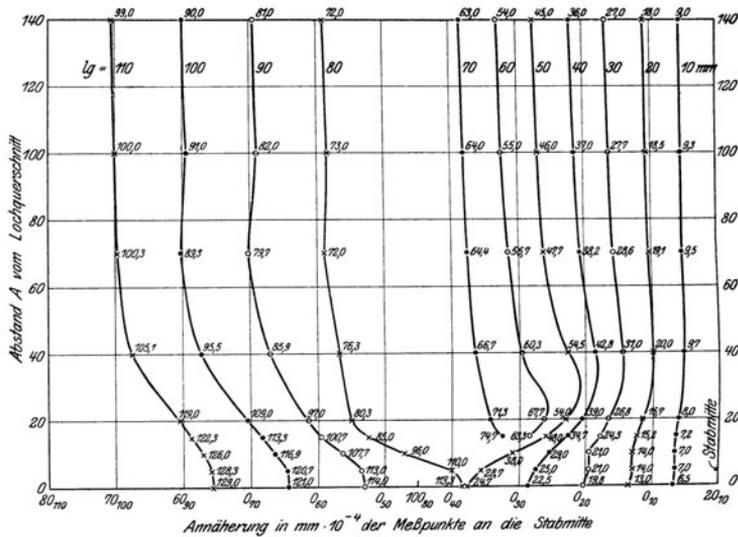


Fig. 22. Krümmung der Breitenschichten im Abstände l_q von Stabmitte.

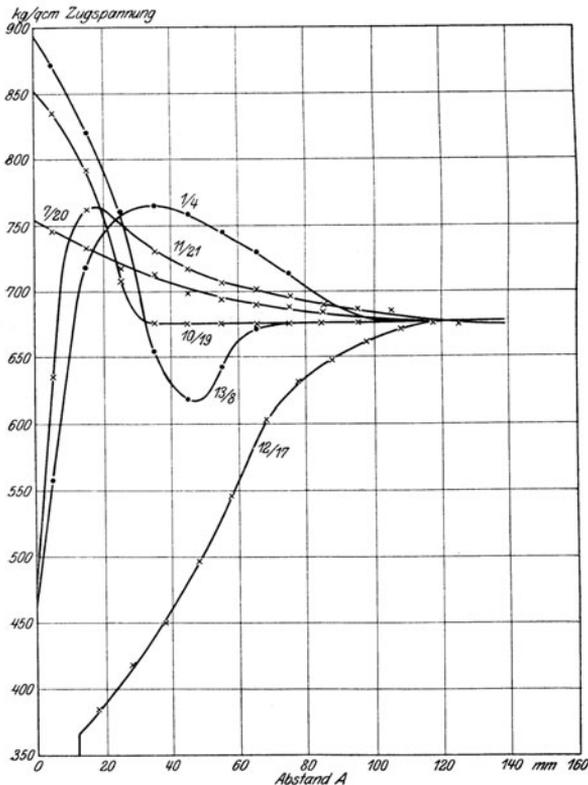


Fig. 23. Zugspannungen in den einzelnen Breitenschichten bei wachsendem Abstände A vom Querschnitt $a \infty a$ (Fig. 7). Die Zahlen neben den Linien bedeuten die Nummern der Schichten.

3. Ermittlung der Zugspannungen aus den Längsdehnungen.

Die Dehnung ϵ der Längeneinheit des vollen Stabes außerhalb des Einflußbereiches der Nietlöcher ist nach Tab. 12 für 20 — 1 = 19 t Belastungszunahme¹⁾ zu

$$\epsilon = 32 \text{ cm} \cdot 10^{-5}$$

ermittelt. Der Querschnitt f des vollen Stabes ist

$$f = 23,0 \cdot 1,22 \text{ cm} = 28,1 \text{ qcm.}$$

Demnach berechnet sich die Zugspannung σ , die der Dehnung der Längeneinheit $\epsilon = 32 \text{ cm} \cdot 10^{-5}$ entspricht, zu

$$(10) \quad \sigma = \frac{P}{f} = \frac{19000}{28,1} = 676 \text{ kg/qcm.}$$

¹⁾ Die Beschränkung der Betrachtungen auf 20 t Gesamtbelastung erschien angebracht, weil die Dehnungen für dieselbe Meßstrecke sich bis zu 20 t der Belastung proportional erwiesen, also die Spannungsverteilung für alle Belastungen bis zu 20 t demselben Gesetz folgt.

Da nun die Proportionalitätsgrenze des Materials bei der angewendeten Höchstlast von 20 t an keiner Stelle des Stabes überschritten worden ist, so berechnet sich ferner die mittlere örtliche Spannung σ_A innerhalb eines beliebigen Zentimeters der Meßstrecke zunächst unter Vernachlässigung der Querdehnungen aus der örtlichen Dehnung ϵ_A dieses Zentimeters nach der Proportion

$$\sigma_A : \sigma = \epsilon_A : \epsilon$$

zu

$$(11) \quad \sigma_A = \frac{\sigma \cdot \epsilon_A}{\epsilon} = \frac{676}{32} \cdot \epsilon_A = 21,1 \epsilon_A .$$

Die nach dieser Gleichung erhaltenen Werte von σ_A sind in Tab. 31 mit aufgenommen und in Fig. 23 und 24 durch Schaulinien dargestellt. Zu beachten war bei der Auftragung dieser Linien, daß die in Tab. 31 angegebenen Spannungswerte σ_A die mittleren Spannungen innerhalb je eines 1 cm langen Teiles der betreffenden Breitenschicht bedeuten, und daß immer der Wert für $A = 0$ dem ersten Zentimeter, für $A = 1$ dem zweiten Zentimeter usw. hinter dem Querschnitt $a \sim a$ (Fig. 7) angehört. Dementsprechend sind in den Fig. 23 und 24 den als Ordinaten aufgetragenen Werten von σ_A für $A = 0, A = 1, A = 2$ usw. die Abszissen 5 mm, 10 mm, 15 mm usw. beigeordnet.

Die Schaulinien Fig. 23 und 24 zeigen den Verlauf der aus den Längsdehnungen berechneten Zugspannungen bei 20 t Belastung des Stabes in den einzelnen Breitenschichten,

ausgehend von dem Querschnitt $a \sim a$ (Fig. 7) nach dem Stabende hin, also in dem vollen ungelochten Teil des Stabes. An diesen Linien sind nun die in Tab. 34 zusammengestellten Werte für die gleichen Abstände A bestimmt und nach ihnen die Schaulinien Fig. 25 und 26 aufgetragen. Sie zeigen, wie die Zugspannungen, berechnet aus den Längsdehnungen, in den einzelnen Querschnitten des Stabes über die Stabbreite sich verteilen.

Schließlich sind aus den Schaulinien Fig. 23 bis 26 noch die Punkte mit gleichen Spannungen abgegriffen und hiernach die Schaulinien Fig. 27 verzeichnet, sowie die körperliche Darstellung Fig. 28 gefertigt. Die beiden letztgenannten Abbil-

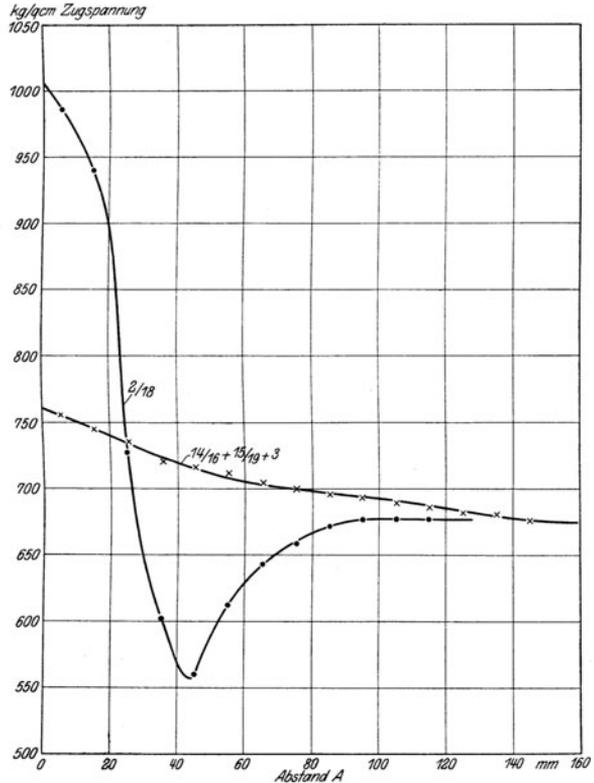


Fig. 24. Zugspannungen in den einzelnen Breitenschichten bei wachsendem Abstände A von dem Querschnitt $a \sim a$ (Fig. 7). Die Zahlen neben den Linien bedeuten die Nummern der Schichten.

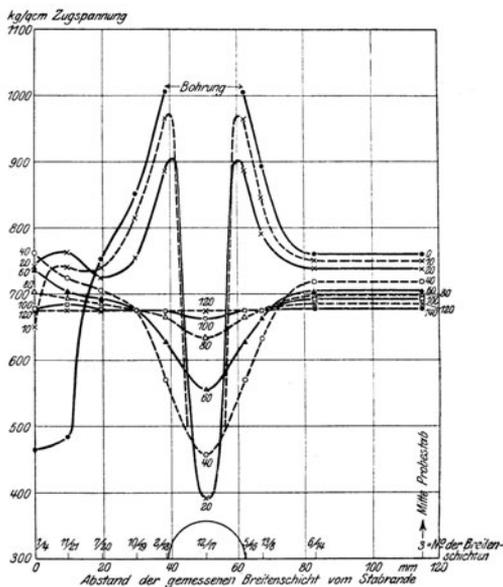


Fig. 25. Verlauf der Zugspannungen in den einzelnen Stabquerschnitten mit den Abständen $A = 0, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120$ und 140 mm vom Querschnitt $a \sim a$ (Fig. 7).

I. Zugspannungen berechnet aus den Längsdehnungen ϵ_1 .

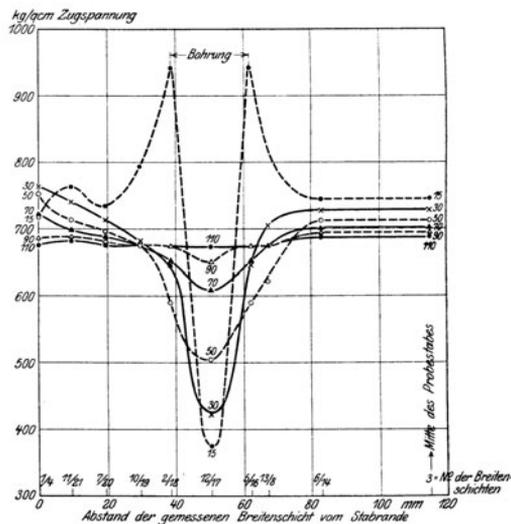


Fig. 26. Verlauf der Zugspannungen in den einzelnen Stabquerschnitten mit den Abständen $A = 15, 30, 50, 70, 90$, und 110 mm vom Querschnitt $a \sim a$ (Fig. 7).

I. Zugspannungen berechnet aus den Längsdehnungen ϵ_1 .

rändern nennenswerte Unterschiede. Die Spannungen sind bei Berücksichtigung der Querdehnungen ϵ_2 größer gefunden (Fig. 29) als bei Berechnung lediglich aus

dungen lassen die Verteilung der Zugspannungen in dem ungelochten Stabteil hinter dem Lochquerschnitt $a \sim a$ (Fig. 7) erkennen.

4. Ermittlung der Zugspannungen aus den Längs- und Querdehnungen.

Die zusammengehörigen, für dieselbe Stelle des Stabes geltenden spezifischen Längsdehnungen ϵ_1 ¹⁾ und Querdehnungen ϵ_2 ²⁾ sind in Tab. 35 gegenübergestellt. Außerhalb des Bereiches des Locheinflusses (voller Stabteil bei $A = 140$ mm) ist $\epsilon_1 = 32 \text{ cm} \cdot 10^{-5}$ und $\epsilon_2 = 9 \text{ cm} \cdot 10^{-5}$ ermittelt. Hieraus ergibt sich

$$m = \epsilon_1 / \epsilon_2 = 3,56 .$$

Mit diesem Werte für m und dem oben berechneten Wert $\alpha = 473 \cdot 10^{-9}$ (s. S. 22) wird nach Gl. (6) und (7)

$$(12) \quad \sigma_1 = 644739(m \epsilon_1 + \epsilon_2) ,$$

$$(13) \quad \sigma_2 = 644739(\epsilon_1 + m \epsilon_2) .$$

Nach diesen Gleichungen sind die in Tab. 36 gegebenen Spannungen berechnet. Zu beachten war hierbei, daß die Querdehnungen Verkürzungen darstellen, die Werte von ϵ_2 also mit negativem Vorzeichen in die Rechnungen einzuführen waren.

Fig. 29 und 30 zeigen an den zu Schaulinien aufgetragenen Werten der Tab. 36 den Verlauf der Längs- (Fig. 29) und Quer- (Fig. 30) Spannungen in den einzelnen Querschnitten des Stabes in verschiedenen Abständen A vom Lochquerschnitt $a \sim a$. Die dem gleichen A angehörenden Linien Fig. 25 und 29 unterscheiden sich im allgemeinen nicht wesentlich voneinander; nur bei $A = 0$ und 10 mm zeigen die Höchstspannungen an den Loch-

1) Berechnet aus den Werten σ_A , Tab. 31, nach der Gleichung $\epsilon_1 = \sigma / 21,1$.

2) Entnommen den Schaulinien Fig. 20 und 21.

den Längsdehnungen ϵ_1 (Fig. 25) und im ersteren Falle ergeben sich zu beiden Seiten des Loches verschiedene Spannungen.

Die mittlere Spannung σ_m im Lochquerschnitt berechnet sich für die Belastung $P = 19 \text{ t}$ mit dem Querschnitt $f = 22,5 \text{ qcm}$ zu $\sigma_m = 846 \text{ kg/qcm}$. Die Höchstspannung σ_{\max} neben dem Lochrande ergibt sich zu $\sigma_{\max} = 1100 \text{ kg/qcm}$. Das Verhältnis beider ist demnach $\frac{1100}{846} = 1,30$. Preuß¹⁾ fand dieses Verhältnis bei Stäben, die in der Mitte mit einem Loch versehen waren, zu 2,1 bis 2,3; Werte,

die von Leon und Zidlicky²⁾ um 2 bis 9% zu klein bezeichnet werden. Die Ursache für die geringen Verhältniszahlen von σ_{\max}/σ_m bei dem doppelt gelochten Stabe gegenüber dem Stabe mit einem Loch in der Mitte dürfte darin zu suchen sein, daß der Stabteil zwischen den beiden Löchern wesentlich höher beansprucht ist als die zwischen den Löchern und den Stabrändern gelegenen Teile, wie Fig. 29 deutlich erkennen läßt.

Eine Kontrolle für die Richtigkeit der beobachteten Werte liegt in der Größe der von den Schaulinien umschlossenen Flächen. Bei dem zum Verzeichnen der Linien (Fig. 29) ursprünglich gewählten Maßstabe, 1 cm Ordinate = 50 kg/qcm Spannung und 1 cm Abszisse = 1 cm Stabbreite, ergaben sich die in Tab. 37 gegenübergestellten Werte. Die Übereinstimmung

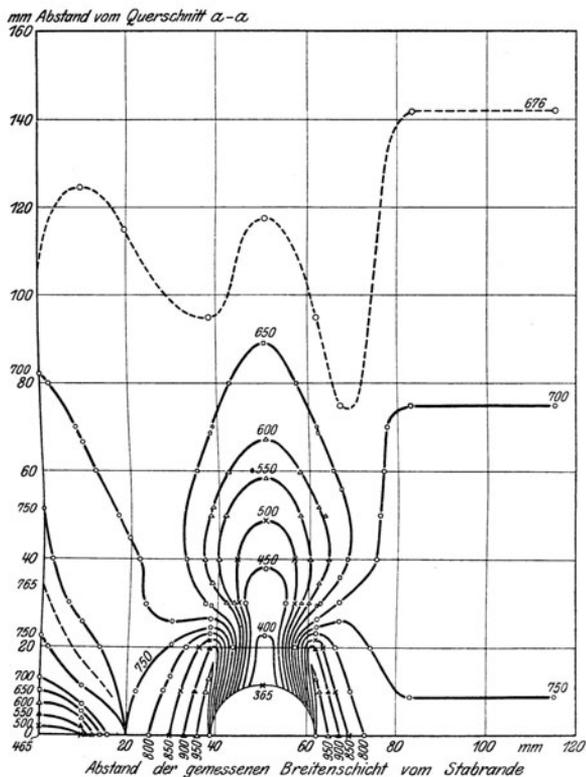


Fig. 27. Verteilung der Zugspannungen über die Stablänge. (Linien gleicher Spannungen.)

Tabelle 37.

Abstand A in cm für den der Schaulinienfläche angehörigen Stabquerschnitt		0	5	10	15	20	40	70
Schaulinienflächen	berechnet . . . F	1555	1555	1555	1555	1555	1555	1555
	beobachtet . . . F_1 (s. Fig. 29)	1452	1528	1640	1705	1610	1540	1564
	Verhältnis. . . F_1/F	0,94	0,98	1,03	1,10	1,03	0,99	1,00
	Unterschied . . . $\frac{F_1 - F}{F} \cdot 100$	-6,6	-1,8	+5,5	+9,6	+3,5	-1,0	0

¹⁾ Preuß, „Versuche über die Spannungsverteilung in gelochten Zugstäben.“ Mitteilungen über Forschungsarbeiten, Verein deutsch. Ing. 1912, Heft 126, S. 47.

²⁾ Leon und Zidlicky, „Die Ausnutzung des Materials in gelochten Körpern.“ Z. Ver. deutsch. Ing. 1915, S. 11.

der beobachteten Werte F_1 mit den berechneten F kann als recht befriedigend bezeichnet werden. Die erhaltenen Unterschiede können nicht befremden, zumal wenn man beachtet, daß die Einzelbeobachtung für die Dehnungen der symmetrisch zu beiden Seiten der Stabmitte gelegenen Meßstrecken recht erheblich voneinander ab-

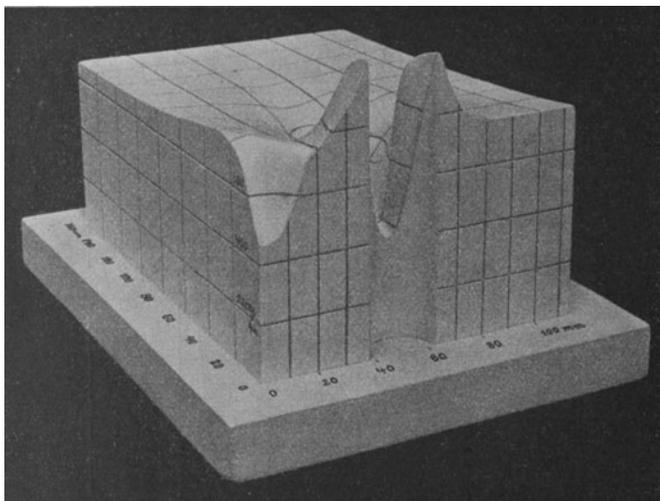


Fig. 28. Körperliche Darstellung für die Verteilung der Zugspannungen.

weichen und die der Berechnung zugrunde gelegten Werte Ausgleichslinien entnommen sind. Hierzu kommt noch, daß die Messungen der Querdehnungen im Hinblick auf den außerordentlich großen Arbeitsaufwand auf die eine Stabhälfte beschränkt worden ist.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit denen von Preuß, Leon und anderen läßt sich daher wohl schließen, daß das

Material der Stäbe mit zwei Bohrungen in demselben Querschnitt unter sonst gleichen Umständen infolge besserer Spannungsverteilung wesentlich günstiger beansprucht ist als bei Stäben mit nur einem Loch in der Mitte.

III. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Aus den vorliegenden Versuchen ergibt sich folgendes:

1. Bei Beanspruchung eines mit Bohrungen oder Löchern versehenen Stabes auf Zug ist die Zugspannung bis zu einem gewissen Abstände A vom Lochquerschnitt (Querschnitt mit Mitte Loch) nicht gleichmäßig über die Stabquerschnitte verteilt.

2. Die Reichweite A des Locheinflusses ergab sich bei dem untersuchten Stab zu $A = 100$ bis 120 mm.

3. Bei Anordnung mehrerer Lochreihen in Abständen kleiner als A überstrahlen sich die Einflüsse der in Richtung der Zugbeanspruchung hintereinander gelegenen Löcher.

4. Bei Berechnung der Dehnung eines Stabes mit Nietlöchern vom Durchmesser d unter Einführung rechteckiger Löcher von der Länge d und der Breite $n d$ statt der kreisrunden Löcher darf wegen der ungleichmäßigen Spannungsverteilung nicht allgemein $n = 0,8$ gesetzt werden.

An dem untersuchten Stabe (Fig. 3) ergab sich n bei 100 mm Meßlänge gelegen auf den Stabrändern innerhalb des Stabteiles mit offenen Nietlöchern von 23 mm Durchmesser zu $n = 1,704$.

Bei Löchern mit eingezogenen Nieten und Unterlagsplatten unter dem Schließkopf wuchs n bei Steigerung der Belastung von 1 auf 20 t von $n = 0$ bis $n = 0,600$.

5. Nach Beseitigung der Zugspannung aus dem Niet durch Abhobeln des Schließkopfes nahm n annähernd den gleichen Wert an wie für den Stabteil mit Löchern ohne Niet. Die Ausfüllung der Löcher mit dem Nieten hatte somit innerhalb der angewendeten Belastung keinen nennenswerten Einfluß auf die Dehnung des Stabes.

6. Infolge der ungleichmäßigen Querdehnungen bei Beanspruchung eines gelochten Stabes auf Zug erfährt vornehmlich das Material im kleinsten Querschnitt und hier besonders an den Stellen neben den Löchern erhöhte Zugspannung.

7. Die größte Zugspannung σ_{\max} herrscht bei Beanspruchung eines in demselben Querschnitt mit zwei Löchern versehenen Stabes auf Zug in dem kleinsten Querschnitt an den Lochwandungen. Hier war σ_{\max} 1,3 mal so groß als die außerhalb der Reichweite des Locheinflusses gleichmäßig über den Stabquerschnitt verteilte Zugspannung σ_m .

8. In dem Stabteil zwischen den beiden in demselben Stabquerschnitt gelegenen Löchern war die Zugspannung größer als in den beiden Teilen zwischen Loch und Stabrand. Dies hat zur Folge, daß bei dem gleichen Stabquerschnitt σ_{\max} bei einem Loch in der Mitte größer ist als σ_{\max} bei zwei Löchern in demselben Querschnitt.

Für die außerordentlich sorgfältige Ausführung der Versuche bin ich den Herren Ingenieur Panzerbieter, Dipl.-Ing. Stamer, Dipl.-Ing. Feddern und Dipl.-Ing. Rudeloff zu Dank verpflichtet, ersterem besonders auch für wertvolle Hinweise bei Aufstellung der Arbeitspläne.

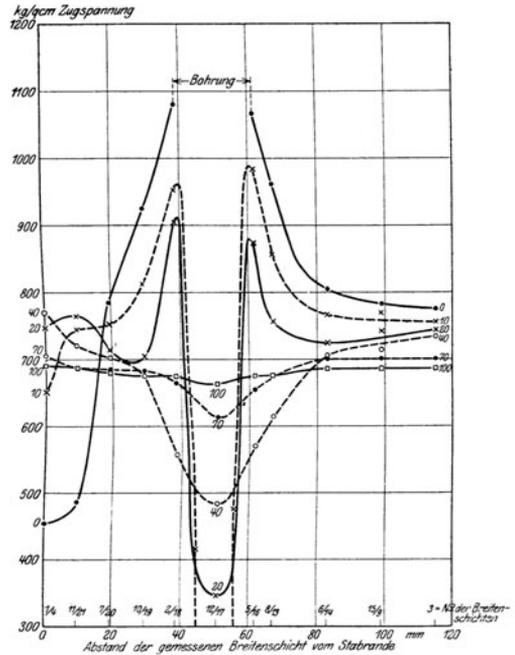


Fig. 29. Verlauf der Zugspannungen in den einzelnen Stabquerschnitten mit den Abständen $\Delta = 0, 10, 20, 40$ und 100 mm vom Querschnitt $a \infty a$ (Fig. 7).

II. Zugspannungen berechnet aus den Längsdehnungen ϵ_1 und Quersamziehungen ϵ_2 .

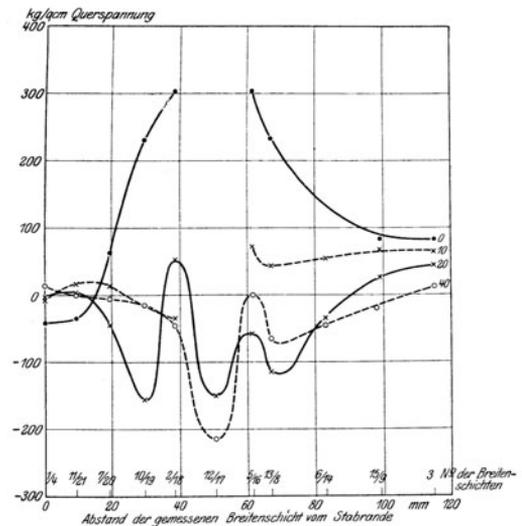


Fig. 30. Verlauf der Zugspannungen in den einzelnen Stabquerschnitten mit den Abständen $\Delta = 0, 10, 20$ und 40 mm vom Querschnitt $a \infty a$ (Fig. 7).

Berechnet aus den Längsdehnungen ϵ_1 und Quersamziehungen ϵ_2 .

Tabelle 1. Dehnungen der Meßstrecken α_1 und α_2 (volles Blech).

Meßlänge = 100 mm.

Reihe	Meßstrecke α_1 (Fig. 3)					Meßstrecke α_2 (Fig. 3)					Bemerkungen
	Gesamtdehnung auf 100 mm Meßlänge in mm 10^{-4} bei den Belastungen in t										
Nr.	5	10	15	20	bleibend	5	10	15	20	bleibend	
I 1	68	154	241	326	+2	67	152	234	318	+1	} Spiegelsitz unverändert.
2	68	153	238	323	-1	68	151	235	322	+0	
3	69	154	239	324	+0	67	150	235	322	+0	
Mittel	68	154	239	324	—	67	151	235	321	—	
I 4	69	155	239	323	+0	70	150	232	318	+0	} Spiegelsitz wie bei I 1—3.
5	70	155	239	323	+0	68	151	233	318	+1	
6	70	156	240	324	+0	67	151	232	318	+2	
Mittel	70	155	239	323	—	68	151	232	318	—	
I 7	69	155	238	323	+0	68	151	232	318	+2	} Spiegelsitz wie bei I 1—3.
8	69	153	238	322	+0	65	147	230	314	-2	
9	67	153	238	321	+0	67	149	232	314	-1	
Mittel	68	154	238	322	—	67	149	231	315	—	
II 1	67	154	238	322	+0	67	148	232	315	+0	} Spiegelsitz gegen II 1—9 unverändert.
2	68	154	238	322	+0	65	149	233	315	+0	
3	68	155	239	322	+0	67	149	233	315	+0	
Mittel	68	154	238	322	—	66	149	233	315	—	
II 4	68	153	238	322	+0	65	147	233	315	+0	} Spiegelsitz gegen I 1—9 unverändert.
5	68	153	238	322	+0	65	149	232	315	+0	
6	68	152	238	321	+0	65	148	233	315	+0	
7	68	153	238	321	+0	65	148	233	315	+0	
8	68	153	239	320	+0	65	149	232	315	+0	
Mittel	68	153	238	321	—	65	148	233	315	—	
II 9	67	152	237	321	+0	67	149	234	316	+0	Spiegelapparate vertauscht von α_1 nach α_2 .
III 1	(72)	(158)	(243)	(328)	+12	(70)	(156)	(239)	(323)	+5	} Spiegel neu ange- setzt wie bei I 1—9.
2	66	147	230	313	+12	67	150	232	317	+5	
3	65	148	232	316	+14	67	152	233	317	+5	
Mittel	66	148	231	315	—	67	151	233	317	—	
III 4	67	152	238	322	+0	64	148	230	313	+0	} Spiegel wie bei III 1—9 aber andere Meßfedern.
5	68	153	238	322	+0	66	148	230	313	+0	
6	68	153	238	322	+0	65	147	230	313	-1	
Mittel	68	153	238	322	—	65	148	230	313	—	
III 7	69	154	237	321	+0	65	148	230	313	+0	} Spiegelsitz gegen III 4—6 unverändert.
8	69	154	237	321	+0	67	149	231	314	+0	
9	69	154	237	321	+0	67	148	232	314	+0	
Mittel	69	154	237	321	—	66	148	231	314	—	
III 10	68	152	235	318	+0	65	148	230	312	+0	} desgl.
11	68	152	236	319	+0	66	148	231	313	+0	
12	69	153	237	322	+0	66	149	231	313	-1	
Mittel	68	152	236	320	—	66	148	231	313	—	
III 13	70	154	237	323	+0	66	149	231	314	+0	} desgl.
14	70	154	238	324	+0	66	150	232	314	+0	
15	70	154	238	324	+0	66	149	231	314	+0	
Mittel	70	154	238	324	—	66	149	231	314	—	
III 16	70	154	237	322	+0	66	148	231	313	+0	desgl.
III 17	70	154	235	321	+0						} desgl.
18	69	153	235	321	+0						
19	69	153	235	321	+0						
Mittel	69	153	235	321	—						
III 20	70	153	238	325	+2						} desgl.
21	70	152	238	324	+0						
22	72	155	241	325	+1						
Mittel	71	153	239	325	—						
III 23	69	153	236	325	+2						} desgl.
24	68	152	235	323	+1						
25	69	153	236	323	+0						
26	70	154	237	324	+0						
Mittel	69	153	236	324	—						
III 27	69	152	235	323	+0						} desgl.
28	69	152	235	325	+0						
29	69	152	235	324	+0						
Mittel	69	152	235	324	—						

Tabelle 2.

Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung.

Meßstrecken von Mitte bis Mitte Loch ohne Niet.

Meßlänge = 100 mm.

Reihe Nr.	Meßstrecke		Gesamtdehnung in mm 10^{-4} bei den Belastungen in t					Bemerkungen
	Zeichen s. Fig. 3	gelegen	5	10	15	20	bleibend bei 1 t	
III 1	e_1		74	167	260	353	- 2	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 1 unverändert. desgl. desgl.
2			74	168	262	355	± 0	
3			76	170	264	356	± 0	
4			76	169	262	355	± 0	
5			77	169	263	357	+ 2	
6			75	168	263	356	± 0	
7			75	168	262	356	± 0	
8			76	169	264	356	± 0	
9			77	169	264	355	± 0	
Mittel			76	169	263	356	—	
I 1	b_1	Von Mitte bis Mitte Loch.	(80)	(177)	(274)	(371)	+14	Belastung bis 25 t gesteigert. Reihe wegen + 14 Dehnungsrest (?) unbrauchbar. Sitz der Spiegelapparate gegen Reihe I 1 unverändert. Apparate neu angesetzt. Beobachtungen wegen Apparate gegen Reihe I 4 schlechten Arbeitens der unverändert. Apparate (negative Dehnungsreste) unbrauchbar. Apparate neu angesetzt. Apparate gegen I 7 unverändert.
2			77	170	265	361	± 0	
3			76	170	265	361	± 0	
4			(70)	(163)	(243)	(347)	- 3	
5			(78)	(163)	(255)	(345)	- 1	
6			(68)	(161)	(251)	(344)	- 5	
7			75	168	261	356	- 1	
8			73	166	259	355	+ 1	
9			75	167	260	356	- 1	
Mittel I			75	168	262	358	—	
III 20			74	166	260	353	± 0	Apparate neu angesetzt. Apparate gegen III 20 unverändert.
21			76	168	261	356	± 0	
22			76	168	262	356	± 0	
23			77	169	263	357	± 0	
24			76	170	263	358	± 0	
25			77	170	263	357	± 0	
26			77	169	263	357	+ 0	
Mittel III			76	169	262	356	—	
Gesamtmittel			76	169	262	357	—	

Tabelle 3³).
Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung.
 Meßstrecken mit Loch in der Mitte. Loch **ohne** Niet.

Reihe Nr.	Meßstrecken		Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Bemerkungen
	Zeichen s. Fig. 3	gelegen	5	10	15	20	bleibend bei 1 t	
III 13	l_2	nach den	75	166	259	352	+0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 13 unverändert.
14		Löchern	75	167	260	353	+0	
15		mit Niet	76	169	262	354	+0	
16		hin	76	167	259	353	+0	
Mittel				76	167	260	353	
II 1	b_2	mittlerer Teil der Strecke mit 3 Löchern	77	172	266	361	+1	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen II 1 unverändert. Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen II 4 unverändert.
2			77	170	266	360	+0	
3			77	171	265	359	+0	
4			75	170	265	359	+3	
5			75	169	264	359	+2	
6			75	169	264	359	+1	
7			75	168	263	358	+0	
8			75	170	264	358	+1	
9			77	171	265	360	+0	
Mittel II			76	170	265	359	—	
III 27	ohne Niet	77	165	261	357	+0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 27 unverändert.	
28		78	168	261	357	+0		
29		79	171	262	357	+0		
Mittel III			78	168	261	357	—	
Gesamtmittel			76	169	264	359	—	
III 10	d_2	nach dem	74	164	259	349	+0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 10 unverändert.
11		Stabende	76	166	259	353	+0	
12		ohne Loch	76	165	259	350	+0	
Mittel		hin	75	165	259	351	—	

Tabelle
Dehnungen an den Stabrändern (Breitschichten I und 4)
 im Vergleich mit den Deh-

Meßlänge mm	Reihe Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t					Reihe Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t				
		5	10	15	20	blei- bend		5	10	15	20	blei- bend
130	Breitschicht	I					4					
	1	(89)	(205)	(319)	(432)	+3	1	(95)	(208)	(323)	(437)	0
	2	88	202	316	430	+1	2	96	208	323	437	+1
	3	88	202	315	428	+2	3	94	207	322	436	-1
	4	87	201	314	427	+0	4	94	208	323	437	+1
	Mittel λ_{130}	87,7	201,7	315,0	428,3	—	Mittel λ_{130}	94,7	207,7	322,7	436,7	—
100	$\lambda_{100} =$	68,0	155,2	243,7	332,6	—	$\lambda_{100} =$	72,2	162,1	252,1	342,0	—
Unterschied ¹⁾	$\Delta\lambda = \lambda_{100} - \lambda_{130}$	18,9	46,5	71,3	95,7	—	$\Delta\lambda = \lambda_{130} - \lambda_{100}$	22,5	45,6	70,6	94,7	—
Dehnung des vollen Stabes auf 30 mm Meßlänge ²⁾ λ_{30}												
Unterschied zwischen beobachteter und berechneter Dehnung $\Delta\lambda - \lambda_{30}$												

¹⁾ Diese Unterschiede $\Delta\lambda$ stellen die Dehnung des 30 mm langen Teiles der Meßlänge von 130 mm dar,
²⁾ Mittelwerte nach Tabelle 12. ³⁾ Tabelle 4 s. S. 36.

Tabelle 5³⁾.

Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung.

Meßstrecken mit Loch in der Mitte. Loch mit eingezogenem Niet.

Reihe Nr.	Meßstrecke		Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Bemerkungen
	Zeichen s. Fig. 3	gelegen	5	10	15	20	bleibend bei 1 t	
III 13	f_2	nach den	68	157	246	334	±0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 13 unverändert.
14		Löchern	69	158	247	335	±0	
15		ohne Niet	69	158	247	335	+0	
16		hin	69	158	248	334	+0	
Mittel				69	158	247	335	
II 1	c_2	mittlerer Teil der Strecke mit 3 Löchern mit einge- zogenem Niet	67	151	238	327	±0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen II 1 unverändert. Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen II 4 unverändert.
2			67	151	239	328	+1	
3			67	151	239	327	+0	
4			68	152	240	328	+2	
5			67	152	239	326	+0	
6			66	152	239	328	-2	
7			69	154	242	331	+0	
8			67	154	240	327	+1	
9			67	152	240	328	+0	
Mittel II			67	152	239	328	—	
III 27		Niet	67	153	240	328	+0	Apparate neu angesetzt. Apparate gegen III 27 un- verändert.
28			67	152	239	327	+0	
29			67	153	239	327	+0	
Mittel III			67	153	239	327	—	
Gesamtmittel			67	152	239	328	—	
III 10	f_2	nach dem Stabende ohne Loch hin	66	153	238	323	±0	Apparat neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 10 unverändert.
11			65	153	238	324	±0	
12			66	155	240	326	±0	
Mittel			66	154	239	324	—	

19.

und in Stabmitte (Breitenschicht 3) auf 130 mm Meßlänge
nungen auf 100 mm Meßlänge.

Meßlänge mm	Reihe Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t					Reihe Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t				
		5	10	15	20	blei- bend		5	10	15	20	blei- bend
Mittel für 1 und 4						3						
130	1	—	—	—	—	—	1	90	202	316	430	+2
	2	92	205	320	434	+1	2	90	202	316	430	+2
	3	91	205	318	432	+0,5	3	89	201	314	428	+1
	4	91	204	318	432	+0,5	4	90	203	315	427	+0
	Mittel λ_{130}	91,3	204,7	318,7	432,7	—	Mittel λ_{130}	89,8	202,0	315,2	428,8	—
100	$\lambda_{100} =$	70,5	158,7	248,0	337,3	—	$\lambda_{100} =$	70,0	156,5	245,2	334,8	—
Unterschied ¹⁾	$\Delta\lambda = \lambda_{130} - \lambda_{100}$	20,8	46,0	70,7	95,4	—	$\Delta\lambda = \lambda_{130} - \lambda_{100}$	19,8	45,5	70,0	94,0	—
	—	20,1	45,2	70,5	95,9	—	—	20,1	45,2	70,5	95,9	—
	—	+0,7	+0,8	+0,2	-0,5	—	—	-0,3	+0,3	-0,5	-1,9	—

der jenseits des Querschnittes $b \approx b$ (Fig. 7) nach dem Stabkopf zu gelegen war.

Tabelle 4.

Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung.

Meßstrecken von Mitte bis Mitte Loch mit eingezogenem Niet.

Reihe Nr.	Meßstrecke		Gesamtdehnung in mm 10^{-4} bei den Belastungen in t					Bemerkungen		
	Zeichen s. Fig. 3	gelegen	5	10	15	20	bleibend bei 1 t			
III 1	g_1		68	158	245	333	+ 3	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 1 unverändert.		
2			70	157	241	332	+ 1			
3			69	157	240	333	+ 1			
4			desgl.		66	152	240	328	± 0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 7 unverändert.
5					66	155	241	328	± 0	
6					66	155	241	329	± 0	
7			desgl.		66	154	240	330	± 0	Apparate neu angesetzt. Sitz der Apparate gegen III 7 unverändert.
8					67	154	241	330	± 0	
9					67	154	241	330	± 0	
Mittel 4-9			66	154	241	329	—			
I 1	c_1	Von	(68)	(156)	(250)	(350)	+33	Belastung bis 25 t gesteigert. Reihe wegen +33 Dehnungsrest (?) unbrauchbar. Sitz der Spiegelapparate gegen Reihe I 1 unverändert. Apparate neu angesetzt. Apparate gegen I 4 unverändert. desgl.		
2		Mitte	68	154	240	330	± 0			
3		Loch	68	154	241	331	± 0			
4			69	156	240	327	± 0			
5			71	155	241	328	± 0			
6		bis	71	156	241	328	± 0		Apparate gegen I 4 unverändert.	
7			Mitte	69	155	241	327			± 0
8			68	154	240	326	± 0			
9		Loch	68	153	239	325	± 0			
Mittel I			69	155	240	328	—			
III 20			68	156	241	330	+3	Apparate neu angesetzt. Apparate gegen III 20 unverändert.		
21			68	155	241	330	-1			
22			74	158	242	333	+2			
23			69	153	244	330	+2			
24			70	157	243	329	± 0			
25			73	159	245	331	+1			
26			72	158	244	330	+0			
Mittel III			71	157	243	330	—			
Gesamtmittel			70	156	241	329	—			

Tabelle 6.

Einfluß der Nietlöcher auf die Dehnung.

Reihe Nr.	Meßstrecke		Gesamtdehnung in mm 10^{-4} bei den Belastungen in t				
	Zeichen s. Fig. 3	gelegen	5	10	15	20	bleibend
III 17	f_1	von Mitte	74	165	252	345	± 0
18		Loch ohne Niet	74	165	252	345	± 0
19		bis Mitte Loch mit Niet	74	165	252	344	± 0
Mittel				74	165	252	345
III 17	d_1	von Mitte Loch	71	162	251	343	± 0
18		ohne Niet nach	71	161	251	342	± 0
19		dem vollen Stabende	71	161	251	342	± 0
Mittel				71	161	251	342
III 17	h_1	von Mitte Loch	67	152	237	322	± 0
18		mit Niet nach	67	152	237	322	± 0
19		dem vollen Stabende	67	153	238	322	± 0
Mittel				67	152	237	322

Tabelle 7¹⁾.
Gegenüberstellung der Mittelwerte aus Reihe I bis III.

Meßstrecke			Dehnungen in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				
Zeichen s. Fig. 3	Lage		5	10	15	20	
a_1	Volles Blech		69	153	237	322	
a_2			66	149	232	315	
$\lambda_y = \text{Mittel}$			68	151	235	319	
b_1	von Mitte bis Mitte Loch		76	169	262	357	
e_1			76	169	263	356	
Mittel			76	169	263	357	
b_2	mittleres	Loch in der Mitte	Stabteil mit Löchern ohne Niet	76	169	264	359
d_2	nach dem Stabende gelegenes			75	165	259	351
e_2	nach den Nieten hin gelegenes			76	167	260	353
$\lambda_x = \text{Mittel für: } (b_1 + e_1 + b_2) \frac{1}{3}$			76	169	263	357	
g_1	von Mitte bis Mitte Loch		66	154	241	329	
c_1			70	156	241	329	
Mittel			68	155	241	329	
c_2	mittleres	Loch in der Mitte	Stabteil mit Löchern mit Niet	67	152	239	328
g_2	nach dem Stabende gelegenes			66	154	239	324
f_2	nach den offenen Löchern gelegenes			69	158	247	335
$\lambda_x' = \text{Mittel für: } (g_1 + c_1 + c_2) \frac{1}{3}$			68	154	240	329	
f_1	von Mitte Loch ohne Niet	bis Mitte Niet	74	165	252	345	
d_1	nach dem vollen Stabende		71	161	251	342	
h_1			von Mitte Loch mit Niet	67	152	237	322

¹⁾ Tabelle 8—10 s. im Text.

Tabelle 11.

Dehnung der vollen Stabteile ohne Nietlöcher bei verschiedenen Stablagen.

I. Meßstrecke a_1 mit $l = 100$ mm hinter den offenen Nietlöchern.

Reihe Nr.	Lage des Blechtes	Dehnungen in mm 10^{-4} bei den folgenden Belastungen in t					Reihe Nr.	Lage des Blechtes	Dehnungen in mm 10^{-4} bei den folgenden Belastungen in t				
		5	10	15	20	blei- bend			5	10	15	20	blei- bend
V 1	flach, aufge- nietete Platten	(70)	(158)	(240)	(325)	-2	IX 1	(67)	(152)	(236)	(318)	+3	
2		(72)	(160)	(243)	(327)	+3	2	68	152	235	320	+1	
3		69	157	239	324	0	3	(68)	(152)	(235)	(320)	+2	
4		69	157	239	324	0	4	67	—	234	320	+1	
Mittel		69	157	239	324	—	Mittel	68	152	235	320	—	
VIII 1		nach oben	(72)	(158)	(243)	(326)	+3	IX 5	67	151	235	319	0
2			(72)	(156)	(242)	(326)	+2	5	69	152	235	319	+1
3			70	155	240	323	+1	7	68	152	235	319	0
4			70	155	240	324	0	8	68	151	235	319	0
5			70	155	240	325	0	Mittel	68	152	235	319	—
Mittel	70		155	240	324	—	IX 50	(69)	(153)	(237)	(322)	+3	
VIII 6	nach unten		68	155	239	322	+1	51	67	151	235	320	-1
7			68	154	238	322	0	52	68	151	235	320	+1
8			68	155	239	321	0	53	68	151	235	320	0
9			69	155	239	322	0	Mittel	68	151	235	320	—
Mittel		68	155	239	322	—	X 1	(67)	(153)	(237)	(321)	+2	
VIII 10		hoch- kant	69	155	239	322	+1	2	65	151	235	319	-1
11			(68)	(154)	(239)	(322)	+2	3	66	151	235	320	0
12			68	154	238	321	-1	4	66	151	235	321	0
13			68	154	238	321	0	Mittel	66	151	235	320	—
Mittel			68	154	238	321	—	X 5	(65)	(151)	(235)	(319)	-2
VIII 14	hoch- kant		69	153	237	322	-1	5	66	151	236	320	-1
15			69	154	237	321	-1	7	67	152	237	322	0
16			69	154	237	321	-1	8	67	151	235	320	-1
17			69	154	237	321	-1	Mittel	67	151	236	321	—
18			69	154	238	322	+1	X 9	67	151	235	319	+1
Mittel		69	154	237	321	—	10	68	151	236	320	+1	
VI 1		hoch- kant	(64)	(150)	(237)	(325)	-3	11	68	152	235	319	+1
2			(71)	(155)	(240)	(325)	+2	12	68	153	235	320	0
3			70	154	239	323	0	Mittel	68	152	235	320	—
4			(68)	(153)	(237)	(323)	-2	X 13	66	150	234	318	-1
Mittel	70		154	239	323	—	14	67	151	235	319	+1	
VII 1	hoch- kant		71	155	240	325	+1	15	66	150	234	318	0
2			70	155	240	325	+1	16	67	150	234	318	0
3			69	153	238	323	0	Mittel	67	150	234	318	—
4			69	154	238	323	+1	X 17	68	152	236	320	+1
Mittel			70	154	239	324	—	18	68	152	235	320	+1
VII 5		hoch- kant	70	154	239	324	+1	19	(66)	(149)	(233)	(318)	-2
6			69	153	238	322	-1	20	68	151	235	320	0
7			70	154	239	323	0	Mittel	68	152	235	320	—
8			70	155	239	324	+1	X 17	68	152	236	320	+1
Mittel			70	154	239	323	—	18	68	152	235	320	+1

Tabelle 11.

Dehnung der vollen Stabteile ohne Nietlöcher bei verschiedenen Stablagen.

II. Meßstrecke a_2 mit $l = 100$ mm hinter den Löchern mit aufgenieteten Platten.

Reihe Nr.	Lage des Blechtes	Dehnungen in mm 10^{-4} bei den folgenden Belastungen in t					Reihe Nr.	Lage des Blechtes	Dehnungen in mm 10^{-4} bei den folgenden Belastungen in t					
		5	10	15	20	blei- bend			5	10	15	20	blei- bend	
VIII 1	flach, aufge- nietete Platten	(70)	(155)	(239)	(323)	+2	IX 1	flach, aufge- nietete Platten	67	151	236	320	+1	
2		(71)	(155)	(237)	(322)	+2	IX 2		(68)	(152)	(237)	(322)	+2	
3		69	153	235	320	0	IX 3		66	151	235	320	0	
4		69	153	235	320	0	IX 4		(67)	—	(238)	(321)	+2	
5		69	153	235	320	0	Mittel		67	151	236	320	—	
Mittel		69	153	235	320	—	IX 22		67	152	237	321	+1	
VIII 6		aufge- nietete Platten	70	156	236	320	0		IX 23	66	151	236	320	0
7			70	154	236	320	0		IX 24	66	151	236	320	0
8			70	154	236	320	0		IX 25	66	151	236	320	0
9			70	154	236	320	0		Mittel	66	151	236	320	—
Mittel	70	155	236	320	—	IX 50	nach oben	67	149	233	318	-1		
VIII 10	Platten nach oben	71	154	238	321	0		IX 51	69	150	234	319	+1	
11		71	154	238	321	0		IX 52	68	149	233	318	0	
12		71	154	238	321	0		IX 53	68	149	233	318	0	
13		71	154	238	321	0	Mittel	68	149	233	318	—		
Mittel	71	154	238	321	—									
VIII 14		71	154	238	321	0								
15		71	154	238	321	0								
16		71	154	238	321	0								
17		71	154	238	321	0								
18		71	154	238	321	0								
Mittel	71	154	238	321	—									

Tabelle 12.

Mittelwerte für die Dehnungen des vollen Stabes.

Meßstrecke s. Fig. 3.	Lage des Bleches	Dehnung in mm 10^{-4} auf 100 mm Länge bei den folgenden Belastungen in t				
		5	10	15	20	
1. Aus den Beobachtungen Tab. 11.						
a_1	Flach, aufgenietete Platten	oben	69	155	239	322
		unten	67	151	235	320
	Hochkant	70	154	239	323	
a_2	Flach, aufgenietete Platten	oben	70	154	237	321
		unten	67	150	235	319
2. Mittel aus den früheren Beobachtungen, s. Tab. 7.						
a_1	Flach, aufgenietete Platten oben	69	153	237	322	
a_2		66	149	232	315	

Tabelle 13.

Mittlere Dehnung an den Rändern des Stabes bei verschiedenem Abstände der Endmarke der Meßlänge von Mitte Nietloch.

I. Hinter der Lochreihe 6 (Fig. 3) ohne Niet.

Meßlänge = 100 mm. Stab lag flach in der Maschine; die aufgenieteten Platten nach unten.

Reihe Nr.	Abstand A des Endes der Meß- strecke von Mitte Loch mm	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihe Nr.	Abstand A des Endes der Meß- strecke von Mitte Loch mm	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					
		5	10	15	20	blei- bend			5	10	15	20	blei- bend	
IX 1	150	(67)	(152)	(236)	(318)	+3	IX 13	50	69	155	239	326	+1	
2		68	152	235	320	+0,5	14		68	154	238	325	-0,5	
3		(68)	(152)	(235)	(320)	+2	15		69	154	239	326	+0,5	
4		67	—	234	320	+1	16		69	154	239	326	+0	
Mittel		68	152	235	320	—	17		68	154	239	326	+0	
IX 5		150	67	151	235	319	+0	Mittel	69	154	239	326	—	
6			69	152	235	319	+0,5	IX 42	47,5	70	156	242	330	+0,5
7			68	152	235	319	+0	43		70	155	242	329	+0,5
8			68	151	235	319	+0	44		69	155	242	329	+0
Mittel		68	152	235	319	—	45	69		155	242	329	+0	
IX 50		100	(69)	(153)	(237)	(322)	+2,5	Mittel	70	155	242	329	—	
51			67	151	235	320	-0,5	IX 30	45	71	158	244	333	-0,5
52			68	151	235	320	+0,5	31		71	158	245	333	+0,5
53			68	151	235	320	+0	32		70	157	244	331	+0
Mittel			68	151	235	320	—	33		70	158	245	333	+1
IX 9		100	(68)	(152)	(236)	(321)	+1,5	Mittel		71	158	245	333	—
10	66		151	235	320	+0	IX 34	45	(70)	(157)	(242)	(330)	-1,5	
11	66		151	235	319	-0,5	35		(70)	(156)	(242)	(328)	-3,5	
12	67		152	236	320	-0,5	36		(69)	(156)	(242)	(330)	-1,5	
Mittel	66		151	235	320	—	37		(69)	(156)	(242)	(330)	-2,0	
IX 71	90		65	149	234	319	+0		Mittel	—	—	—	—	—
72		65	148	233	318	-1	IX 38		40	71	157	245	331	+1
73		66	149	234	319	+0	39	70		156	243	330	-0,5	
74		66	150	235	320	+0	40	70		156	244	330	+0,5	
Mittel		66	149	234	319	—	41	70		156	244	330	+0	
IX 67	90	63	149	235	320	+0	Mittel	70		156	244	330	—	
68		64	150	235	320	+0	IX 26	40	70	157	244	332	+0	
69		65	151	237	321	+1	27		70	158	246	333	+0,5	
70		66	151	236	321	+1	28		70	158	245	332	-0,5	
Mittel	65	150	236	321	—	29	70		158	245	332	+0		
IX 63	80	66	154	238	321	+0	Mittel	70	158	245	332	—		
64		70	155	239	322	+0	IX 22	30	71	159	247	338	-0,5	
65		71	154	238	321	+0	23		72	160	248	339	+0	
66		69	154	238	321	+0	24		72	160	248	338	+0	
Mittel	69	154	238	321	—	25	71		160	248	338	-0,5		
IX 58	70	68	154	239	323	+0	Mittel	72	160	248	338	—		
59		67	154	239	323	+0	IX 18	20	73	162	—	340	+0,5	
60		68	155	239	323	+0	19		72	162	251	340	+0	
61		(63)	(148)	(234)	(318)	-5	20		71	160	251	340	+0	
62		68	153	240	324	+0	21		71	161	251	341	+0	
Mittel	68	154	239	323	—	Mittel	72		161	251	340	—		
IX 54	60	70	155	240	328	+1	IX 75	0	(71)	(160)	(250)	(340)	+2	
55		70	155	241	327	+0	76		70	159	248	338	+0	
56		70	156	241	327	+0	77		70	159	248	337	+0	
57		70	156	241	327	+0	78		70	159	248	337	+0	
Mittel		70	156	241	327	—	Mittel		70	159	248	337	—	
IX 46	55	(68)	(153)	(240)	(326)	+3								
47		66	151	237	323	+0,5								
48		66	152	238	324	+0								
49		66	151	238	324	+0								
Mittel		66	151	238	324	—								

Tabelle 14 (Ergänzungsversuche).
Mittlere Dehnung an den Rändern des Stabes bei verschiedenem Abstände
der Endmarke der Meßlänge von Mitte Nietloch.

Reihe Nr.	Meßstrecke		Gesamtdehnung in $\text{mm} \cdot 10^{-4}$ bei den Belastungen in t				
	Zeichen	Abstand A der End- marke von Mitte Loch mm	5	10	15	20	bleibend
1	1 u. 4	5	72	160	250	340	± 0
2			72	160	251	340	± 0
3			72	161	250	340	± 0
4			72	161	250	340	± 0
Mittel			72	161	250	340	—
1	1 u. 4	10	73	162	253	343	± 0
2			74	163	254	344	+1
3			73	162	253	343	+1
4			73	162	252	341	+0
Mittel			73	162	253	343	—
1	1 u. 4	15	73	163	253	343	+1
2			73	163	252	342	+0
3			73	163	252	343	+0
4			73	163	252	342	+0
Mittel			73	163	252	342	—
1	1 u. 4	55	(71)	(158)	(246)	(331)	+4
2			70	156	243	329	+1
3			69	155	242	328	+0
4			69	156	241	328	+0
Mittel			69	156	242	328	—
1	1 u. 4	60	69	154	242	328	+1
2			69	154	242	327	+0
3			69	154	242	227	+0
4			70	154	242	328	+1
Mittel			69,3	154,0	242,0	327,5	—
1	1 u. 4	60	69	156	241	328	± 0
2			69	156	241	327	+0
3			69	156	241	327	+0
Mittel			69,0	156,0	241,0	327,3	—
1	1 u. 4	55	68	155	241	328	+1
2			69	156	242	329	+0
3			69	157	242	329	+0
4			70	157	242	330	+1
Mittel			69,0	156,3	241,7	329,0	—

Tabelle 15.

Mittlere Dehnung an den Rändern des Stabes bei verschiedenem Abstände der Endmarke der Meßstrecke von Mitte Nietloch.

II. Hinter der Lochreihe I (Fig. 3) mit aufgenieteten Platten.

Meßlänge = 10 cm. Stab lag flach in der Maschine; die aufgenieteten Platten nach unten.

Reihe Nr.	Abstand A des Endes der Meß- strecke von Mitte Loch mm	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihe Nr.	Abstand A des Endes der Meß- strecke von Mitte Loch mm	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				
		5	10	15	20	blei- bend			5	10	15	20	blei- bend
IX 1	150	67	151	236	320	+1	IX 58	70	(67)	(150)	(236)	(321)	+2
2		(65)	(152)	(237)	(322)	+2	59		66	151	234	319	+0
3		66	151	235	320	+0	60		67	150	236	319	+0
4		(67)	—	(238)	(321)	+2	61		67	151	236	319	+0
Mittel		67	151	236	320	—	62		67	151	236	319	+0
IX 22	150	67	152	237	321	+1	Mittel	67	151	236	319	—	
23		66	151	236	320	+0	IX 54	68	154	237	321	+0	
24		66	151	236	320	+0	55	67	152	234	320	+0	
25		66	151	236	320	+0	56	67	152	235	320	+0	
Mittel		66	151	236	320	—	57	67	152	235	320	+0	
IX 50	100	67	149	233	318	-1	Mittel	67	152	235	320	—	
51		69	150	234	319	+1	IX 26	68	152	237	322	+0	
52		68	149	233	318	+0	27	69	154	238	323	+0	
53		68	149	233	318	+0	28	69	154	238	323	+0	
Mittel		68	149	233	318	—	29	69	154	238	323	+0	
IX 5	100	68	151	235	319	+0	Mittel	69	154	238	323	—	
6		68	151	235	319	+0	IX 30	(68)	(153)	(238)	(323)	+2	
7		68	151	235	319	+0	31	68	153	237	323	+0	
8		68	151	235	319	+0	32	68	153	237	323	+0	
Mittel		68	151	235	319	—	33	68	153	237	323	+0	
IX 9	100	67	151	236	322	+0	Mittel	68	153	237	323	—	
10		68	151	236	322	+0	IX 34	67	152	237	322	-1	
11		68	151	236	322	+0	35	(67)	(151)	(233)	(319)	-2	
12		68	151	236	322	+0	36	(65)	(149)	(232)	(318)	-2	
Mittel		68	151	236	322	—	37	65	149	235	319	+0	
IX 13	100	68	151	235	321	+0	Mittel	66	151	236	321	—	
14		69	151	235	321	+1	IX 38	67	151	237	322	+0	
15		67	150	234	320	+0	39	67	151	236	322	+0	
16		67	150	234	320	+0	40	67	151	236	322	+0	
17		67	150	234	320	+0	41	67	151	236	322	+0	
Mittel	68	150	234	320	—	Mittel	67	151	236	322	—		
IX 18	90	67	151	236	320	+0	IX 42	(68)	(153)	(241)	(327)	+2	
19		67	151	236	320	+0	43	68	152	239	325	+0	
20		67	153	236	320	+1	44	68	152	239	325	+0	
21		67	152	235	319	+0	45	68	152	239	325	+0	
Mittel		67	152	236	320	—	Mittel	68	152	239	325	—	
IX 71	80	66	148	232	318	+1	IX 22	68	152	238	324	+0	
72		66	150	232	317	+0	23	68	153	238	324	-1	
73		66	148	232	317	+0	24	68	152	238	324	-1	
74		66	148	232	318	+0	25	67	153	238	324	+0	
Mittel		66	149	232	318	—	Mittel	68	153	238	324	—	
IX 67	90	67	149	235	318	+0	IX 75	68	154	239	325	+0	
68		66	149	233	317	+0	76	68	154	239	325	+0	
69		66	149	234	317	+0	77	68	154	239	325	+0	
70		66	150	234	317	+0	78	68	154	239	325	+0	
Mittel		66	149	234	317	—	Mittel	68	154	239	325	—	
IX 63	80	67	150	233	318	+0							
64		67	150	233	318	+0							
65		67	150	233	318	+0							
66		67	150	233	318	+0							
Mittel		67	150	233	318	—							

Tabelle 16. Mittlere Dehnung an den Rändern des Stabes innerhalb des Teiles mit Nietflächen.

Gemessen von Mitte bis Mitte Nietloch										Gemessen mit Nietloch in Mitte der Meßlänge										Gemessen nach d. Einrißform. d. beid. Niete d. Lochreihe 3 (s. Fig. 3)									
Reihe	Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t					bleibend	Reihe	Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t					bleibend	Reihe	Nr.	Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t					bleibend						
		5	10	15	20	30				5	10	15	20	30				5	10	15	20	30							
IX	22	68	152	238	324	+0	IX	18	(67)	(154)	(229)	(329)	-2	IX	17	(70)	(156)	(243)	(330)	+2									
	23	68	153	238	324	-1		IX	19	68	155	241	328		+0	IX	18	69	156	243	329	+1							
	24	68	152	238	324	-1			IX	20	68	153	240		328		+0	IX	19	68	155	242	328	+0					
	25	67	153	238	324	+0				IX	21	66	152		239		327		-1	IX	20	68	155	241	328	+0			
	Mittel	68	153	238	324	-					IX	Mittel	67		153		240		328		-	IX	Mittel	68	155	242	328	-	
IX	46	68	154	239	325	+0	IX					9	70	157	245		336		+1		IX		9	(72)	(168)	(254)	(346)	+3	
47	68	154	239	325	+0	IX		10				70	158	247	335	+0	IX		10				70	162	253	344	+1		
48	68	154	239	325	+0			IX	11			70	158	246	335	+0		IX	11				71	162	253	344	+1		
49	68	154	239	325	+0				IX	12		70	158	247	336	+0			IX	12			71	163	254	344	+1		
Mittel	68	154	239	325	-					IX	Mittel	70	158	246	336	-				IX		Mittel	71	162	253	344	-		
IX	13	(71)	(158)	(246)	(334)		+5				IX	1	73	164	256	348					+1	IX	5	(75)	(168)	(262)	(356)	+2	
14	69	155	243	330	+1	IX	2					73	164	257	348	+1	IX				6		73	168	262	354	+0		
15	69	155	242	329	+1		IX	3				73	164	256	348	+1		IX			7		73	168	262	354	+0		
16	68	154	241	328	-1			IX	4			72	-	256	348	+1			IX		8		73	168	262	354	+0		
17	70	155	242	329	+1				IX	Mittel		73	164	256	348	-				IX	Mittel		73	168	262	354	-		
Mittel	69	155	242	329	-					IX	IX	30	75	169	263	357					+1	IX	13	(71)	(168)	(247)	(337)	+3	
IX	5	71	162	254	345	+1					IX	31	75	168	263	356	+0				IX		14	69	157	246	334	+1	
6	70	162	254	344	+0	IX	32					75	168	262	356	+0	IX	15					69	157	245	333	+0		
7	71	162	254	344	+0		IX	33				75	168	262	356	+0		IX	16				69	157	245	333	+0		
8	71	163	253	345	+0			IX	Mittel			75	168	262	356	-			IX	Mittel			69	157	245	333	-		
Mittel	71	162	254	345	-				IX	IX		38	75	169	263	357				+1		IX	Mittel	69	157	245	333	-	
IX	26	(75)	(168)	(261)	(354)					+2	IX	39	74	168	261	357				+1	IX		1	(78)	(168)	(261)	(352)	+3	
27	(75)	(168)	(261)	(355)	+2	IX				40		75	168	262	356	+0	IX			2			72	165	257	351	+1		
28	73	167	260	353	-1		IX			41		75	169	262	355	+0		IX		3			74	165	258	350	+1		
29	75	168	261	354	+1			IX		Mittel		75	169	262	356	-			IX	4			73	165	257	350	+1		
Mittel	74	168	261	354	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	Mittel	73	165	257	350	-	
IX	34	75	168	261	354					+0	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		1	72	165	257	351	+1	
35	(75)	(167)	(260)	(352)	-4	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			2			74	165	258	350	+1		
36	76	168	260	353	-1		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		3			73	165	257	350	+1		
37	(74)	(167)	(259)	(353)	-2			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	76	168	261	354	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	42	74	165	259	353					+0	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
43	74	166	259	353	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
44	74	166	259	353	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
45	73	166	259	353	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	74	166	259	353	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
51	70	159	248	338	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
52	70	159	248	337	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
53	70	159	248	337	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	70	159	248	337	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
51	70	159	248	338	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
52	70	159	248	337	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
53	70	159	248	337	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	70	159	248	337	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
51	70	159	248	338	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
52	70	159	248	337	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
53	70	159	248	337	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	70	159	248	337	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
51	70	159	248	338	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
52	70	159	248	337	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
53	70	159	248	337	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	70	159	248	337	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
51	70	159	248	338	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
52	70	159	248	337	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
53	70	159	248	337	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	70	159	248	337	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2	IX	47	73	164	254	345				+0	IX		2	72	165	257	351	+1	
51	70	159	248	338	+0	IX				48		72	163	254	345	+0	IX			3			74	165	258	350	+1		
52	70	159	248	337	+0		IX			49		72	163	254	345	+0		IX		4			73	165	257	350	+1		
53	70	159	248	337	+0			IX		Mittel		73	164	254	345	-			IX	Mittel			73	165	257	350	-		
Mittel	70	159	248	337	-				IX	IX		46	73	164	254	345				+0		IX	1	73	165	257	350	-	
IX	50	(71)	(169)	(259)	(349)					+2																			

Dehnungen in verschiedenen Breitenschichten (Meß-

Die Lage der Meßstellen s. Fig. 7, die Abstände in Millimetern von den Stabranden
 Meßlänge = 100 mm; die eine Endmarke lag, von den Meßstellen 12 und 17 abgesehen, in dem mit der Mitte der Loch-
 lag die eine Endmarke der Meßlänge

Reihen- Zeichen	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihen- Zeichen	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihen- Zeichen	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				
	5	10	15	20	blei- bend		5	10	15	20	blei- bend		5	10	15	20	blei- bend
1 (0 l)						4 (0 r)						Mittel für 1 und 4 (0)					
a	(67)	(151)	(238)	(327)	-7	a	(72)	(161)	(250)	(339)	-1	a	(70)	(156)	(244)	(333)	-4
	68	154	244	333	0		72	162	252	341	-1		70,0	158,0	248,0	337,0	-0,5
	66	153	240	330	-2		73	163	253	343	-1		69,5	158,0	246,5	336,5	-0,5
	68	155	243	333	-1	72	162	252	342	0	70,0	158,5	247,5	337,5	+0,5		
c	68	155	243	332	+1	c	73	162	252	342	0	c	70,5	158,5	247,5	337,0	+0,5
	66	151	240	329	-2		72	162	252	342	0		69,0	156,5	246,0	335,5	-1
	67	154	242	332	-1		74	162	252	342	+2		70,5	158,0	247,0	337,0	+0,5
	68	155	243	331	0	72	160	250	341	-1	70,0	157,5	246,5	336,0	-0,5		
d	72	159	248	337	0	d	70	160	250	340	0	d	71,0	159,5	249,0	338,5	0
	72	160	249	338	+1		70	160	250	340	0		71,0	160,0	249,5	339,0	-0,5
	72	159	248	337	0		70	161	250	341	+1		71,0	160,0	249,0	339,0	-0,5
	71	159	247	336	0	70	160	250	340	0	70,5	159,5	248,5	338,0	0		
f	69	153	243	331	+1	f	75	166	256	345	+2	f	72,0	159,5	249,5	338,0	+2
	68	154	242	330	-1		73	164	254	344	0		71,0	159,0	248,0	337,0	0
	69	154	242	330	0		73	163	254	343	0		71,0	158,5	248,0	336,5	0
e	(67)	(152)	(240)	(328)	-2	e	(75)	(171)	(266)	(362)	+1	e	(71)	(162)	(253)	(345)	-0,5
	(67)	(153)	(242)	(330)	-1		(75)	(171)	(267)	(362)	+1		(71)	(162)	(255)	(346)	0
	(68)	(155)	(243)	(331)	0		(75)	(171)	(266)	(362)	0		(72)	(163)	(254)	(347)	0
Mittel	67,3	154,0	242,3	332,0	-	Mittel	72,3	162,3	252,3	342,0	-	Mittel	69,8	158,2	247,3	337,0	-
	67,2	153,8	242,0	331,0	-		72,7	161,5	251,5	341,8	-		70,0	157,6	247,0	336,4	-
	71,8	159,2	248,0	337,0	-		70,0	160,3	250,0	340,2	-		70,9	159,8	249,0	338,6	-
	68,7	153,7	242,3	330,3	-		73,7	164,3	254,7	344,0	-		71,3	159,0	248,5	337,2	-
	(67)	(153)	(242)	(330)	-		(75)	(171)	(260)	(362)	-		(71)	(162)	(254)	(346)	-
	68,8	155,2	243,7	332,6	-		72,2	162,1	252,1	342,0	-		70,5	158,7	248,0	337,5	-
11 (10 l)						7 (20 l)						10 (30 l)					
d	70	158	246	336	+1	e	71	157	246	334	+2	k	70	156	245	334	-1
	71	157	245	334	+1		69	156	245	333	0		70	157	245	334	0
	71	156	245	334	-1		70	157	245	333	0		71	157	246	335	0
	71	157	245	335	+1								71	158	246	335	+1
Mittel	70,8	157,0	245,2	334,8	-	Mittel	70,0	156,7	245,3	333,3	-	Mittel	70,5	157,0	245,5	334,5	-
21 (9 r)						20 (19 r)						19 (29 r)					
n	70	161	249	337	+1	m	71	161	249	338	0	b	(70)	(157)	(247)	(335)	+2
	69	160	248	336	0		72	161	249	338	0		68	156	246	333	0
	69	160	248	336	0		72	160	249	337	0		72	161	247	335	0
	71	160	247	336	0		72	160	249	338	0		72	160	248	334	0
Mittel	69,8	160,2	248,0	336,2	-	Mittel	71,8	160,5	249,0	337,8	-	Mittel	70,7	159,0	247,0	334,0	-
											c	72	161	247	335	+1	
												71	160	246	334	+1	
												72	160	248	335	+1	
												71	160	247	334	0	
											Mittel	71,5	160,2	247,0	334,5	-	
											Gesamt- mittel	71,1	159,6	247,0	334,3	-	

17.
stellen 1—21) bei den gleichen Belastungen (5—20 t).

rechts = *r*, links = *l*) sind hinter den Nummern der Meßstellen in Klammern angegeben.

reihe 6, Fig. 3 zusammenfallenden Querschnitt $a \sim a$, die andere im vollen Stabteile. Bei den Meßstellen 12 und 17 1,5 mm vom Lochrand entfernt.

Reihen- Zeichen	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihen- Zeichen	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihen- Zeichen	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				
	5	10	15	20	blei- bend		5	10	15	20	blei- bend		5	10	15	20	blei- bend
2 (39 <i>l</i>)						12 (52 <i>l</i> = Lochmitte)						15 (99 <i>l</i>)					
<i>f</i>	71	159	249	339	0	<i>g</i>	55	122	192	260	0	<i>m</i>	70	157	245	333	0
	71	159	249	339	0		54	122	192	260	-1		70	157	244	333	0
	70	159	249	339	0		54	122	192	260	-1		70	157	244	333	0
	72	159	249	339	0		54	123	192	261	-1		70	157	244	333	+1
Mittel	71,0	159,0	249,0	339,0	—	Mittel	54,2	122,2	192,0	260,2	—	Mittel	70,0	157,0	244,2	333,0	—
18 (38 <i>r</i>)						17 (50 <i>r</i> = Lochmitte)						9 (99 <i>r</i>)					
<i>h</i>	(65)	(154)	(244)	(333)	-3	<i>l</i>	56	123	193	262	-1	<i>d</i>	68	158	247	336	-1
	(69)	(157)	(245)	(335)	-2		56	125	195	262	0		72	160	249	339	0
	68	159	248	336	-1		(55)	(121)	(192)	(261)	-3		71	160	249	339	0
	69	159	248	336	0		(55)	(121)	(191)	(260)	-3						
Mittel	68,5	159,0	248,0	336,0	—	Mittel	55,3	124,0	194,0	262,0	—	Mittel	70,3	159,3	248,3	338,0	—
13 (67 <i>l</i>)						14 (83 <i>l</i>)						5 (63 <i>l</i>)					
<i>l</i>	70	157	246	333	0	<i>h</i>	71	159	249	337	0	<i>i</i>	71	158	247	337	+1
	70	158	245	332	+1		70	159	248	337	0		70	157	246	335	0
	69	157	245	332	0		70	158	247	336	-1		70	157	247	336	0
	69	157	244	331	0		70	158	248	336	-1		71	157	248	336	+1
	69	157	245	332	+1												
Mittel	69,4	157,2	245,0	332,0	—	Mittel	70,2	158,5	248,0	336,5	—	Mittel	70,5	157,2	247,0	336,0	—
8 (67 <i>r</i>)						6 (83 <i>r</i>)						16 (61 <i>r</i>)					
<i>k</i>	71	160	249	337	0	<i>e</i>	69	155	247	336	0	<i>g</i>	68	156	243	329	+1
	72	160	249	337	0		70	156	247	336	+1		69	156	243	328	+0
	71	160	248	338	+1		70	155	246	335	+1		68	156	243	328	+0
	71	159	249	337	0												
Mittel	71,2	159,8	248,8	337,2	—	Mittel	69,7	155,3	246,7	335,7	—	Mittel	68,5	156,0	243,0	328,5	—
3 (115 = Stabmitte)																	
<i>f</i>	70	156	245	335	0							<i>i</i>	71	163	252	343	+2
	70	157	245	334	-1								72	162	251	342	+1
	70	157	246	335	0								71	162	250	341	+1
	70	156	245	335	0								71	161	250	341	+0
Mittel	70,0	156,5	245,2	334,8	—							Mittel	71,2	161,8	250,8	341,8	—
												<i>n</i>	71	161	250	338	+1
													70	160	249	337	0
													70	159	249	337	0
													70	159	249	337	-1
												Mittel	70,2	159,8	249,2	337,2	—
												Gesamt- mittel	70,0	159,2	247,7	335,8	—

Tabelle 17a.

Mittlere Dehnungen in den verschiedenen Breitenschichten.

Meßlänge $l = 100$ mm.

Die eine Endmarke lag, abgesehen von den Meßstellen 12 und 17, in dem mit der Mitte der letzten Nietlochreihe (Reihe 6, Fig. 3) zusammenfallenden Querschnitt, die andere im vollen Stabteil (siehe a , Fig. 7). Bei den Meßstellen 12 und 17 lag die eine Endmarke der Meßlänge 1,5 mm vom Lochrande, also 13 mm vom Querschnitt $a \approx a$ entfernt.

Abstand der Breitenschicht vom Stabrande mm	Lage der Breitenschicht zum Nietloch	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t				Abstand der Breitenschicht vom Stabrande mm	Lage der Breitenschicht zum Nietloch	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t				
		5	10	15	20			5	10	15	20	
1	am Rande gemessen	68,8	155,2	243,7	332,6	5	63	neben dem Loch	70,5	157,2	247,0	336,0
4		72,2	162,1	252,1	342,0	16	61		70,0	159,2	247,7	335,8
Mittel		70,5	158,7	248,0	337,3	Mittel	62	70,3	158,2	247,4	335,9	
11	Zwischen	70,8	157,0	245,2	334,8	13	67		69,4	157,2	245,0	332,0
21		69,8	160,2	248,0	336,2	8	67		71,2	159,8	248,8	337,2
Mittel	9,5	70,3	158,6	246,6	335,5	Mittel	67	70,3	158,5	246,9	334,6	
7	Loch und Stabrand	70,0	156,7	245,3	333,3	14	83	Zwischen	70,2	158,5	248,0	336,5
20		71,8	160,5	249,0	337,8	6	83		69,7	155,3	246,7	335,7
Mittel	19,5	70,9	158,6	247,2	335,6	Mittel	83	70,0	156,9	247,4	336,1	
10		70,5	157,0	245,5	334,5	15	99	beiden Löchern	70,0	157,0	244,2	333,0
19		71,1	159,6	247,0	334,3	9	99		70,3	159,3	248,3	338,0
Mittel	29,5	70,8	158,3	246,3	334,4	Mittel	99	70,1	158,1	246,3	335,5	
2	neben dem Loch	71,0	159,0	249,0	339,0	3	Stabmitte		70,0	156,5	245,2	334,8
18		68,5	159,0	248,0	336,0							
Mittel	38,5	69,8	159,0	248,5	337,5							
12	Lochmitte	54,2	122,2	192,0	260,2							
17		55,3	124,0	194,0	262,0							
Mittel	51	54,8	123,1	193,0	261,1							

Tabelle 18¹⁾.

Dehnungen der Breitenschichten 12 und 17, hinter den Nietlöchern, bei verschiedenen Meßlängen.

Die eine Endmarke der Meßlängen lag stets 1,5 mm vom Lochrande entfernt (s. Fig. 9).

Breitenschicht	Meßlänge <i>l</i> mm	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in mm 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Bemerkungen
			5	10	15	20	blei- bend	
12	100	—	54,2	122,2	192,0	260,2	—	Werte entnommen aus Tab. 17a.
17		—	55,3	124,0	194,0	262,0	—	
Mittel		—	54,8	123,1	193,0	261,1	—	
12	90	1	49	111	172	237	±0	
		2	50	112	175	237	±0	
		3	50	112	175	239	+1	
		4	51	112	175	238	+0	
		Mittel	50,0	111,7	174,3	237,8	—	
17	90	1	48	108	170	232	+0	
		2	49	109	171	233	+0	
		3	48	110	171	232	±0	
		4	48	110	171	232	+0	
		Mittel	48,3	109,3	170,8	232,3	—	
12 u. 17	Gesamtmittel	49,1	110,5	172,5	235,0	—		
12	130	1	76	170	265	361	+0	
		2	75	169	263	357	-2	
		3	75	170	264	359	+1	
		4	75	170	263	357	±0	
		Mittel	75,2	169,8	263,8	358,5	—	
17	130	1	74	168	261	354	+0	
		2	74	168	262	356	+0	
		3	74	168	262	357	+0	
		4	75	169	263	357	+0	
		Mittel	74,2	168,2	262,0	356,0	—	
12 u. 17	Gesamtmittel	74,7	169,0	262,9	357,3	—		
Dehnungs- unterschiede	$\Delta\lambda_{10} = \lambda_{100} - \lambda_{90}$	5,7	12,6	20,5	26,1	—		
	$\Delta\lambda_{30} = \lambda_{130} - \lambda_{100}$	19,9	45,9	69,9	96,2	—		
Dehnung des vollen Stabes	auf $l = 100$ mm = δ	67,0	150,5	235,0	319,5	—	Mittelwerte, die sich nach Tab. 12 für Flachlage des Stabes, auf- genietete Platten nach unten, ergaben (s. auch Text S. 9).	
	auf $l = 10$ mm = $0,1\delta$	6,7	15,1	23,5	32,0	—		
	auf $l = 30$ mm = $0,3\delta$	20,1	45,2	70,5	95,9	—		
Unterschied der beob- achteten Dehnung gegen die berechnete	$\Delta\lambda_{10} - 0,1\delta$	-1,0	-2,5	-3,0	-5,9	—		
	$\Delta\lambda_{30} - 0,3\delta$	-0,2	+0,7	-0,6	+0,3	—		

¹⁾ Tabelle 19 s. S. 34 und 35.

Tabelle 20. Dehnungen der verschiedenen Breitenschichten (siehe Fig. 7) bei wachsendem Meßlänge

Abstand <i>A</i> des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Breitenschicht 20					Abstand <i>A</i> des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Breitenschicht 18					Abstand <i>A</i> des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Breitenschicht 16							
	Reihe Nr.	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihe Nr.	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Reihe Nr.	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t						
		5	10	15	20			blei- bend	5	10	15			20	blei- bend	5	10	15	20	blei- bend
0	1	(71)	(157)	(243)	(330)	(-6)	0	1	(74)	(165)	(254)	(343)	(3)	0	1	71	160	249	337	+1
	2	(72)	(160)	(246)	(334)	(-3)		2	72	163	251	341	0		2	72	161	250	337	+1
	3	73	161	247	335	-1		3	72	163	252	341	0		3	71	161	249	337	+1
	4	(73)	(159)	(246)	(333)	(-2)		4	72	163	252	341	0		Mittel	71,3	160,7	249,3	337,0	—
	5	(72)	(161)	(247)	(334)	(-2)		Mittel	72,0	163,0	251,7	341,0	—							
Mittel	73,6	161,0	247,0	335,0	—															
20	1	70	155	242	330	+1	20	1	68	146	228	309	0	20	1	(66)	(149)	(231)	(313)	(+3)
	2	(70)	(147)	(231)	(314)	(-15)		2	(67)	(150)	(231)	(312)	(+3)		2	(67)	(149)	(230)	(312)	(+2)
	3	(67)	(174)	(239)	(322)	(-7)		3	67	149	230	310	+1		3	66	148	229	310	+1
	4	70	156	242	329	-1		4	67	149	230	310	+1		4	(65)	(147)	(226)	(306)	(-3)
	Mittel	70,0	155,5	242,0	329,5	—		Mittel	67,3	148,0	229,3	309,7	—		Mittel	66,0	148,0	229,0	310,0	—
40	1	71	159	246	331	+1	40	1	(70)	(154)	(237)	(319)	(+7)	40	1	66	148	220	311	+1
	2	(70)	(159)	(246)	(329)	(-2)		2	(68)	(151)	(238)	(314)	(+2)		2	(67)	(150)	(232)	(312)	(+2)
	3	71	159	245	331	±0		3	67	150	232	313	+1		3	(66)	(145)	(226)	(308)	(-2)
	4	71	159	245	331	+1		4	66	150	231	312	±0		4	(66)	(145)	(226)	(307)	(-2)
	Mittel	71,0	159,0	245,3	331,0	—		Mittel	66,5	150,0	231,5	312,5	—		Mittel	66,0	148,0	230,0	311,0	—
60	Gesamt- mittel	70,6	157,3	243,7	330,3	—	60	1	(68)	154	238	321	(+2)	60	1	(69)	(155)	(240)	(324)	(+3)
	1	(67)	(152)	(237)	(322)	(+3)		2	(70)	155	238	322	(+2)		2	(68)	(154)	(238)	(322)	(+2)
	2	68	154	237	322	±0		3	68	154	237	320	+1		3	68	152	236	321	±0
	3	68	155	237	323	+1		Mittel	68,0	154,0	237,0	320,0	—		Mittel	68,0	152,5	237,0	321,0	—
	4	68	155	238	324	±0														
Mittel	68,0	154,7	237,3	323,0	—															
80	1	(67)	(152)	(237)	(322)	(+3)	80	1	(71)	(159)	(244)	(324)	(+3)	80	1	(68)	(152)	(235)	(319)	(+4)
	2	68	154	237	322	±0		2	(71)	(157)	(243)	(329)	(+2)		2	66	151	234	317	+1
	3	68	155	237	323	+1		3	(71)	(156)	(243)	(328)	(+2)		3	67	152	234	316	0
	4	(68)	(154)	(238)	(324)	(+3)		4	69	156	241	326	0		4	68	152	234	317	-1
	Mittel	68,0	154,7	237,3	323,0	—		Mittel	69,0	156,0	241,0	326,0	—		Mittel	67,0	151,7	234,0	316,7	—
100	1	(71)	(156)	(242)	(326)	(+2)	100	1	(72)	(159)	(245)	(331)	(+5)	100	1	68	152	236	320	0
	2	70	154	241	325	±0		2	(70)	(156)	(244)	(329)	(+2)		2	68	152	236	320	0
	3	70	156	242	325	±0		3	(71)	(156)	(242)	(317)	(-10)		3	68	152	236	321	0
	4	71	156	242	325	±0		4	70	157	242	327	±0		Mittel	68,0	152,0	236,0	320,3	—
	Mittel	70,3	155,3	241,7	325,0	—		Mittel	70,0	156,5	242,0	326,5	—							
120	1	67	154	239	321	±0	120	1	(70)	(160)	(246)	(330)	(+8)	120	1	67	152	237	320	0
	2	(69)	(157)	(223)	(324)	(+2)		2	69	154	239	323	±0		2	68	152	237	320	+1
	3	(70)	(157)	(240)	(326)	(+3)		3	69	154	239	323	+1		3	67	152	236	319	-1
	4	67	153	237	321	±0		4	69	153	239	323	±0		4	68	153	237	320	0
	Mittel	67,0	153,5	238,0	321,0	—		Mittel	69,0	153,7	239,0	323,0	—		Mittel	67,5	152,3	236,8	320,0	—
140	1	(69)	(157)	(238)	(344)	(+19)	140	1	(67)	(150)	(233)	(316)	(+2)	140	1	(67)	(150)	(233)	(316)	(+2)
	2	68	154	237	322	±0		2	68	151	235	317	+1		2	68	151	235	317	+1
	3	69	154	237	322	±0		3	68	151	235	316	+1		3	68	151	235	316	+1
	4	69	154	237	322	±0		4	67	150	235	316	±0		4	67	150	235	316	±0
	Mittel	68,5	154,0	237,0	322,0	—		Mittel	67,7	150,7	235,0	316,3	—							
160	Gesamt- mittel	67,8	153,8	237,5	321,5	—	160	1	69	154	237	319	±0	160	1	69	154	237	319	±0
	1	(69)	(157)	(238)	(344)	(+19)		2	69	153	236	319	±0		2	69	153	236	319	±0
	2	68	154	237	322	±0		3	69	153	236	318	±0		3	69	153	236	318	±0
	3	69	154	237	322	±0		4	68	153	237	320	-1		4	68	153	237	320	-1
	Mittel	68,5	154,0	237,0	322,0	—		Mittel	68,8	153,3	236,5	319,0	—							

Abstände A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe.
 ≈ 100 mm.

Breitenschicht 3							Breitenschicht 17						
Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Reihe	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Reihe	Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				
		Nr.	5	10	15	20			bleibend	Nr.	5	10	15
0	1	(73)	(163)	(253)	(343)	(+2)	0	1	(56)	(127)	(196)	(265)	+4
	2	71	161	251	344	+0		2	56	125	195	263	+1
	3	71	162	251	342	+1		3	57	127	195	263	± 0
	4	70	161	250	340	+0		4	(58)	(127)	(196)	(264)	+2
	Mittel	70,3	161,3	250,7	342,0	—		Mittel	56,5	126,0	195,0	263,0	—
20	1	70	160	230	339	+0	20	1	(62)	(139)	(214)	(290)	+5
	2	69	159	246	336	+1		2	60	136	211	286	± 0
	3	66	156	245	335	+0		3	(62)	(138)	(212)	(287)	+2
	Mittel	68,3	158,3	240,3	336,7	—		4	61	137	211	286	± 0
	Mittel	60,5	136,5	211,0	286,0	—							
40	1	(67)	(156)	(246)	—	—	40	1	(67)	(151)	(234)	(315)	+5
	2	69	158	247	335	-1		2	66	149	229	312	+1
	3	69	158	248	336	0		3	66	148	230	310	± 0
	Mittel	69,0	158,0	247,5	335,5	—		4	66	149	229	311	± 0
	Gesamt- mittel	68,6	158,2	243,2	336,1	—		Mittel	66,0	148,7	229,3	311,0	—
60	1	(70)	(158)	(245)	(334)	(+4)	60	1	(66)	(150)	(235)	(318)	+4
	2	69	155	242	331	+1		2	67	151	232	315	+1
	3	69	155	241	331	+0		3	67	149	231	314	+1
	4	69	155	242	331	+0		4	67	150	233	314	± 0
	Mittel	69,0	155,0	241,7	331,0	—		Mittel	67,0	150,0	232,0	314,3	—
80	1	68	153	239	324	-1	80	1	(71)	(156)	(241)	(327)	+6
	2	(68)	(155)	(241)	(325)	(+2)		2	(70)	(156)	(240)	(325)	+4
	3	69	153	238	322	± 0		3	68	154	238	322	+1
	4	69	155	240	325	+1		4	68	155	239	323	+1
	Mittel	68,7	153,7	239,0	323,7	—		Mittel	68,3	154,3	238,3	322,7	—
90	1	69	154	239	325	+1	100	1	(70)	(156)	(249)	(325)	+5
	2	67	152	238	324	± 0		2	(71)	(155)	(238)	(322)	+2
	3	67	152	237	324	± 0		3	70	154	237	321	+1
	4	67	152	237	324	± 0		4	69	153	237	320	± 0
	5	67	153	238	324	± 0		Mittel	69,5	153,5	237,0	320,5	—
Mittel	67,4	152,6	237,8	324,2	—								
100	1	69	152	236	322	± 0	120	1	(68)	(152)	(236)	(318)	+2
	2	68	153	237	323	+1		2	(69)	(152)	(235)	(318)	+2
	3	67	152	236	322	+0		3	68	151	234	316	+1
	4	(68)	(152)	(237)	(322)	(+2)		Mittel	68,0	151,0	234,0	316,0	—
	5	(68)	(152)	(238)	(323)	(+2)							
Mittel	68,0	152,3	236,3	322,3	—								
120	1	(64)	(144)	(225)	(307)	(+2)	120	1	(64)	(143)	(223)	(305)	(+2)
	2	(64)	(143)	(223)	(305)	(+2)		3	63	141	223	304	± 0
	3	63	141	223	304	± 0		4	63	141	223	304	± 0
	4	63	141	223	304	± 0		Mittel	63,0	141,0	223,0	304,0	—
	Mittel	63,0	141,0	223,0	304,0	—							

Tabelle

Dehnungen der verschiedenen Breitschichten (siehe Fig. 7) bei wachsendem Abstände A des Meßbläng

Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Breitschicht 20						Breitschicht 18						Breitschicht 16								
	Reihe	Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Reihe	Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Reihe	Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					
		Nr.	5	10	15	20			blei- bend	Nr.	5	10	15			20	blei- bend	Nr.	5	10	15
100	30	1	65	146	226	308	+1	30	1	64	144	222	304	+1	30	1	(64)	(143)	(221)	(302)	(+3)
		2	(66)	(145)	(226)	(308)	(+3)		2	64	144	222	303	+1		2	63	142	221	300	+1
		3	65	143	224	305	0		3	63	145	222	302	+1		3	61	142	222	301	0
		4	(65)	(145)	(286)	(484)	(+80)		4	(64)	(144)	(222)	(302)	(+2)		4	62	142	222	302	0
		Mittel	65,0	144,5	225,0	306,5	—		Mittel	63,7	144,3	222,0	303,0	—		Mittel	62,0	142,0	221,8	301,3	—
100	50	1	69	149	231	314	0	50	1	65	146	225	308	0	50	1	66	146	229	311	0
		2	(69)	(124)	(208)	(290)	(-24)		2	66	146	225	308	0		2	66	146	229	312	0
		3	(67)	(141)	(224)	(306)	(-8)		3	66	146	226	308	0		3	66	146	228	311	0
		4	68	149	231	315	+1		4	66	146	226	308	0		4	66	146	229	311	+1
		Mittel	68,5	149,0	231,0	314,5	—		Mittel	65,8	146,0	225,8	308,0	0		Mittel	66,0	146,0	228,8	311,3	—
140	50	1	(68)	(150)	(232)	(316)	(+2)	50	1	(66)	(148)	(229)	(313)	(+4)	70	1	(66)	(147)	(229)	(312)	(-3)
		2	(68)	(152)	(233)	(317)	(+2)		2	66	146	228	310	± 0		2	68	148	230	314	-1
		3	66	150	231	315	+1		3	66	147	228	310	± 0		3	(68)	(149)	(232)	(318)	(-2)
		4	65	150	231	314	0		4	66	146	228	310	+1		4	(67)	(147)	(228)	(315)	(-3)
		5	66	150	232	316	0		5	66	145	228	309	± 0		Mittel	68,0	148,0	230,0	314,0	—
Mittel	65,7	150,0	231,3	315,0	—	Mittel	66,0	146,0	228,0	309,8	—	Mittel	68,0	148,0	230,0	314,0	—				
Gesamt- mittel		66,3	148,1	229,5	312,4	—	Gesamt- mittel		65,9	146,0	226,9	308,9	—	Gesamt- mittel		66,0	148,5	231,3	315,3	—	
140	70	1	(64)	(144)	(226)	(308)	(-3)	70	1	(68)	(148)	(231)	(314)	(+2)	90	1	65	146	232	314	+1
		2	67	147	229	312	± 0		2	68	148	230	312	+1		2	66	148	230	314	+1
		3	67	147	229	312	+1		3	66	147	229	311	+1		3	66	147	231	314	± 0
		4	66	146	228	311	+1		4	66	146	229	311	0		4	67	148	231	314	± 0
		5	65	145	226	310	± 0		5	66	146	229	312	0		Mittel	65,0	148,5	232,0	316,0	—
Mittel	66,3	146,3	228	311,3	—	Mittel	66,5	146,8	229,2	311,5	—	Gesamt- mittel	66,0	148,5	231,3	315,3	—				
140	90	1	(68)	(151)	(236)	(320)	(+3)	90	1	(68)	(151)	(236)	(320)	(+3)	140	1	69	149	232	315	-1
		2	67	151	235	318	+1		2	67	150	233	317	0		2	66	148	231	315	-1
		3	67	150	233	317	0		3	68	150	234	318	0		3	67	149	231	316	0
		4	68	150	234	318	0		4	68	152	234	318	0		4	65	149	232	316	+1
		5	68	152	234	318	0		Mittel	67,5	150,8	234,0	317,8	—		Mittel	67,5	148,8	231,5	315,5	—
Mittel	67,5	150,8	234,0	317,8	—	Gesamt- mittel		66,0	149,0	230,5	314,5	—	Gesamt- mittel		67,5	148,8	231,5	315,5	—		

21.
 Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe. (Querschnitt $a \approx a.$)
 = 100 cm.

Breitenschicht 3							Breitenschicht 17							
Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Reihe Nr.	Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					blei- bend	Abstand A des Endes der Meßstrecke von Mitte Loch mm	Reihe Nr.	Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t				
		5	10	15	20					5	10	15	20	blei- bend
		50	1	69	154	242				329	± 0	50	1	64
	2	70	155	242	330	+1	2	(64)	(146)	(225)	(308)		+2	
	3	71	154	241	329	± 0	3	63	144	225	306		± 0	
	4	71	154	241	329	± 0	4	63	145	225	306		± 0	
	Mittel	70,3	154,3	241,5	329,3	—	Mittel	63,3	144,5	225,3	306,3		—	
70	1	(67)	(155)	(241)	(328)	(+2)	70	1	(68)	(150)	(231)	(295)	+5	
	2	68	155	240	328	+1		2	(67)	(150)	(231)	(315)	-3	
	3	68	155	241	327	± 0		3	(67)	(148)	(229)	(313)	+2	
	4	68	155	241	328	+1		4	66	147	228	311	+1	
	5	68	155	240	327	± 0		5	66	148	227	311	+1	
	Mittel	68,0	155,0	240,5	327,5	—	Mittel	66,0	148,5	227,5	311,0	—		
120	1	68	150	234	318	+1	120	1	65	147	227	310	± 0	
	2	(67)	(150)	(233)	(318)	(+2)		2	65	147	227	312	± 0	
	3	65	148	233	316	-1		Mittel	65,0	147,0	227,0	311,5	—	
	4	66	149	234	317	+1		Gesamt- mittel	65,5	147,3	227,3	311,3	—	
	Mittel	66,3	149,0	233,7	317,0	—		140	1	(67)	(157)	(241)	(325)	+8
140	1	66	150	232	317	-1	140	2	66	149	233	317	-1	
	2	66	150	232	317	-1		3	66	150	234	318	± 0	
	3	67	151	233	318	+1		4	66	150	233	318	± 0	
	4	67	150	233	317	-1		5	66	150	234	318	± 0	
	Mittel	66,5	150,3	232,8	317,3	—		Mittel	66,0	149,8	233,5	317,8	—	
	Gesamt- mittel	66,4	149,7	233,1	317,1	—	140	1	67	151	234	319	+1	
160	1	67	151	234	319	+1	160	2	67	150	234	318	-1	
	2	67	150	234	318	-1		3	67	151	235	318	+1	
	3	67	151	235	318	+1		4	66	150	234	317	-1	
	4	66	150	234	317	-1		5	67	150	235	318	+1	
	Mittel	66,8	150,4	234,4	318,0	—		160	1	68	148	232	315	+1
180	1	68	148	232	315	+1	180	2	67	148	231	315	-1	
	2	67	148	231	315	-1		3	67	149	232	316	+1	
	3	67	149	232	316	+1		4	66	149	231	315	+1	
	4	66	149	231	315	+1		Mittel	67,0	148,5	231,5	315,3	—	
	Mittel	67,0	148,5	231,5	315,3	—		180	1	66	150	235	321	0
200	1	66	150	235	321	0	200	2	68	150	236	320	-1	
	2	68	150	236	320	-1		3	69	152	237	318	± 0	
	3	69	152	237	318	± 0		4	67	152	235	320	± 0	
	4	67	152	235	320	± 0		Mittel	67,5	151,0	235,8	319,8	—	
	Mittel	67,5	151,0	235,8	319,8	—		200	1	65	152	235	319	+1
220	1	65	152	235	319	+1	220	2	65	151	234	318	± 0	
	2	65	151	234	318	± 0		3	67	152	235	318	± 0	
	3	67	152	235	318	± 0		4	67	152	235	320	+1	
	4	67	152	235	320	+1		Mittel	66,8	151,8	234,8	318,8	—	
	Mittel	66,8	151,8	234,8	318,8	—		Gesamt- mittel	67,1	151,4	235,3	319,3	—	

Tabelle 22. Dehnungen der verschiedenen Breitschichten (s. Fig. 7) bei wachsendem Abstände A.

Abstand A rechnet bei den Breitschichten 218 und 516 von Mitte Nietlöcher, bei den Breitenschichten 1217 von einer Marke aus, die 15 mm vom Lochrande entfernt war. Meßlänge l = 100 mm.

Abstand A, mm	Reihe Nr.	Dehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				Abstand A, mm	Reihe Nr.	Dehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t				Abstand A, mm	Reihe Nr.	Dehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t			
		5	10	15	20			5	10	15	20			5	10	15	20
30	1	68	147	238	311	11	1	64	146	228	310	1	1	59	133	209	298
	2	65	146	227	309	-0	2	64	147	229	311	-1	2	61	135	209	294
	3	65	146	226	309	-1	3	65	145	229	312	+0	3	60	136	211	296
	4	65	146	227	310	-0	4	65	149	229	311	-0	4	60	135	211	298
	Mittel	65.5	146.2	227.0	309.5		Mittel	65.5	147.5	228.8	311.0		Mittel	60.0	134.5	210.0	286.5
	5	68	151	234	319	+5	5	68	150	233	317	+0	5	60	136	212	289
	6	68	151	232	318	-2	6	68	150	234	317	+1	6	61	136	212	289
	7	67	151	235	320	0	7	68	150	234	317	+1	7	60	136	213	289
	8	67	152	235	320	+1	8	68	149	232	315	+1	8	60	136	212	289
	Mittel	66.5	151.0	234.3	319.2		Mittel	67.0	150.0	233.2	316.5		Mittel	60.2	135.5	212.5	289.0
Gesamt-mittel	66.0	148.6	230.6	314.5		Gesamt-mittel	65.7	148.8	231.0	313.8		Gesamt-mittel	60.1	135.3	211.2	287.7	
50	1	68	152	235	320	+1	1	66	151	235	318	-1	1	66	147	230	313
	2	68	151	235	319	-0	2	66	150	235	318	+0	2	66	148	230	312
	3	68	152	235	320	+0	3	68	150	235	319	+0	3	66	148	230	312
	4	68	152	235	320	+0	4	67	150	234	319	+0	4	64	146	229	311
	Mittel	68.0	152.0	235.8	319.8		Mittel	67.0	150.3	234.8	318.8		Mittel	65.2	147.0	230.5	313.8
	5	68	156	243	331	0	5	67	154	240	326	+0	5	66	153	239	322
	6	68	156	243	331	-1	6	68	154	239	325	+0	6	68	153	239	322
	7	68	156	243	333	+1	7	68	155	239	326	+0	7	68	153	239	322
	8	68	157	245	332	0	8	68	155	239	326	+0	8	68	152	238	322
	Mittel	68.8	156.8	244.0	331.8		Mittel	67.8	154.5	239.5	326.0		Mittel	67.5	153.5	238.8	323.0
Gesamt-mittel	68.4	154.4	239.9	325.8		Gesamt-mittel	67.4	152.5	237.2	322.4		Gesamt-mittel	66.4	149.7	234.1	317.4	
80	1	69	154	241	327	+2	1	68	153	237	323	-1	1	67	151	235	319
	2	67	153	239	325	-2	2	69	151	235	322	-0	2	67	151	235	319
	3	67	152	238	325	0	3	68	152	236	322	+0	3	66	151	235	319
	4	69	154	240	326	+1	4	69	154	236	323	+1	4	67	150	234	319
	Mittel	68.0	153.2	239.3	325.8		Mittel	68.6	152.9	236.2	322.8		Mittel	66.8	150.8	234.8	319.0
	5	69	157	245	334	0	5	71	158	245	333	+1	5	68	155	242	327
	6	69	157	245	334	0	6	69	157	245	331	-0	6	68	155	241	327
	7	70	158	245	335	0	7	70	157	245	331	-0	7	67	154	241	327
	8	70	158	245	334	0	8	70	158	245	330	-0	8	67	153	241	327
	Mittel	69.5	157.5	245.8	334.2		Mittel	70.2	157.6	245.0	331.2		Mittel	67.5	154.2	241.2	326.5
Gesamt-mittel	68.8	155.4	242.6	330.0		Gesamt-mittel	69.4	155.0	240.6	327.0		Gesamt-mittel	67.1	153.5	238.0	322.9	
120	1	68	145	241	327	+1	1	68	151	238	322	0	1	69	153	237	323
	2	70	156	241	327	+1	2	69	153	238	323	+1	2	69	153	237	323
	3	69	155	240	327	+1	3	67	152	236	321	-1	3	68	153	236	322
	4	68	154	240	327	+1	4	67	153	236	322	-1	4	68	153	236	322
	Mittel	68.8	154.8	240.5	327.0		Mittel	67.8	152.2	236.8	322.0		Mittel	68.8	153.0	237.0	322.5
	5	69	157	245	333	0	5	70	159	248	336	+0	5	71	159	248	337
	6	70	159	246	334	0	6	70	159	248	336	+0	6	72	158	248	337
	7	70	158	245	334	0	7	71	158	248	337	+1	7	71	159	249	338
	8	70	158	245	334	0	8	70	158	247	337	-0	8	70	158	248	338
	Mittel	69.8	158.0	245.3	333.8		Mittel	70.2	158.2	245.0	333.5		Mittel	71.0	158.5	248.2	336.6
Gesamt-mittel	68.3	156.4	242.9	330.4		Gesamt-mittel	69.0	156.2	242.4	329.2		Gesamt-mittel	69.9	156.7	242.6	329.6	

Tabelle 23.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breitenschichten 1 und 4 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $\alpha \infty \alpha$ Fig. 7).
 Meßlänge $l = 100$ mm.

Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					blei- bend	Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10 ⁻⁴ bei den Belastungen in t					blei- bend
			5	10	15	20	blei- bend					5	10	15	20	blei- bend	
1	0	1	(70)	(160)	(246)	(338)	- 3	1	8	1	69	156	240	327	± 0		
		2	75	161	250	339	± 0			2	69	156	241	328	± 0		
		3	75	161	251	340	± 0			3	69	156	241	327	± 0		
		4	76	161	251	340	± 0			4	69	156	241	327	± 0		
		5	75	161	251	340	± 0			Mittel	69,0	156,0	240,8	327,2	—		
		6	73	161	250	340	± 0			1	64	145	229	315	- 1		
		7	73	161	250	340	± 0			2	66	147	230	316	+ 1		
		8	72	160	250	340	± 0			3	65	146	229	315	- 1		
		9	72	160	250	340	± 0			4	65	146	230	316	± 0		
Mittel	73,9	160,8	250,4	340,0	—	Mittel	65,0	146,0	229,5	315,5	—						
4	0	1	(65)	(152)	(243)	(332)	+ 3	1 u. 4	8	Gesamt- mittel	67,0	151,0	235,2	321,4	—		
		2	61	151	240	330	± 0										
		3	62	151	240	331	± 0										
		4	61	151	240	331	± 0										
		5	62	151	241	330	± 0										
		6	66	155	242	332	± 0										
		7	66	154	242	332	± 0										
		8	66	155	242	332	± 0										
		9	67	154	242	331	± 0										
Mittel	63,9	152,8	241,1	331,1	—												
Gesamt- mittel	68,9	156,8	245,7	335,6	—												
1	2	1	73	166	259	350	± 0	1	10	1	66	150	237	321	- 2		
		2	73	167	259	350	± 0			2	69	153	238	322	- 1		
		3	74	167	260	351	+ 1			3	70	154	239	324	+ 1		
		Mittel	73,3	166,7	259,3	350,3	—			4	69	153	238	323	± 0		
		1	69	155	243	332	± 0			5	69	153	238	323	+ 1		
		2	69	155	243	332	± 0			6	70	153	238	323	+ 2		
		3	69	155	243	332	± 0			7	69	151	236	321	± 0		
		Mittel	69,0	155,0	243,0	332,0	—			8	69	151	236	321	± 0		
		Gesamt- mittel	71,2	160,9	251,2	341,2	—			9	69	151	236	321	± 0		
4	2	1	(72)	(164)	(255)	(345)	+ 3	1 u. 4	10	10	69	151	236	321	± 0		
		2	72	162	251	342	± 0			Mittel	68,9	152,0	237,2	322,0	—		
		3	(74)	(165)	(255)	(346)	+ 3			1	68	152	236	321	+ 2		
		4	72	162	253	343	± 0			2	66	149	235	319	± 0		
		5	73	163	253	343	± 0			3	66	150	236	320	± 0		
		6	72	162	253	343	± 0			4	66	150	236	320	± 0		
		7	73	163	253	344	± 0			5	66	150	236	320	- 1		
		8	73	164	254	343	± 0			6	(62)	(146)	(230)	(316)	- 2		
		9	74	164	254	344	- 1			7	64	148	232	318	± 0		
Mittel	72,7	162,7	253,0	343,0	—	8	65	149	233	318	± 0						
Gesamt- mittel	70,7	158,5	246,6	334,9	—	9	65	149	233	319	± 0						
1	4	1	68	154	240	326	± 0	1 u. 5	10	10	65	149	233	319	± 0		
		2	68	154	241	326	± 0			Mittel	65,7	149,6	234,4	319,3	—		
		3	68	154	240	326	- 1			Gesamt- mittel	67,3	150,8	235,8	320,7	—		
		4	69	155	240	327	± 0			1	66	147	233	317	+ 2		
		5	69	155	241	327	± 0			2	65	146	231	316	- 2		
		6	69	154	240	327	± 0			3	67	150	234	318	+ 2		
		7	69	154	240	327	± 0			4	65	149	233	318	± 0		
		8	69	154	240	327	± 0			5	65	149	233	318	+ 1		
		9	69	154	240	327	+ 1			Mittel	65,6	148,2	232,8	317,4	—		
Mittel	68,7	154,2	240,2	326,7	—	1	65	151	234	320	± 0						
Gesamt- mittel	70,7	158,5	246,6	334,9	—	2	67	151	234	320	± 0						
1	6	1	70	158	245	334	+ 2	1 u. 4	12	3	66	151	234	320	± 0		
		2	70	157	244	332	± 0			4	67	152	235	320	± 0		
		3	69	157	244	332	± 0			5	67	152	235	320	± 0		
		4	69	158	244	332	+ 1			Mittel	66,4	151,4	234,4	320,0	—		
		5	69	157	244	332	± 0			Gesamt- mittel	66,0	149,8	233,6	318,7	—		
		Mittel	69,4	157,4	244,0	332,4	—			1	68	150	235	318	- 1		
		1	66	150	235	318	- 1			2	68	150	236	319	± 0		
		2	68	150	236	319	± 0			3	68	151	236	318	± 0		
		3	68	151	236	318	± 0			4	68	150	236	319	± 0		
4	68	150	236	319	± 0	5	68	152	236	320	± 0						
5	68	152	236	320	± 0	Mittel	67,8	150,6	235,8	318,8	—						
Mittel	67,8	150,6	235,8	318,8	—	Gesamt- mittel	68,6	154,0	239,9	325,6	—						
Gesamt- mittel	68,6	154,0	239,9	325,6	—												

Tabelle 24.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breitenschichten 11 und 21 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $a \sim a$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ cm.

Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					blei- bend	Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t				
			5	10	15	20						5	10	15	20	blei- bend
11	1	1	72	156	244	332	+1	11			1	69	155	240	327	+0
		2	72	155	243	332	+1				2	69	155	240	327	+0
		3	70	154	242	330	+0				3	69	155	240	327	+0
		4	69	154	242	330	+0				4	69	154	240	325	+0
		5	69	154	242	330	+0				5	69	154	238	325	-1
		Mittel	70,4	154,6	242,6	330,8	—			Mittel	69,0	154,6	239,6	326,2	—	
21	1	1	73	167	256	346	+0	21	10		1	(65)	(147)	(230)	(315)	-1
		2	(77)	(168)	(258)	(347)	+3				2	68	149	232	318	+0
		3	74	166	255	345	+0				3	68	151	233	319	+0
		4	74	165	255	345	+0				4	68	152	233	319	+0
		5	74	165	255	345	+0				5	(68)	(152)	(233)	(320)	+2
		Mittel	73,8	165,8	255,2	345,3	—			Mittel	68,0	150,7	232,7	318,7	—	
11 u. 21		Gesamt- mittel	72,1	160,2	248,9	338,1	—	11 u. 21		Gesamt- mittel	68,5	152,7	236,1	322,5	—	
11		1	(69)	(153)	(239)	(327)	+2	11			1	70	155	240	325	+0
		2	(66)	(150)	(236)	(322)	-2				2	67	152	238	324	-1
		3	67	151	237	322	+1				3	68	153	238	324	+0
		4	65	150	235	321	-1				4	67	152	238	324	-1
		5	—	—	—	—	—				—	—	—	—	—	—
		Mittel	66,0	150,5	236,0	321,5	—			Mittel	68,0	153,0	238,5	324,2	—	
21	4	1	(71)	(161)	(247)	(335)	+2	21	12		1	66	147	229	312	+0
		2	71	159	246	334	+0				2	65	147	229	312	+0
		3	71	159	246	333	+0				3	66	147	229	311	+0
		4	71	159	247	334	-1				4	65	146	230	314	+1
		5	70	159	248	334	+0				—	—	—	—	—	—
		Mittel	70,8	159,0	246,8	333,8	—			Mittel	65,5	146,8	229,2	312,2	—	
11 u. 21		Gesamt- mittel	68,4	154,8	241,4	327,7	—	11 u. 21		Gesamt- mittel	66,8	149,9	233,9	318,2	—	
11		1	68	152	237	324	+1	11			1	68	152	237	324	+1
		2	67	151	235	322	-1				2	67	151	235	322	-1
		3	67	151	235	320	-1				3	67	151	235	320	-1
		4	67	151	234	321	+0				4	67	151	234	321	+0
		5	67	151	234	320	+0				5	67	151	234	320	+0
		Mittel	67,2	151,2	235,0	321,4	—			Mittel	67,2	151,2	235,0	321,4	—	
21	6	1	69	155	241	327	+1	21			1	69	155	241	327	+1
		2	69	154	242	326	-1				2	69	154	242	326	-1
		3	70	157	243	329	+1				3	70	157	243	329	+1
		4	71	157	242	328	+1				4	71	157	242	328	+1
		5	70	156	241	328	+0				5	70	156	241	328	+0
		Mittel	69,8	155,8	241,8	327,6	—			Mittel	69,8	155,8	241,8	327,6	—	
11 u. 21		Gesamt- mittel	68,5	153,5	238,4	324,5	—	11 u. 21		Gesamt- mittel	68,5	153,5	238,4	324,5	—	

Tabelle 25.

Dehnung der Breitenschicht 7 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $a \sim a$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ cm.

Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdéhnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t				
			5	10	15	20	bleibend
7	0	1	(69)	(156)	(244)	(332)	+2
		2	69	155	243	331	± 0
		3	68	156	244	332	+1
		4	68	157	243	332	± 0
		5	68	157	244	332	± 0
		Mittel	68,2	156,2	243,5	331,8	—
	4	1	(70)	(153)	(240)	(324)	+4
		2	68	151	238	321	+1
		3	67	150	237	321	+1
		4	68	151	237	320	± 0
		5	68	151	236	320	± 0
		Mittel	67,4	150,4	237,0	320,5	—
	8	1	68	154	237	324	+1
		2	68	152	236	323	+0
		3	68	152	236	323	+0
		4	67	152	236	322	+0
5		67	152	236	323	+0	
Mittel		67,6	152,4	236,2	323,0	—	
12	1	(70)	(154)	(238)	(325)	-3	
	2	68	156	241	328	+0	
	3	68	156	240	328	+0	
	4	68	156	240	328	+0	
	5	68	156	241	328	+1	
	Mittel	68,0	156,0	240,5	328,0	—	

Tabelle 26.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breitenschichten 10 und 19 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $a \sim a$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ mm.

Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					blei- bend	Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					blei- bend
			Nr.	5	10	15	20					Nr.	5	10	15	20	
10	1	1	(69)	(155)	(240)	(326)	+2	10	4	1	66	148	231	315	± 0		
		2	69	153	239	324	+0			2	66	148	231	315	+1		
		3	69	154	239	324	+0			3	65	148	232	314	+1		
		4	69	154	239	324	+0			4	65	147	231	314	+0		
		5	69	154	239	324	+0			5	65	147	231	314	+0		
	Mittel	69,0	153,8	239,0	324,0	—		Mittel	65,4	147,6	231,2	314,4	—				
19	1	1	71	159	248	334	+0	19	4	1	70	155	238	322	± 0		
		2	72	160	248	334	+0			2	67	153	236	320	+0		
		3	71	160	247	334	+0			3	68	153	236	320	+0		
		4	71	160	247	334	+0			4	68	153	236	320	+0		
		5	71	159	247	333	+0			5	69	153	237	320	± 0		
	Mittel	71,2	159,6	247,4	333,8	—		Mittel	68,4	153,4	236,6	320,4	—				
10 u. 19	Gesamt- mittel	70,1	156,7	243,2	328,9	—	10 u. 19	Gesamt- mittel	66,9	150,5	233,9	317,4	—				
10	2	1	66	147	231	315	+0	10	8	1	68	152	236	323	+0		
		3	66	148	231	316	+0			2	69	153	236	323	+1		
		3	66	148	231	316	+0			3	67	151	235	322	+0		
		4	66	148	231	316	+0			4	68	152	235	322	+0		
		—	—	—	—	—	—			5	—	—	—	—	—		
	Mittel	66,0	147,8	231,0	315,8	—		Mittel	68,0	152,0	235,5	322,5	—				
19	2	1	66	154	237	322	+0	19	8	1	69	149	234	320	+1		
		1	66	153	237	322	+0			2	(70)	(155)	(239)	(325)	+3		
		3	66	152	237	322	-1			3	70	153	238	321	+0		
		4	67	153	237	323	+0			4	70	153	238	321	+0		
		—	—	—	—	—	—			5	69	153	238	321	+0		
	Mittel	66,2	153,0	237,0	322,2	—		Mittel	69,5	152,0	237,0	320,8	—				
10 u. 19	Gesamt- mittel	66,1	150,4	234,0	319,0	—	10 u. 19	Gesamt- mittel	68,8	152,0	236,3	321,7	—				
10	3	1	69	149	232	316	+0	10	12	1	70	155	241	327	+0		
		2	69	149	232	317	+0			2	69	154	240	325	+0		
		3	69	149	232	317	+0			3	69	153	239	324	+0		
		4	69	149	232	317	+0			4	69	154	239	325	+0		
		5	69	149	232	316	+0			5	69	154	240	326	+0		
	Mittel	69,0	149,0	232,0	316,6	—		Mittel	69,2	154,0	239,8	325,4	—				
19	3	1	70	158	243	327	+0	19	12	1	65	149	231	314	+0		
		2	70	158	243	327	+0			2	(64)	(150)	(233)	(314)	+2		
		3	70	158	243	327	+1			3	66	147	231	311	+0		
		4	69	157	242	326	-1			4	(68)	(146)	(227)	(310)	+2		
		—	—	—	—	—	—			5	61	142	226	308	+0		
	Mittel	69,8	157,8	242,8	326,8	—		Mittel	64,0	146,0	229,3	311,0	—				
10 u. 19	Gesamt- mittel	69,4	153,4	237,4	321,7	—	10 u. 19	Gesamt- mittel	66,6	150,0	234,6	318,2	—				

Tabelle 27.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breiten-schichten 12 und 17 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $\alpha \sim \alpha$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ mm.

Breiten-schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdéhnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t				
			5	10	15	20	bleibend
12	6,3	1	67	149	231	313	+1
		2	67	148	232	313	+1
		3	66	147	231	312	+0
		4	66	148	231	312	+1
		Mittel	66,5	148,0	231,2	312,5	—
17	6,3	1	64	147	228	313	+1
		2	63	147	228	312	+0
		3	63	147	228	312	+1
		4	64	147	227	311	0
		Mittel	63,5	147,0	227,8	312,0	—
12 u.17		Gesamtmittel	65,0	147,5	229,5	312,2	--
12	9,3	1	67	152	236	321	-1
		2	68	152	236	321	+0
		3	68	151	235	321	-1
		4	68	153	236	323	0
		Mittel	67,8	152,0	235,8	321,5	—
17	9,3	1	67	151	236	321	+1
		2	67	152	236	320	+1
		3	66	151	236	319	+0
		4	66	151	236	319	+0
		Mittel	66,5	151,2	236,0	319,8	—
12 u.17		Gesamtmittel	67,1	151,6	235,9	320,6	—
12	11,3	1	66	149	231	316	0
		2	66	149	231	317	0
		3	66	149	232	316	-1
		4	67	150	232	317	0
		Mittel	66,2	149,2	231,5	316,5	—
17	11,3	1	67	151	234	318	+1
		2	66	150	233	318	+0
		3	66	150	233	317	+0
		4	65	150	232	316	+0
		Mittel	66,0	150,2	233,0	317,2	—
12 u.17		Gesamtmittel	66,1	149,7	232,2	316,8	—
12	13,3	1	66	150	235	320	+0
		2	65	149	234	318	-1
		3	66	149	235	319	-1
		4	67	150	234	319	0
		Mittel	66,0	149,5	234,5	319,0	—
17	13,3	1	68	153	236	323	-1
		2	68	153	237	323	+0
		3	68	154	238	325	+0
		4	68	154	238	325	+1
		Mittel	68,0	153,5	237,2	324,0	—
12 u.17		Gesamtmittel	67,0	151,5	235,8	321,5	—

Tabelle 28.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breitschichten 8 und 13 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $a \sim a$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ cm.

Breitenschicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					bleibend	Breitenschicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					bleibend
			5	10	15	20						5	10	15	20		
13	1	1	68	152	238	326	+1	13			1	65	146	230	313	+2	
		2	(69)	(153)	(240)	(325)	+2				2	65	145	228	311	+0	
		3	68	151	238	324	+1				3	65	146	229	311	+0	
		4	68	151	237	323	+0				4	65	147	229	313	+1	
		5	68	151	239	324	+1				5	65	146	229	312	+0	
		Mittel	68,0	151,2	238,0	324,2	—				Mittel	65,0	146,0	229,0	312,0	—	
8	1	1	70	157	242	326	-1	8	4		1	(67)	(153)	(236)	(321)	+2	
		2	(70)	(169)	(257)	(341)	+15				2	66	151	235	318	+0	
		3	69	155	242	327	+0				3	66	151	235	319	-1	
		4	68	153	240	326	-1				4	66	151	235	320	+0	
		5	69	153	239	326	+0				5	66	152	235	320	+0	
		Mittel	69,0	154,5	240,8	326,2	—				Mittel	66,0	151,2	235,0	319,2	—	
13 u. 8		Gesamt-mittel	68,5	152,9	239,4	325,2	—	13 u. 8		Gesamt-mittel	65,5	148,6	232,0	315,6	—		
13	2	1	(67)	(148)	(231)	(315)	+2	13			1	68	155	239	(326)	+1	
		2	66	147	229	312	+0				2	69	152	236	320	+0	
		3	65	148	229	313	+0				3	68	153	236	321	+0	
		4	66	147	229	313	+0				4	69	152	236	320	+1	
		5	66	148	229	313	+1				5	68	151	235	320	+0	
		Mittel	65,8	147,5	229,0	312,8	—				Mittel	68,4	152,6	236,4	320,2	—	
8	2	1	70	156	240	325	+0	8	8		1	70	155	239	325	+0	
		2	69	156	240	325	+1				2	70	155	239	325	+1	
		3	68	154	239	324	+1				3	69	154	238	323	-1	
		4	67	154	238	323	-1				4	69	154	238	324	+0	
		5	(68)	(155)	(239)	(321)	-53				—	—	—	—	—	—	
		Mittel	68,5	155,0	239,2	324,2	—				Mittel	69,5	154,5	238,5	324,2	—	
13 u. 8		Gesamt-mittel	67,2	151,3	234,1	318,5	—	13 u. 8		Gesamt-mittel	69,0	153,6	237,5	322,2	—		
13	3	1	66	146	227	311	+0	13			1	67	150	235	320	+0	
		2	66	146	228	311	+2				2	67	151	235	321	+0	
		3	64	145	225	310	+0				3	67	152	235	321	+0	
		4	64	146	226	309	-1				4	67	152	235	321	+0	
		5	65	147	226	310	+0				—	—	—	—	—	—	
		Mittel	65,0	146,0	226,4	310,2	—				Mittel	67,0	151,2	235,0	320,8	—	
8	3	1	66	151	235	318	+0	8	12		1	66	149	235	319	-1	
		2	(66)	(150)	(233)	(316)	-2				2	67	151	237	318	+0	
		3	67	150	235	318	-1				3	66	150	235	317	-1	
		4	67	151	236	318	+0				4	66	150	235	318	-1	
		5	68	151	236	318	+0				—	—	—	—	—	—	
		Mittel	67,0	150,8	235,5	318,0	—				Mittel	66,2	150,0	235,5	318,0	—	
13 u. 8		Gesamt-mittel	66,0	148,4	231,0	314,1	—	13 u. 8		Gesamt-mittel	66,6	150,6	235,3	319,4	—		

Tabelle 29.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breitenschichten 6 und 14 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $a \sim a$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ mm.

Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					bleibend	Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10^{-4} bei den Belastungen in t					bleibend
			5	10	15	20	bleibend					5	10	15	20	bleibend	
14	0	1	(70)	(160)	(246)	(337)	+2	14	9	1	67	152	235	320	+1		
		2	71	158	245	336	+1			2	66	151	235	319	+0		
		3	70	157	244	335	+0			3	67	152	235	320	+1		
		4	70	157	244	335	+0			4	67	151	234	319	+0		
		5	70	158	244	335	+1										
	Mittel	70,2	157,5	244,2	335,2	—		Mittel	66,8	151,5	234,8	319,5	—				
6	0	1	70	160	251	339	+2	6	9	1	67	152	238	323	+2		
		2	69	159	249	337	-1			2	68	152	237	321	-1		
		3	70	160	250	338	+0			3	68	153	238	322	-1		
		4	70	160	251	338	+0			4	70	153	237	321	-1		
		5	70	160	250	338	+0			5	69	152	237	322	-1		
	Mittel	69,8	159,8	250,2	338,0	—		Mittel	68,4	152,4	237,4	321,9	—				
14 u. 6		Gesamt- mittel	70,0	158,7	247,2	336,6	—	14 u. 6		Gesamt- mittel	67,6	152,0	236,1	320,7	—		
14	3	1	68	154	241	327	+0	14	12	1	66	150	235	318	+0		
		2	68	154	240	327	-1			2	(66)	(149)	(234)	(318)	-2		
		3	68	153	238	325	+0			3	68	149	236	319	-1		
		4	68	153	238	325	+0			4	68	150	237	319	+0		
		5	68	153	238	325	+0			5	66	149	234	317	-1		
	Mittel	68,0	153,5	239,2	326,0	—		Mittel	67,0	149,5	235,5	318,2	—				
6	3	1	(70)	(156)	(243)	(333)	+3	6	12	1	70	153	237	323	+2		
		2	70	157	243	331	+0			2	69	152	236	322	+1		
		3	70	156	242	331	+0			3	68	152	235	320	-1		
		4	70	157	242	331	+0			4	(68)	(152)	(236)	(316)	-5		
		5	70	156	242	331	+1			5	68	153	235	320	-1		
	Mittel	70,0	156,5	242,2	331,0	—		Mittel	68,6	152,4	235,8	321,2	—				
14 u. 6		Gesamt- mittel	69,0	155,0	240,7	328,5	—	14 u. 6		Gesamt- mittel	67,8	150,9	235,7	319,7	—		
14	5	1	67	153	238	322	+1	14	5	1	67	152	237	323	+0		
		2	67	152	237	323	+0			2	67	152	237	323	+0		
		3	68	152	238	323	+0			3	68	152	238	323	+0		
		4	67	152	238	322	+0			4	67	152	238	322	+0		
		5	67	152	238	322	+0			5	67	152	238	322	+0		
	Mittel	67,2	152,2	237,8	322,5	—		Mittel	67,2	152,2	237,8	322,5	—				
6	5	1	70	154	241	327	+1	6	5	1	70	154	241	327	+1		
		2	70	153	241	325	-1			2	70	153	241	325	-1		
		3	69	154	240	326	+1			3	69	154	240	326	+1		
		4	68	153	238	326	+0			4	68	153	238	326	+0		
		5	68	154	240	326	+0			5	68	154	240	326	+0		
	Mittel	69,0	153,6	240,0	326,0	—		Mittel	69,0	153,6	240,0	326,0	—				
14 u. 6		Gesamt- mittel	68,1	152,9	238,9	324,3	—	14 u. 6		Gesamt- mittel	68,1	152,9	238,9	324,3	—		

Tabelle 30.

Gleichzeitig beobachtete Dehnungen der Breitenschichten 9 und 15 bei verschiedenen Abständen A des Endes der Meßstrecke von Mitte Nietlochreihe (Querschnitt $a \sim a$ Fig. 7).

Meßlänge $l = 100$ cm.

Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10-4 bei den Belastungen in t					Breiten- schicht	Abstand A in cm von Mitte Nietloch	Reihe Nr.	Mittlere Gesamtdehnung in Proz. 10-4 bei den Belastungen in t				
			5	10	15	20	blei- bend				5	10	15	20	blei- bend
			15	1	70	158	247				338	+1	15	1	69
		2	(72)	(159)	(248)	(338)	+3			2	(70)	(155)	(241)	(327)	+2
		3	71	158	246	337	+1			3	69	153	239	325	+1
		4	(71)	(158)	(246)	(337)	+2			4	68	153	238	325	+0
		5	69	157	247	334	+0			5	68	152	238	324	+0
		6	70	158	247	335	+0			—	—	—	—	—	—
		Mittel	70,0	157,8	246,8	336,0	—			Mittel	68,5	153,5	238,8	325,3	—
9	1	1	72	160	248	337	-1	10	1	67	152	237	322	+0	
		2	70	160	249	338	+0			2	67	153	237	323	+0
		3	71	159	248	337	+0			3	(68)	(153)	(237)	(345)	+21
		4	71	158	248	337	+0			4	69	154	238	324	+0
		—	—	—	—	—	—			5	69	153	238	324	+0
		Mittel	71,0	159,2	248,2	337,2	—			Mittel	68,0	153,0	237,5	323,2	—
15 u. 9		Gesamt- mittel	70,5	158,5	247,5	336,6	—	15 u. 9		Gesamt- mittel	68,3	153,3	238,2	324,3	—
15	4	1	72	155	244	330	+0	15	1	68	151	236	321	+1	
		2	72	155	244	330	+1			2	68	150	235	320	-1
		3	68	154	243	331	-1			3	69	151	236	321	+0
		4	69	155	244	330	+1			4	69	150	235	320	-1
		5	—	—	—	—	—			5	68	151	236	320	-1
		Mittel	70,2	154,8	243,8	330,2	—			Mittel	68,4	150,6	235,6	320,4	—
9	4	1	70	156	245	331	+0	12	1	(67)	(144)	(239)	(324)	+2	
		2	70	157	245	331	+1			2	67	153	237	322	-1
		3	71	157	244	330	+0			3	69	153	238	322	+0
		4	71	158	245	331	+0			4	68	154	237	322	+0
		5	—	—	—	—	—			5	69	154	238	322	+0
		Mittel	70,5	157,0	244,8	330,8	—			Mittel	68,2	153,5	237,5	322,0	—
15 u. 9		Gesamt- mittel	70,3	155,9	244,3	330,5	—	15 u. 9		Gesamt- mittel	68,3	152,1	236,6	321,2	—
15	6	1	71	156	243	331	+1	15	1	68	151	236	321	+1	
		2	(71)	(161)	(251)	(337)	+7			2	68	150	235	320	-1
		3	69	157	242	330	+1			3	69	153	238	322	+0
		4	69	157	242	329	+0			4	68	154	237	322	+0
		5	69	157	242	330	+0			5	69	154	238	322	+0
		Mittel	69,5	156,8	242,2	330,0	—			Mittel	68,2	153,5	237,5	322,0	—
9	6	1	70	156	243	330	+0	9	1	67	153	237	322	-1	
		2	71	156	243	329	+0			2	67	153	237	322	-1
		3	70	156	242	329	+0			3	69	153	238	322	+0
		4	71	156	243	329	+0			4	68	154	237	322	+0
		5	—	—	—	—	—			5	69	154	238	322	+0
		Mittel	70,5	156,0	242,8	329,2	—			Mittel	68,2	153,5	237,5	322,0	—
15 u. 9		Gesamt- mittel	70,0	156,4	242,5	329,6	—	15 u. 9		Gesamt- mittel	68,3	152,1	236,6	321,2	—

Tabelle 31.

Ermittlung der Zugspannungen σ in kg/qcm in den verschiedenen Breitenschichten des Stabes.

λ_A = beobachtete Dehnung in $\text{cm } 10^{-5}$ für $l = 10 \text{ cm}$; A = Abstand in cm des einen Endes von l vom Querschnitt $a \approx a$ Fig. 7; ε = Dehnung in $\text{cm } 10^{-5}$ des durch den Index $A + 10$ und A gekennzeichneten Zentimeters; σ = Zugspannung.

Breitenschicht (s. Fig. 7)	Bedeutung der Werte	Größe der Werte nach den Ausgleichlinien Fig. 15 bis 17 beim Abstände A in cm des Endes der Meßlänge von Mitte Nietlochreihe															
		$A=15$	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1 und 4 (Fig. 15)	λ_A	—	—	—	320,0	320,0	320,0	320,3	321,2	323,0	325,6	328,9	332,8	337,0	340,8	342,8	337,2
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	—	—	—	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	1,8	2,6	3,3	3,9	4,2	3,8	2,0	-5,6
	ε_{A+10}	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
	ε_A	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,3	32,9	33,8	34,6	35,3	35,9	36,2	35,8	34,0	26,4
	σ_A in kg/qcm	—	—	—	676	676	676	682	694	714	730	745	758	765	756	718	557
11 und 21 (Fig. 15)	λ_A	—	—	—	320,0	320,1	320,6	321,2	321,9	322,9	324,2	325,7	327,7	330,3	333,9	338,0	335,5
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	—	—	—	0,0	0,1	0,5	0,6	0,7	1,0	1,3	1,5	2,0	2,6	3,6	4,1	-2,5
	ε_{A+10}	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,1	32,5
	ε_A	—	—	—	32,0	32,1	32,5	32,6	32,7	33,0	33,3	33,5	34,0	34,6	35,6	36,2	30,0
	σ_A in kg/qcm	—	—	—	676	677	686	688	690	696	702	707	717	731	752	764	636
7 und 20 (Fig. 15)	λ_A	—	—	—	320,0	320,0	320,3	320,5	320,9	321,5	322,2	323,1	324,2	326,0	328,0	330,7	334,0
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	—	—	—	0,0	0,0	0,3	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,8	2,0	2,7	3,3
	ε_{A+10}	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,1	32,3
	ε_A	—	—	—	32,0	32,0	32,3	32,2	32,4	32,6	32,7	32,9	33,1	33,8	34,0	34,7	35,6
	σ_A in kg/qcm	—	—	—	676	676	682	680	684	688	690	694	699	714	718	733	751
10 und 19 (Fig. 15)	λ_A	—	—	—	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	321,5	327,0	334,5
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	—	—	—	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	5,5	7,5
	ε_{A+10}	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
	ε_A	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	33,5	37,5	39,5
	σ_A in kg/qcm	—	—	—	676	708	792	835									
5 und 16 sowie 2 und 18 (Fig. 17)	λ_A	—	—	—	320,0	320,0	319,8	319,0	317,5	315,7	312,3	306,2	297,7	287,0	274,6	261,0	
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	—	—	—	0,0	0,0	-0,2	-0,7	-1,3	-2,1	-3,4	-6,1	-8,5	-10,7	-12,4	-13,6	
	ε_{A+10}	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	
	ε_A	—	—	—	32,0	32,0	31,8	31,8	31,2	30,5	29,9	26,5	28,5	36,8	44,5	46,7	
	σ_A in kg/qcm	—	—	—	676	676	672	658	644	612	560	602	727	940	986		
12 und 17 (Fig. 16)	λ_A	Messung hinter den Nietlöchern (s. Fig. 7).		320,0	320,0	319,8	319,1	317,8	315,7	312,3	306,2	297,7	287,0	274,6	261,0		
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	Bei $A=0$ lag die Endmarke der Meßlänge 1,3 cm von Mitte Nietloch entfernt.		0,0	0,0	-0,2	-0,7	-1,3	-2,1	-3,4	-6,1	-8,5	-10,7	-12,4	-13,6		
	ε_{A+10}			32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	
	ε_A			32,0	32,0	31,8	31,3	30,7	29,9	28,6	25,9	23,5	21,3	19,6	18,4		
	σ_A in kg/qcm			676	676	672	661	648	632	604	546	496	450	418	388		
13 und 18 (Fig. 17)	λ_A	—	—	—	320,0	320,0	320,0	319,8	318,3	315,5	314,5	318,5	325,3	334,5			
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	—	—	—	—	—	—	0,0	0,0	0,0	-0,2	-1,5	-2,8	-1,0	+4,0	+6,8	+9,2
	ε_{A+10}	—	—	—	—	—	—	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	
	ε_A	—	—	—	—	—	—	32,0	32,0	32,0	31,8	30,5	29,2	31,0	36,0	38,8	41,2
	σ_A in kg/qcm	—	—	—	—	—	—	676	676	676	672	644	617	655	760	820	871
14 und 6, 15 und 9 sowie 3 (Fig. 17)	λ_A	320,0	320,0	320,2	320,5	321,0	321,7	322,6	323,6	324,8	326,2	327,9	329,8	331,9	334,3	337,0	340,0
	$\lambda_A - \lambda_{A+1}$	0,0	0,0	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0
	ε_{A+10}	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,2	32,3	32,5	32,7
	ε_A	32,0	32,0	32,2	32,3	32,5	32,7	32,9	33,0	33,2	33,4	33,7	33,9	34,3	34,7	35,2	35,7
	σ_A in kg/qcm	676	676	680	682	686	690	694	696	700	704	712	716	723	732	743	754

Tabelle 32.
Gesamtlängenänderungen quer zur Zugrichtung.

Reihe Nr.	Meßlänge l (gerechnet von Mitte Stab) mm	Quersammmziehung (Breitenabnahme) bei 20 t Belastung in mm 10^{-4} bei den folgenden Abständen A in mm									
		0	5	10	15	20	40	70	100	140	
1	15	9,5	10,5	10,5	11,0	12,5	15,5	14,0	14,0	13,5	
2		10,0	10,5	10,5	11,0	12,5	15,5	14,0	14,0	13,5	
3		9,5	10,5	10,5	11,0	12,5	15,0	14,0	13,5	13,5	
Mittel		9,7	10,5	10,5	11,0	12,5	15,3	14,0	13,8	13,5	
1	30	20,0	21,0	21,0	25,0	28,0	33,0	30,0	27,0	28,0	
2		20,0	21,0	21,0	25,0	28,0	33,0	29,0	28,0	28,0	
3		20,0	21,0	21,0	25,0	28,0	33,0	29,0	28,0	28,0	
Mittel		20,0	21,0	21,0	25,0	28,0	33,0	29,3	27,7	28,0	
1	40	22,0	24,0	29,0	34,0	38,0	40,0	38,0	—	—	
2		22,0	25,0	29,0	33,0	37,0	39,0	38,0	—	—	
3		22,0	26,0	29,0	34,0	37,0	40,0	39,0	—	—	
Mittel		22,0	25,0	29,0	33,7	37,3	39,7	38,3	—	—	
1	50	25,0	28,0	38,0	50,0	54,0	55,0	47,0	47,0	45,0	
2		24,0	29,0	38,0	48,0	54,0	55,0	48,0	47,0	45,0	
3		25,0	29,0	38,0	49,0	54,0	55,0	48,0	47,0	44,0	
Mittel		24,7	28,7	38,0	49,0	54,0	55,0	47,7	47,0	44,7	
1	60	—	—	—	64,0	68,0	61,0	57,0	53,0	53,0	
2		—	—	—	63,0	68,0	60,0	56,0	53,0	52,0	
3		—	—	—	63,0	67,0	60,0	57,0	53,0	52,0	
Mittel		—	—	—	63,3	67,7	60,3	56,7	53,0	52,3	
1	70	—	—	89,0	75,0	72,0	66,0	65,0	64,0	61,0	
2		—	—	89,0		75,0	71,0	67,0	63,0	64,0	61,0
3		—	—	89,0		74,0	71,0	67,0	64,0	64,0	62,0
Mittel		—	—	89,0	74,7	71,3	66,7	64,0	64,0	61,3	
1	80	113,0	110,0	96,0	85,0	81,0	77,0	72,0	72,0	—	
2		114,0	110,0	96,0	85,0	80,0	77,0	73,0	72,0	—	
3		113,0	110,0	96,0	85,0	80,0	77,0	73,0	73,0	—	
Mittel		113,3	110,0	96,0	85,0	80,3	77,0	72,7	72,3	—	
1	90	114,0	113,0	108,0	101,0	97,0	86,0	80,0	83,0	80,0	
2		114,0	113,0	108,0	100,0	97,0	86,0	79,0	82,0	81,0	
3		114,0	113,0	107,0	101,0	97,0	86,0	80,0	82,0	80,0	
Mittel		114,0	113,0	107,7	100,7	97,0	86,0	79,7	82,3	80,3	
1	100	121,0	121,0	116,0	114,0	109,0	95,0	90,0	92,0	—	
2		121,0	120,0	117,0	112,0	109,0	95,0	89,0	91,0	—	
3		121,0	121,0	117,0	114,0	109,0	95,0	89,0	91,0	—	
Mittel		121,0	120,7	116,7	113,3	109,0	95,0	89,3	91,3	—	
1	110	129,0	129,0	126,0	123,0	119,0	105,0	101,0	100,0	101,0	
2		129,0	128,0	126,0	122,0	119,0	105,0	100,0	100,0	101,0	
3		129,0	128,0	126,0	122,0	119,0	105,0	100,0	100,0	101,0	
Mittel		129,0	128,3	126,0	122,3	119,0	105,0	100,3	100,0	101,0	

1) Für $l = 75$ mm.

Tabelle 33.
Ermittlung der Querdehnung ε_2 der Längeneinheit aus den Dehnungen für verschiedene Meßlängen.

Abstand A vom Lochquerschnitt mm	Bedeutung der Werte	Beobachtungen, entnommen den Schaulinien Fig. 19, für die Meßlänge l_q , gerechnet von Mitte Stab, in mm												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
0	Dehnung λ_q in mm 10^{-4}	6,5	13,0	19,8	22,5	24,7	$l_q = 53,5$ [25,1]		$l_q = 76,5$ [113,3]		113,3	114,0	121,0	129,0
	$\Delta \lambda_q$ für Δl_q	6,5	6,5	6,8	2,7	2,2	0,4		—		0,0	0,7	7,0	8,0
	ε_2 für Δl_q in mm 10^{-6}	65	65	68	27	22	0,1		—		0,0	7	70	80
5	λ_q	7,0	14,0	21,0	25,0	28,7	$l_q = 54,5$ [30,2]		$l_q = 75,5$ 109,8		110,0	113,0	120,7	128,3
	$\Delta \lambda_q$	7,0	7,0	7,0	4,0	3,7	1,5		—		0,2	3,0	7,7	7,6
	ε_2	70	70	70	40	37	33		—		4,4	30	77	76
10	λ_q	7,0	14,0	21,0	29,0	38,0	$l_q = 59,0$	71,0	$l_q = 75$	89,0	96,0	107,7	116,9	126,0
	$\Delta \lambda_q$	7,0	7,0	7,0	8,0	9,0	9,0	—	7,0	7,0	11,7	9,2	9,1	9,1
	ε_2	70	70	70	80	90	100	—	175	140	117	92	91	91
15	λ_q	7,2	15,2	24,3	34,7	48,0	63,3		74,7		85,0	100,7	113,3	122,3
	$\Delta \lambda_q$	7,2	8,0	9,1	10,4	13,3	15,3		11,4		10,3	15,7	12,6	9,0
	ε_2	72	80	91	104	133	153		114		103	157	126	90
20	λ_q	8,0	16,7	26,8	39,0	54,0	67,7		71,3		80,3	97,0	109,0	119,0
	$\Delta \lambda_q$	8,0	8,7	10,1	12,2	15,0	13,7		3,6		9,0	16,7	12,0	10,0
	ε_2	80	87	101	122	150	137		36		90	167	120	100
40	λ_q	9,7	20,0	31,0	42,8	54,5	60,3		66,7		76,3	85,9	95,5	105,1
	$\Delta \lambda_q$	9,7	10,3	11,0	11,8	11,7	5,8		6,4		9,6	9,6	9,6	9,6
	ε_2	97	103	110	118	117	58		64		96	96	96	96
70	λ_q	9,5	19,1	28,6	38,2	47,7	56,7		64,4		72,0	79,7	89,3	100,3
	$\Delta \lambda_q$	9,5	9,6	9,5	9,6	9,5	9,0		7,7		7,6	7,7	9,6	11,0
	ε_2	95	96	95	96	95	90		77		76	77	96	110
100	λ_q	9,3	18,5	27,7	37,0	46,0	55,0		64,0		73,0	82,0	91,0	100,0
	$\Delta \lambda_q$	9,3	9,2	9,2	9,3	9,0	9,5		9,0		9,0	9,0	9,0	9,0
	ε_2	93	92	92	93	90	90		90		90	90	90	90
140	λ_q	9,0	18,0	27,0	36,0	45,0	54,0		63,0		72,0	81,0	90,0	99,0
	$\Delta \lambda_q$	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0		9,0		9,0	9,0	9,0	9,0
	ε_2	90	90	90	90	90	90		90		90	90	90	90

Tabelle 35.

Dehnungen für die Längeneinheit ε_1 (längs), ε_2 (quer) und deren Verhältnis an verschiedenen Stellen des Stabes für 19 000 kg Belastung.

Breiten- schicht s. Fig. 7	Meß- richtung ε_1 = längs ε_2 = quer	Dehnungen ε_1 und ε_2 der Längeneinheit in $\text{cm} \cdot 10^{-6}$ bei den Abständen A in mm von dem Lochquerschnitt $a \infty a$ Fig. 7								
		$A = 0$	5	10	15	20	40	70	100	140
1 u. 4	ε_1	220	264	308	340	352	362	342	321	320
	ε_2	80	76	90	52	100	96	117	90	90
11 u. 21	ε_1	230	300	351	362	362	342	330	325	320
	ε_2	80	76	91	89	100	96	311	90	90
7 u. 20	ε_1	356	356	350	347	344	333	326	321	320
	ε_2	73	77	92	125	116	96	97	90	90
10 u. 19	ε_1	403	395	386	375	358	320	320	320	320
	ε_2	8	33	115	157	168	96	77	90	90
2 u. 18	ε_1	467	467	456	445	421	270	310	320	320
	ε_2	0	3	142	120	95	96	76	90	90
12 u. 17	ε_1	181	184	187	178	186	257	288	314	320
	ε_2	—	—	—	115	124	165	77	90	90
5 u. 16	ε_1	467	467	455	445	421	270	310	320	320
	ε_2	3	33	98	154	143	75	93	90	90
13 u. 8	ε_1	424	412	400	388	375	299	319	320	320
	ε_2	18	34	93	144	154	112	94	90	90
14 u. 6	ε_1	360	357	355	353	350	340	332	328	320
	ε_2	32	45	76	99	113	115	95	92	90
15 u. 9	ε_1	360	357	355	353	350	340	332	328	320
	ε_2	65	70	70	81	87	104	95	93	90
3	ε_1	356	354	350	348	347	345	338	325	320
	ε_2	65	70	70	68	78	93	95	92	90
1 u. 4	Ver- hältnis $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = m$	2,75	3,46	3,42	6,53	3,52	3,77	2,92	3,57	3,56
11 „ 21		2,88	3,94	3,86	4,07	3,62	3,55	2,98	3,61	3,56
7 „ 20		4,88	4,63	3,80	2,78	2,96	3,47	3,36	3,57	3,56
10 „ 19		50,5	11,95	3,36	2,39	2,13	3,33	4,15	3,56	3,56
2 „ 18		∞	155,7	3,21	3,70	4,44	2,81	4,08	3,56	3,56
12 „ 17		—	—	—	1,55	1,50	1,56	3,74	3,50	3,56
5 „ 16		155,7	14,15	4,65	2,89	2,94	3,60	3,33	3,56	3,56
13 „ 8		23,5	12,10	4,30	2,69	2,43	2,67	3,40	3,56	3,56
14 „ 6		11,25	7,55	4,56	3,56	3,09	2,96	3,49	3,56	3,56
3		5,48	5,05	5,00	5,11	4,45	4,79	3,56	3,54	3,56

Verlag von Julius Springer in Berlin

Taschenbuch für Bauingenieure

Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner
herausgegeben von

Max Foerster

Geh. Hofrat, ord. Professor an der Technischen Hochschule
in Dresden

Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage

2094 Seiten auf bestem Dünndruckpapier. — Mit 3054 Figuren

In zwei Teilen — In Leinwand gebunden

In einem Bande Preis M. 20.—; in zwei Bänden Preis M. 21.—

Kaum drei Jahre nach der ersten starken Auflage des „Taschenbuchs für Bauingenieure“ liegt schon eine neue Auflage vor. Das dürfte Beweis genug sein nicht nur für den inneren Wert des Buches, sondern auch dafür, daß es dem im Vorwort vom Herausgeber begründeten „seit langer Zeit empfundenen Bedürfnis“ nach einem **Hand- und Lehrbuch**, das in **knapper, übersichtlicher Form auf wissenschaftlicher Grundlage** das umfangreiche Gebiet der Bauingenieurwissenschaften behandelt, auch wirklich abhilft.

Die zweite Auflage erscheint in erheblich erweiterter Form. Neben einer Überarbeitung und Vervollständigung der bisherigen Kapitel sind neu aufgenommen worden Abschnitte über Werkstattbau — im besonderen die bauliche Gestaltung von Fabrikanlagen — über besondere Ausführungen im Eisenbetonbau — Fundierungen, Silos, Behälter — endlich über Bebauungspläne — Fluchtlinienfestlegung, Platzanlagen, Straßendurchbildung usw. Eine namhafte Erweiterung haben zudem die Kapitel über die Theorie des Eisenbetonbaues, über massive Brücken und über Maschinenbau erfahren.

Möge auch die zweite Auflage eine ebenso wohlwollende und verständnisvolle Aufnahme finden, wie die erste, und in immer weitere Kreise der Bauingenieurfachwelt dringen, als ein unentbehrlicher Ratgeber für **theoretische Belehrung und praktische Verwendung**.

Eisen im Hochbau

Ein Taschenbuch mit Zeichnungen, Tabellen und Angaben
über die Verwendung von Eisen im Hochbau

Herausgegeben vom

Stahlwerks-Verband A.-G., Düsseldorf

Vierte Auflage

Mit zahlreichen Figuren und Tabellen

In Leinwand gebunden Preis M. 3.—

Bei Bezug von 20 Expl. je M. 2.75; von 50 Expl. je M. 2.60; von 100 Expl. je M. 2.50

Zu beziehen durch jede Buchhandlung