

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300781

744/12

Versuche mit Nietverbindungen und Brückenteilen

für den Verein deutscher Brücken- und Eisenbauwerken aus-
geführt im Königl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfeld.

Gen. Reg. Rat Professor Rudeloff.

Mit 10 Abbildungen und 7 Tafeln.



9.17
50

D. 748/12

Versuche mit Nietverbindungen und Brückenteilen

für den Verein deutscher Brücken- und Eisenbaufabriken aus-
geführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde.

Von

Geh. Reg.-Rat Professor **Rudeloff.**

Mit 70 Abbildungen und 5 Tafeln.

Preis 5.— Mark.

F. Nr. 29 850



BERLIN SW 48

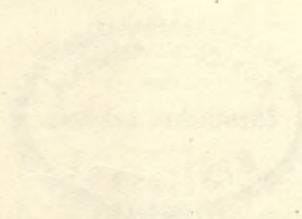
Verlag von Leonhard Simion Nf.

1912.



III 18031

Faint handwritten text, possibly a date or signature.



Faint printed text, possibly a page number or title.

Die Versuche, über die im Nachstehenden berichtet werden soll*), umfassen vier Versuchsreihen, und zwar:

- I. Zugversuche mit Nietverbindungen zur Ermittlung des Einflusses des Nietverfahrens (von Hand, mittels Lufthammer oder Kniehebelpresse) auf den Gleitwiderstand und die Bruchfestigkeit der Verbindung;
- II. Versuche über den Gleitwiderstand bei Anschlüssen mit größeren Nietbildern verschiedener Anordnung;
- III. Versuche über den Einfluß der Querschnittsschwächung auf die Zugfestigkeit von Flacheisen und Winkeln; und
- IV. Versuche über das Abbiegen von Winkelschenkeln.

Die Versuchsstücke sind nach den Beschlüssen der Versuchskommission gefertigt.

Hierzu liegen folgende Angaben vor:

„Zu den Versuchsstücken ist Thomaseisen nach den deutschen Normalbedingungen verwendet. Die Niete sind aus Rundeisen hergestellt, das ebenfalls den entsprechenden Vorschriften in den deutschen Normalbedingungen entspricht. Das Nieteisen ist in einem Satz hergestellt und geprüft.

Die Ausbildung der Vernietung und Verlaschungen sind nach den vom Königl. preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten gegebenen Bauvorschriften hergestellt, insbesondere sei hervorgehoben, daß Niete auf Abscheren $\frac{9}{10}$ so hoch beansprucht werden, wie die Stäbe auf Zug; der Leibungsdruck darf doppelt so hoch

*) Die aus den Ergebnissen gezogenen Schlüsse erstrecken sich lediglich auf die bei den Versuchen festgestellten Festigkeitseigenschaften der untersuchten Konstruktionen. Die Ableitung von „Bauregeln“ für den werktätigen Ingenieur soll, nötigenfalls nach Ausführung von Ergänzungsversuchen, einem späteren Bericht der Versuchskommission vorbehalten bleiben.

sein wie die Scherspannung. Bei den großen Stabstößen mit rechtwinkligem Nietbild ist zur Ermittlung des Nettoquerschnittes eine ganze Reihe Nietlöcher von Zugstab und Lasche abgezogen, bei den entsprechenden dreieckförmigen und rautenförmigen Nietanschlüssen ist vom Stab 1 Nietloch abgezogen, während an den Laschen eine ganze Nietlochreihe abgezogen wurde. Nietzahlen, Nietdurchmesser und Laschendicken sind den gegebenen Bedingungen tunlichst genau angepaßt. Die Bearbeitung entspricht der gewöhnlichen guten Werkstattarbeit; es wurden dafür besondere Vorschriften nicht gemacht.“

I. Zugversuche mit Nietverbindungen.

Die Versuche bezweckten festzustellen, „ob Zugkräfte mit dem gleichen Nutzen durch Niete kleineren oder größeren Durchmessers übertragen werden können“.

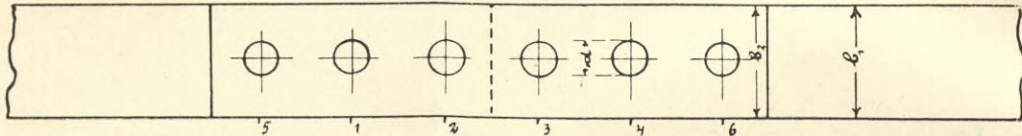


Fig. 1.

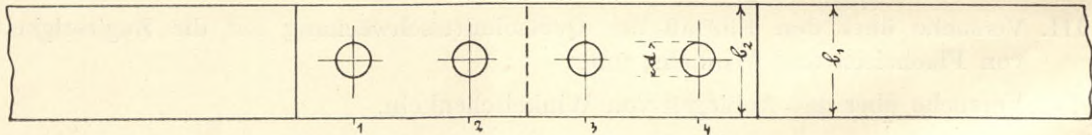


Fig. 2.

Die Versuchsstücke bestanden nach Fig. 1 u. 2 im allgemeinen aus zwei Flacheisen, die beiderseits verlascht und in einer Nietreihe durch je 3 oder 2 Niete ohne Versenk verbunden waren.

Zur Ausführung gelangten vier Versuchsreihen (I—IV). Die Abmessungen der Versuchsstücke im einzelnen zeigt Tab. 1.

Die Proben der Reihen I und II stimmen in den Abmessungen der Flacheisen und Laschen überein, ebenso in der Zahl der Niete, dagegen beträgt der Durchmesser der Niete bei I: 2,3 cm und bei II: 2,1 cm und dementsprechend sind auch die tragenden

Querschnitte der Proben verschieden. Ähnlich unterscheidet sich Reihe III von IV, nur daß hier auch die Breiten der Flacheisen und Laschen noch verschieden sind.

Jede der vier Reihen umfaßte zwei Gruppen (A u. B) von Proben; bei A waren die Zwischenflächen „gebeizt und geölt“, bei B dagegen „gebeizt, geölt und einmal rot (mit Mennige) gestrichen“.

Ferner war in jeder Gruppe ein Teil der Proben „von Hand“, ein anderer „mit Lufthammer“ und ein Dritter „mit Kniehebel“ genietet.

Außer den genieteten Proben wurden 3 Versuchsstücke, gez. 4,25 und 46, untersucht, bei denen die Laschen mit den Flacheisen nicht vernietet, sondern verschraubt waren. Von ihnen stimmten hinsichtlich der Abmessungen Probe 4 mit den Proben der Reihe II, die Probe 25 mit denen der Reihe III und die Probe 46 mit denen der Reihe IV überein. Die Zwischenflächen waren bei allen drei Proben mit Verschraubung „gebeizt und geölt“ wie bei den genieteten Proben der Gruppe A.

Tabelle 1. **Abmessungen der Versuchsstücke zu Versuchsreihe I—IV** (s. Fig. 1 u. 2).

Reihe Nr.	Form der Ver- suchs- stücke s. Fig.	Flacheisen			Laschen			Nieten			
		Breite b_1 cm	Dicke a_1 cm	Tragen- der Quer- schnitt*) $F_1 =$ $(b_1 - d) a_1$ qcm	Breite b_2 cm	Dicke a_2 cm	Tragen- der Quer- schnitt*) $F_2 =$ $(b_2 - d) a_2$ qcm	Anzahl je zu beiden Seiten des Stoßes	Durch- messer d cm	Gesamt- querschnitt*) beansprucht auf	
										Schub F_3 qcm	Leibungs- druck F_4 qcm
I	1	10,0	2,4	18,48 (100)	10,0	1,4	21,56 (117)	3	2,3	24,93 (135)	16,56 (90)
II		10,0	2,4	18,96 (100)	10,0		22,12 (117)			2,1	20,78 (109)
III	2	10,0	2,0	15,00 (100)	10,0	1,2	18,00 (120)	2	2,5	19,63 (131)	10,00 (67)
IV		11,0	2,0	16,60 (100)	11,0		19,92 (120)			2,7	22,90 (138)

Beim Versuch wurde bestimmt:

- a) das Gleiten der Flacheisen gegen die Laschen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten sowie
- b) die Bruchbelastung.

Zum Beobachten des Gleitens dienen:

1. bei allen Versuchen vier Zeigerapparate Fig. 3; daneben
2. bei den meisten Versuchen ein Spiegelapparat von Martens, Fig. 4, und
3. bei mehreren Versuchen Anlegemaßstäbe. Außerdem wurde
4. bei einigen Versuchen mit besonderen Einrichtungen nach Fig. 5 die Wirkung des Leibungsdruckes auf die Formänderung der Laschen beobachtet.

*) Die in Klammern stehenden Werte geben die Verhältnisse zwischen den tragenden Querschnitten bei derselben Reihe.

Das Nähere über die Meßweisen ergibt sich aus Folgendem:

1. Die vier Zeigerapparate waren zu beiden Seiten des Stoßes an den in Fig. 1 u. 2 mit 1—4 bezeichneten Stellen hinter einander, d. h. auf derselben Schmalseite des Versuchsstückes angebracht. Wie aus den Fig. 1 u. 2 zu ersehen ist, lagen die durch eingelassene Stifte gebildeten Meßpunkte (die Drehachsen der Zeiger) in den mit den Mitten der Niete zusammenfallenden Querschnitten. Bei den Versuchsreihen II A u. II B, deren Proben je 3 Niete zu beiden Seiten des Stoßes enthielten (s. Fig. 1), wurden zum Teil 6 Zeigerapparate verwendet, 5 hinter 1 u. 2 und 6 hinter 3 u. 4.

2. Die Spiegelapparate Fig. 4 bestanden aus dem Spiegelträger *a*, der in eine Bohrung von 0,8 cm Durchmesser mit ebener Wandung in die Probe eingeführt wurde und sich mit der abgerundeten Spitze *b* gegen die eine Lasche und mit den beiden Spitzen *c* gegen das Flacheisen stützte. Die Feder *d* sorgte für dauernd feste Anlage der Spitzen. Das Gleiten der Lasche gegen das Flacheisen bewirkte Neigen des Spiegels *e*, wobei die Tangente des Neigungswinkels mit einem Ablesefernrohr und Skala in bekannter Weise beobachtet wurde. Etwaiges Neigen des Spiegels

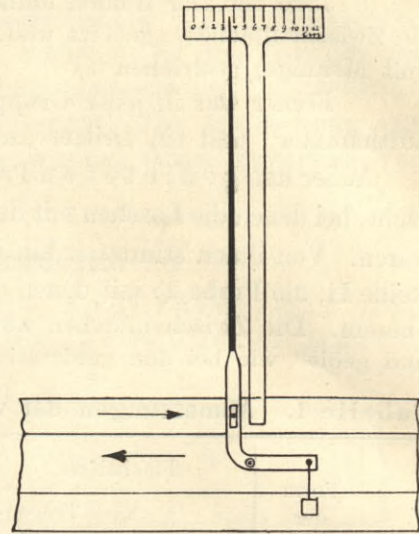


Fig. 3.

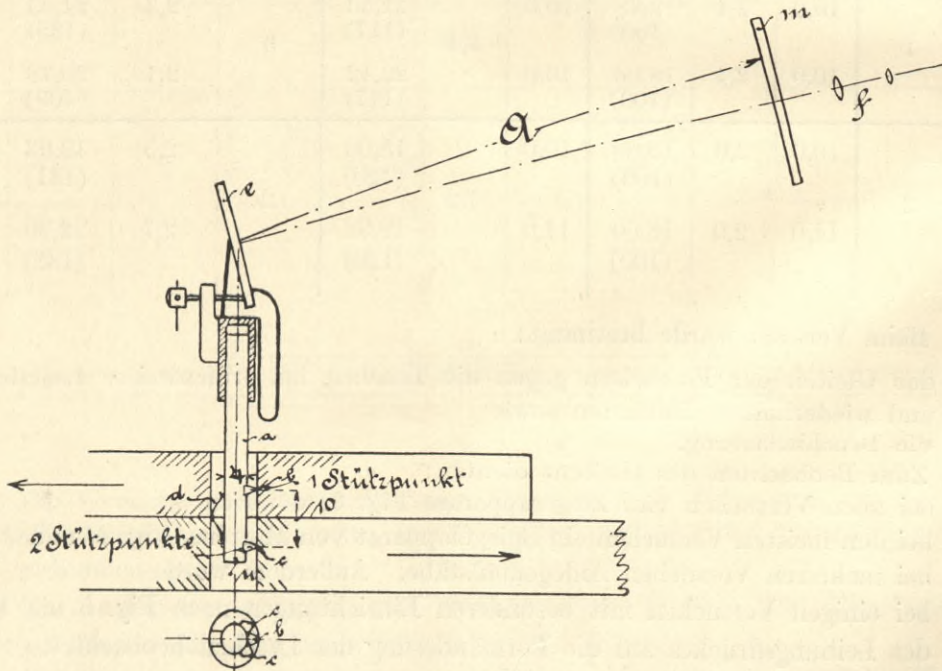


Fig. 4.

infolge Neigens der Achse des Versuchsstückes wurde an einem mit letzterem fest verbundenen Spiegel beobachtet und die Ablesung an dem Meßapparat entsprechend berichtigt.

3. Die Messung mit Anlegemaßstäben erstreckte sich auf die Meßlängen a und b Fig. 1 u. 2. Beide Meßlängen waren ursprünglich gleich groß, und zwar gleich dem Achsenabstande der beiden mittleren Niete von einander. An a wurde die Dehnung der Lasche ermittelt, während die Beobachtungen für b außer dieser Dehnung auch die Verschiebung der beiden Flacheisenenden gegen die Lasche enthielt. Der Unterschied beider Beobachtungen ($b-a$) ergab somit den Betrag der Verschiebung. Angenommen ist hierbei, daß die beiden Enden der Flacheisen zwischen den mittleren Nieten keine, die Messung beeinträchtigenden Formänderungen erfuhren.

4. Die Wirkung des Leibungsdruckes auf die Lasche besteht in örtlicher Verdrückung der Lochwandung und im weiteren Verlauf in Krümmung der hinter dem Nietloch gelegenen Laschenquerschnitte. Diese Krümmung kann erst eintreten, wenn das

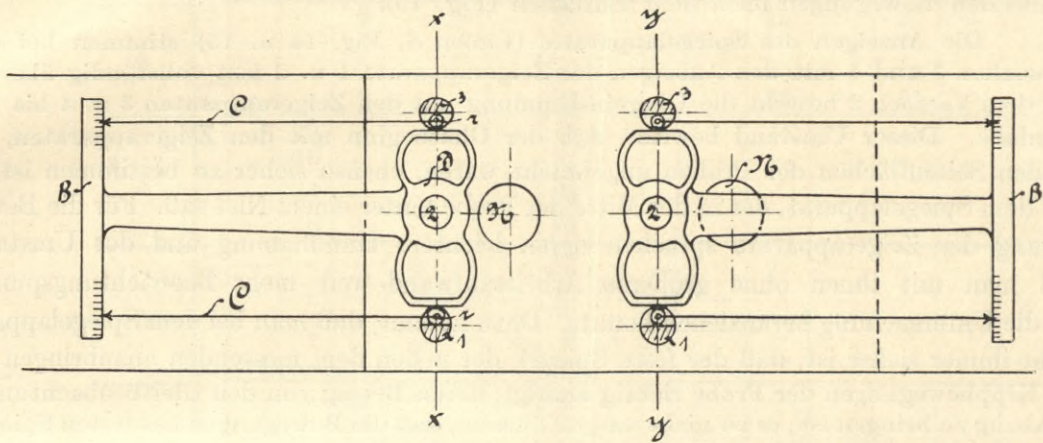


Fig. 5.

Gleiten der vernieteten Teile gegen einander begonnen hat und entsprechend der ursprünglichen lichten Entfernung zwischen Nietschaftoberfläche und Lochwandung soweit fortgeschritten ist, daß das Niet an die Lochwandung sich satt angelegt hat. Von diesem Gesichtspunkte aus erschien es mir von Wert, den Beginn des vorerwähnten Krümmens der Laschenquerschnitte hinter den Nieten und seinen Verlauf mit wachsender Belastung festzustellen. Die Beobachtung erfolgte, wie Fig. 5 zeigt, an Proben der Reihe IV B für zwei Querschnitte $x \infty x$ und $y \infty y$ hinter den beiden Nieten N zu einer Seite des Stoßes. In jedem dieser beiden Querschnitte $x \infty x$ und $y \infty y$ waren drei Stifte 1, 2, 3 in die Lasche eingelassen, von denen 1 und 3 auf den einander zugewendeten Seiten abgeflacht waren. Auf die mittleren Stifte 2 waren die Stücke D fest aufgesetzt, die zugleich als Träger der Ablesemaßstäbe B dienten. Zwischen die Endflächen der nach außen federnden Stücke D und die ebenen Flächen der Stifte 1 u. 3 waren kleine Rollen r eingesetzt, die die Zeiger C trugen. Die mittleren Bewegungen der letzteren gegen die Maßstäbe B entsprachen somit den Bewegungen der Stifte 2 gegen die Geraden $x \infty x$ und $y \infty y$, also den zu messenden Krümmungen der Querschnittsebene zwischen den Stiften 1 und 3. Das Übersetzungsverhältnis der Apparate war gleich 1 : 75.

Die Gleitbeobachtungen mit den vier Zeigerapparaten 1—4 sind in Fig. 6—13 (Tafel II u. III) zu Schaulinien aufgetragen und in Tab. 2 (Tafel I) ist als Beispiel das ge-

sante Zahlenmaterial der Versuchsreihe II A gegeben. Die Beobachtungen haben dazu gedient, die Belastungen für den Beginn des Gleitens festzulegen, bevor aber hierauf eingegangen wird, mögen zunächst die Ergebnisse der verschiedenen Meßweisen besprochen sein. —

Bei dem außerordentlich umfangreichen Zahlenmaterial habe ich davon Abstand genommen, alle Beobachtungswerte mit dem Spiegelapparat in Tabellen wiederzugeben, vielmehr mich darauf beschränkt, in Tab. 3 sowie in Fig. 14 u. 15 als Beispiele die vollständigen Ergebnisse nur für die Versuchsstücke 2, 3 u. 4 (vgl. Tab. 2) gegenüber zu stellen.

Diese Gegenüberstellungen lassen ebenso wie die Schaulinien Fig. 14—15 erkennen, daß die auf derselben Seite des Stoßes angeordneten beiden Zeigerapparate 1 u. 2, sowie 3 u. 4 befriedigend übereinstimmende Gleitbewegungen anzeigten, und zwar sowohl für die Gesamtbewegungen unter der Belastung (Fig. 14) als auch für die bleibenden Bewegungen nach dem Entlasten (Fig. 15).

Die Anzeigen des Spiegelapparates (Linien S, Fig. 14 u. 15) stimmen bei den Versuchen 3 und 4 mit den Anzeigen der Zeigerapparate 1 u. 2 fast vollständig überein. Bei dem Versuch 2 besteht die Übereinstimmung mit den Zeigerapparaten 3 u. 4 bis 15 t ebenfalls. Dieser Umstand beweist, daß der Gleitbeginn mit den Zeigerapparaten, die an den Seitenflächen der Proben angebracht waren, ebenso sicher zu bestimmen ist als mit dem Spiegelapparat, der in der Mitte der Probe hinter einem Niet saß. Für die Bevorzugung der Zeigerapparate sprachen deren leichtere Handhabung und der Umstand, daß man mit ihnen ohne größeren Arbeitsaufwand weit mehr Beobachtungspunkte für die Untersuchung heranziehen konnte. Dazu kommt, daß man bei dem Spiegelapparat nicht immer sicher ist, daß der feste Spiegel, der neben dem messenden anzubringen ist, die Kippbewegungen der Probe richtig anzeigt, deren Betrag von den Gleitbeobachtungen in Abzug zu bringen ist; es ist nicht ausgeschlossen, daß die Bewegungen des festen Spiegels durch örtliche Verbiegungen der Lasche beeinflußt werden.

Den Vergleich der Gleitbeobachtungen mit Anlegemaßstäben und mit Zeigerapparaten enthält Tab. 4. Die Mittelwerte aus den je drei Parallelversuchen zeigen für beide Meßweisen so gute Übereinstimmung, daß die Bestimmung des Gleitbeginnes aus den Beobachtungen der beiden Meßlängen a und b als durchaus zuverlässig zu erachten ist. Die Messung ließe sich durch Anwendung von Zeigerapparaten statt der einfachen Anlegemaßstäbe leicht feiner gestalten. Dieser Meßweise dürfte vor allen anderen der Vorzug gebühren, da sie die einfachste ist. Dies gilt auch dann noch, wenn die Messung auf beide Schmalseiten der Probe ausgedehnt wird. Dann würden zugleich etwaige schiefe Beanspruchungen der Probe erkannt werden. Zweckmäßig wäre es, hierbei die Meßlänge a auf der einen Seite an der oberen, auf der anderen Seite an der unteren Lasche anzubringen, da dann die Mittelwerte auch von etwaigen Fehlern infolge Durchhängens des Versuchsstückes unter dem Eigengewicht frei wären.

Die Ergebnisse der oben unter 4 genannten Messungen auf Durchbiegung der Laschenquerschnitte unter dem Leibungsdruck enthält Tab. 5; außerdem sind sie in Fig. 16 durch Schaulinien dargestellt. In letzteren kennzeichnen die kurzen wagerechten Striche neben der Ordinatenachse die Belastungen, unter denen nach den Messungen mit den Zeigerapparaten das Gleiten der Flacheisen gegen die Laschen begann. Durch ein Versehen des Versuchsausführenden ist es leider unterlassen, auf den Versuchsprotokollen anzugeben, mit welchem der beiden Zeigerpaare 1 u. 2 oder 3 u. 4 die beiden Durchbiegungs-

Beziehungen zwischen den Festigkeitseigenschaften der durch Nietlöcher geschwächten Universaleisen und den Festigkeitseigenschaften ihres Materials.

Stab Nr.	Nieten		Ermittelt an den Stäben			Ermittelt an den Materialproben				Verhältnis der Stabfestigkeit zur Materialfestigkeit, letztere = 100 gesetzt												
			Streckgrenze		Bruch- spannung σ_B	eingeliefert		im Amt entnommen		eingelieferte Material-Proben					im Amt entnommene Material-Proben							
	Anzahl	Längs- abstand cm	ge- schwächter Teil	Stabteil ohne Löcher		Streck- grenze σ_s	Bruch σ_b	Streck- grenze σ'_s	Bruch σ'_b	Streckgrenze σ_s/σ_s		Bruch σ_B/σ_b		Streckgrenze σ_s/σ'_s		Bruch σ_B/σ'_b						
			$\sigma_{S'}$	$\sigma_{S''}$	geschwächter Stabteil					Stabteil ohne Löcher	geschwächter Stabteil			Stabteil ohne Löcher								
									Einzel- werte	Mittel	Einzel- werte	Mittel	Einzel- werte	Mittel	Einzel- werte	Mittel	Einzel- werte	Mittel				
1 63	4	5,0	1 990	—	3 870	2 630	3 950	—	—	76	100	—	145	98	109	—	90	—	107	—	100	
			2 690	3 220	4 040	2 190	3 380	2 980	4 060	123	—	145	145	119	109	90	90	107	107	100	100	
47 47a		5,5	2 350	2 730	4 020	2 380	3 670	2 470	3 840	99	99	114	114	109	110	95	97	110	112	105	107	
			2 350	2 740	4 070	2 380	3 670	2 380	3 720	99	99	114	114	111	110	99	97	114	112	109	107	
5 9 9a		6,0	2 490	—	(3 520)	2 340	3 540	—	—	106	—	—	—	(100)	—	—	—	—	—	—	—	—
			2 810	2 850	4 000	2 830	4 100	—	—	99	99	100	100	98	100	—	95	—	104	—	—	108
				2 010	2 220	3 450	2 190	3 380	2 110	3 200	92	—	100	100	102	—	95	104	—	108	—	108
10 39 40		7,0	2 710	2 890	4 130	2 830	4 100	—	—	96	96	101	101	101	101	—	—	—	—	—	—	
		7,5	2 920	2 850	4 400	2 720	4 290	2 870	4 000	107	107	107	107	102	102	102	102	98	98	110	110	
		8,0	2 920	2 630	4 430	2 720	4 290	2 770	3 940	107	107	96	96	103	103	105	105	94	94	113	113	
2	7	4,0	2 540	—	3 600	2 290	3 630	—	—	71	71	—	—	99	99	—	—	—	—	—	—	
6 11			5,0	2 460	—	—	2 430	3 590	—	—	101	98	—	94	—	101	—	—	—	—	—	—
				2 600	2 590	4 150	2 780	4 110	—	—	94	—	94	94	101	101	—	—	—	—	—	—
12 12' 12a		6,0	2 770	2 720	4 330	2 780	4 110	—	—	100	—	99	—	105	—	—	—	—	—	—	—	
				2 750	2 690	4 530	2 730	4 100	2 910	4 440	101	98	100	99	111	109	94	97	93	99	102	107
				2 750	2 860	4 480	2 960	4 010	2 780	4 010	93	—	98	—	112	—	99	—	104	—	112	—
41 41' 41a		7,0	2 830	2 640	4 570	2 780	4 520	2 570	3 950	102	—	96	—	101	—	110	—	104	—	116	—	
			2 340	2 340	3 970	2 700	3 870	2 310	3 400	87	89	87	87	103	99	101	103	102	99	117	114	
			2 120	1 980	3 550	2 700	3 870	2 180	3 250	79	—	79	—	92	—	97	—	92	—	109	—	
42	8,0	2 830	2 510	4 590	2 780	4 520	2 510	3 880	102	102	94	94	101	101	113	113	101	101	118	118		

Fig. 6.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe I A.

Flacheisen 10×2,4 cm; Laschen 10×1,4 cm; 3 Nieten von 2,3 cm Durchmesser. Zwischenflächen gebeizt und geölt.

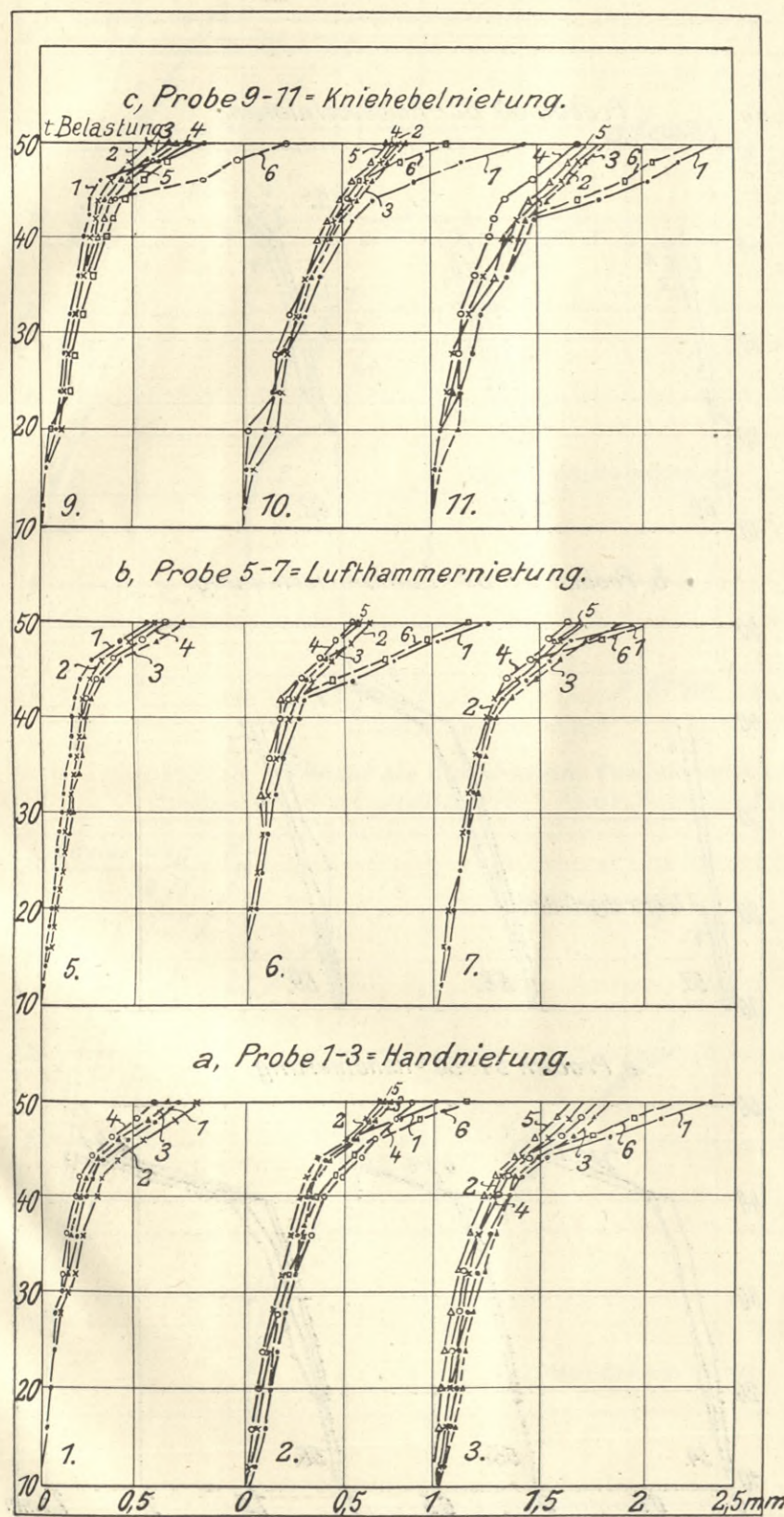


Fig. 7.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe I B.

Flacheisen 10×2,4 cm; Laschen 10×1,4 cm; 3 Nieten von 2,3 cm Durchmesser. Zwischenflächen gebeizt, geölt und einmal rot gestrichen.

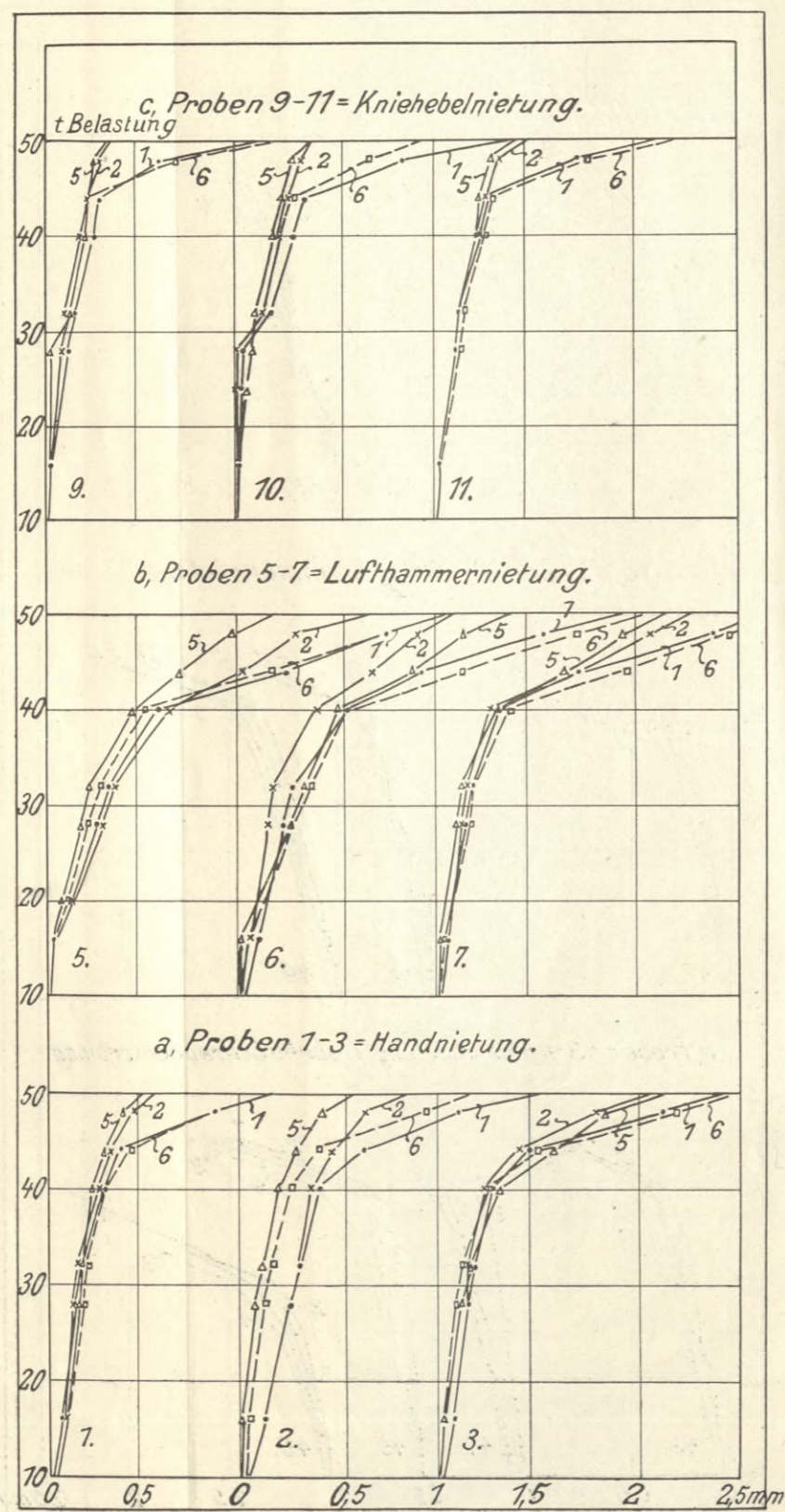


Fig. 8.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe II A.

Flacheisen 10×2,4 cm; Laschen 10×1,4 cm; 3 Nieten von 2,1 cm Durchmesser.

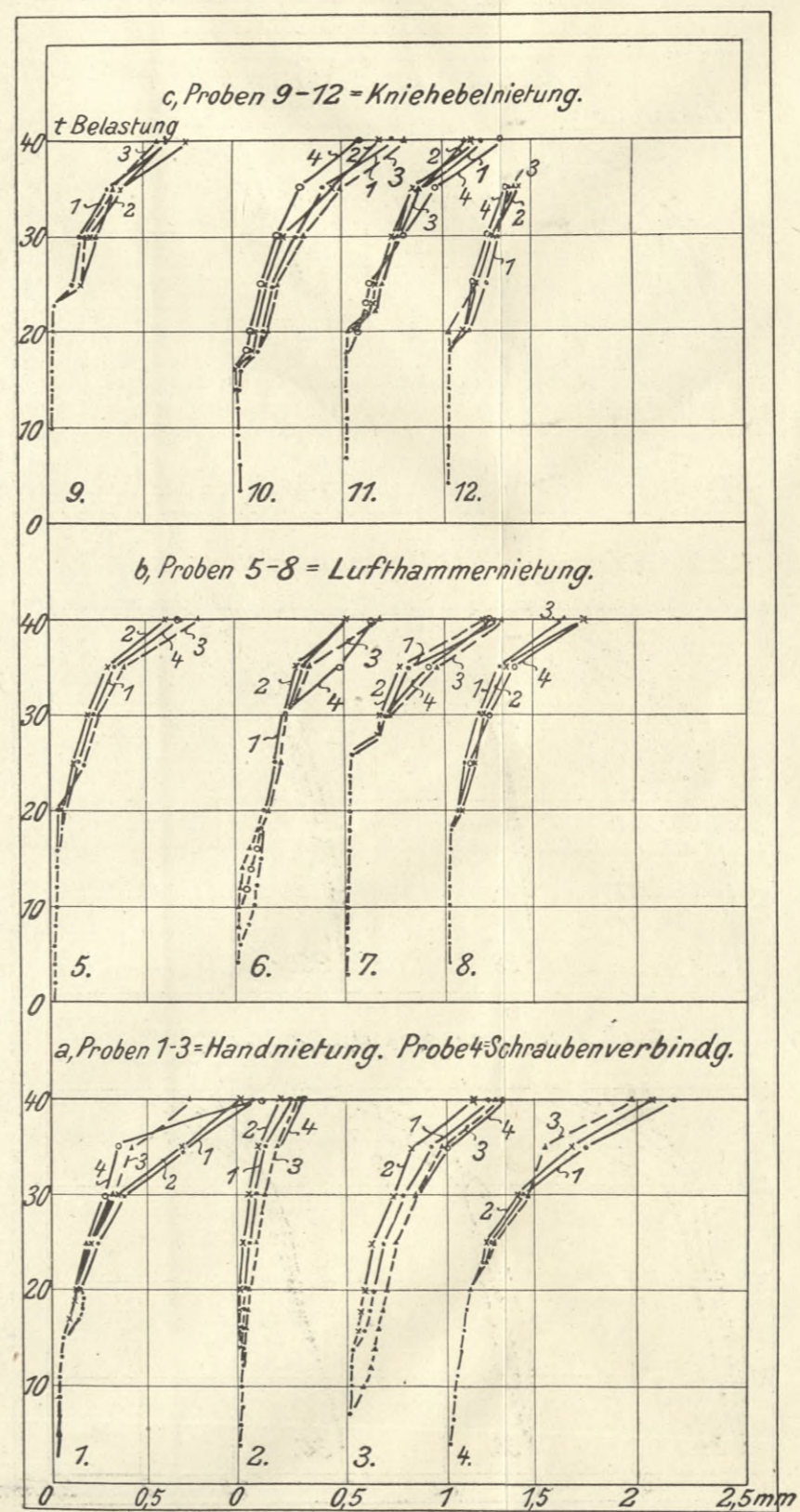


Fig. 9.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe II B.

Flacheisen 10×2,4 cm; Laschen 10×1,4 cm; 3 Nieten von 2,1 cm Durchmesser.

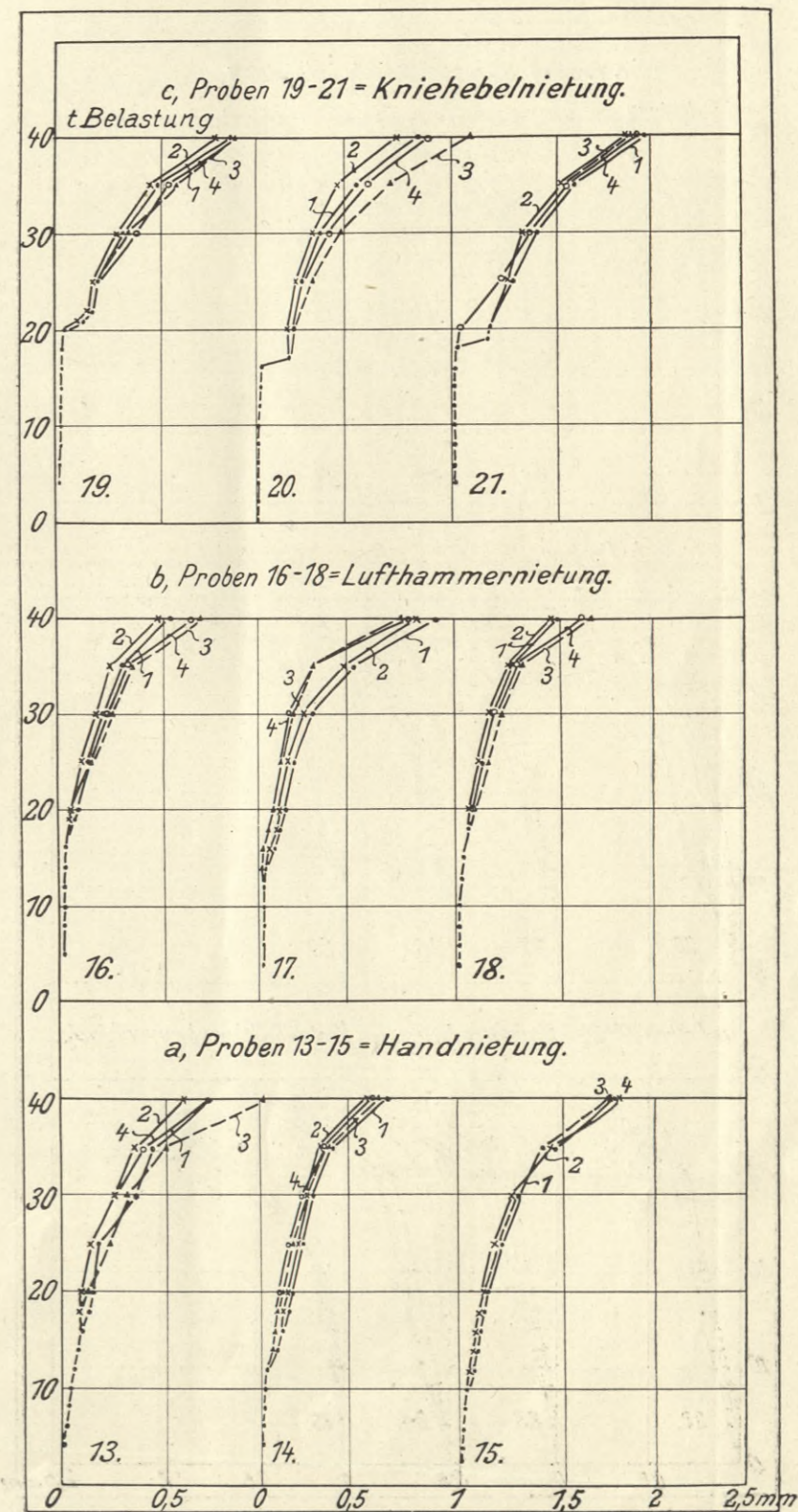


Fig. 10.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe III A.
 Flacheisen 10×2,0 cm; Laschen 10×1,2 cm; 2 Nieten von 2,5 cm Durchmesser.

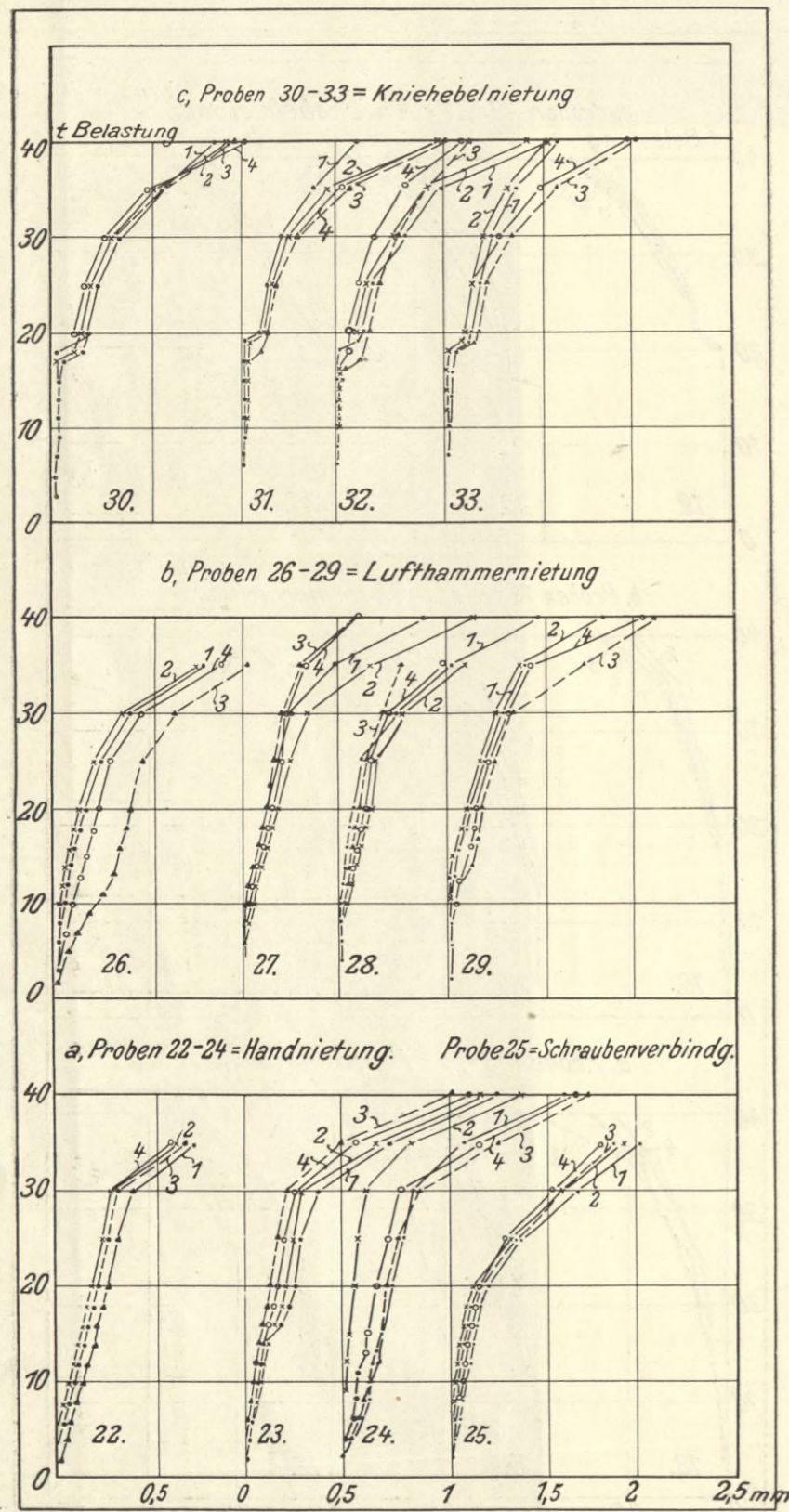


Fig. 11.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe III B.
 Flacheisen 10×2,0 cm; Laschen 10×1,2 cm; 2 Nieten von 2,5 cm Durchmesser.

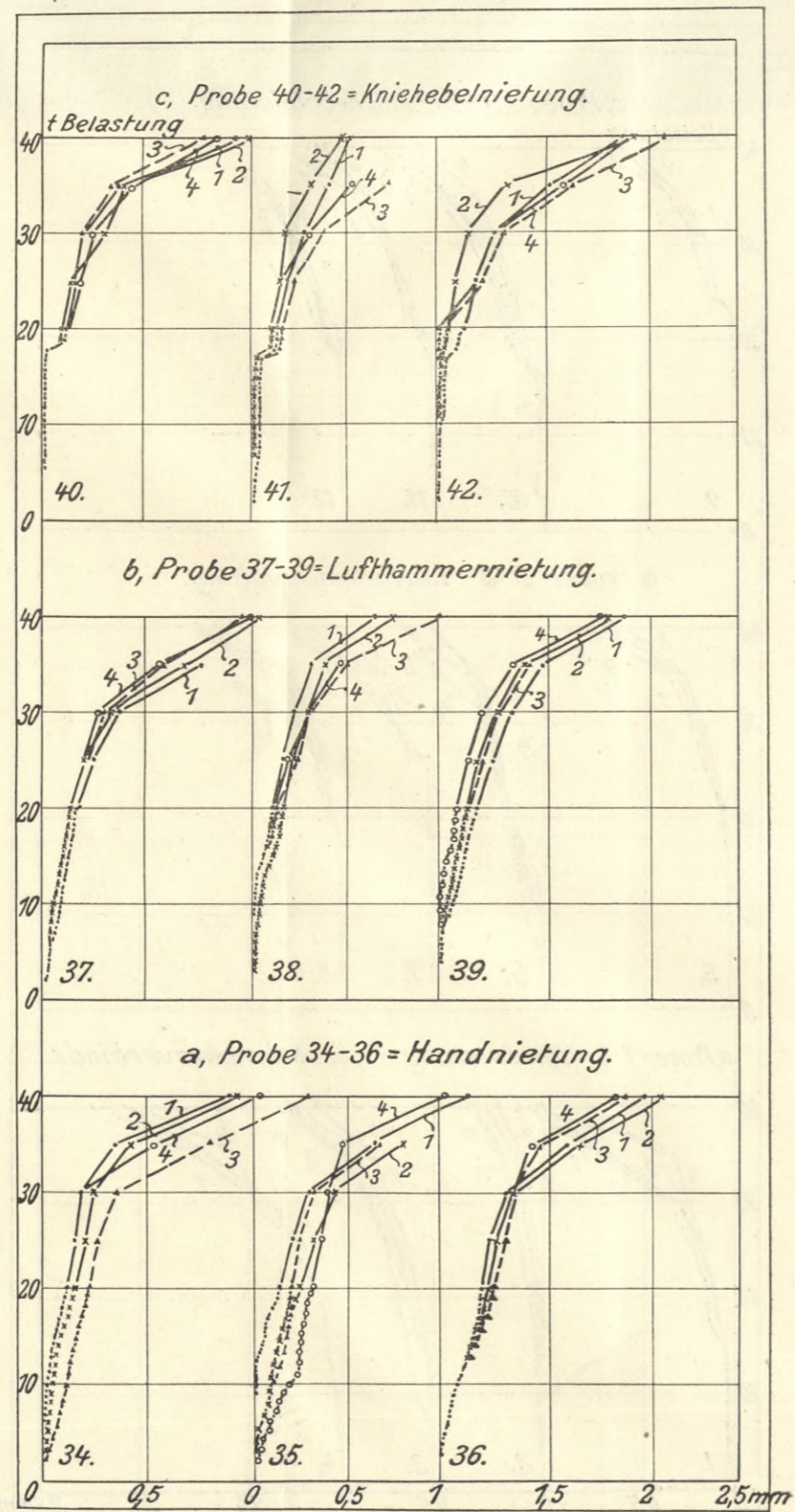


Fig. 12.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe IV A.
 Flacheisen 11×2,0 cm; Laschen 11×1,2 cm; 2 Nieten von 2,7 cm Durchmesser.

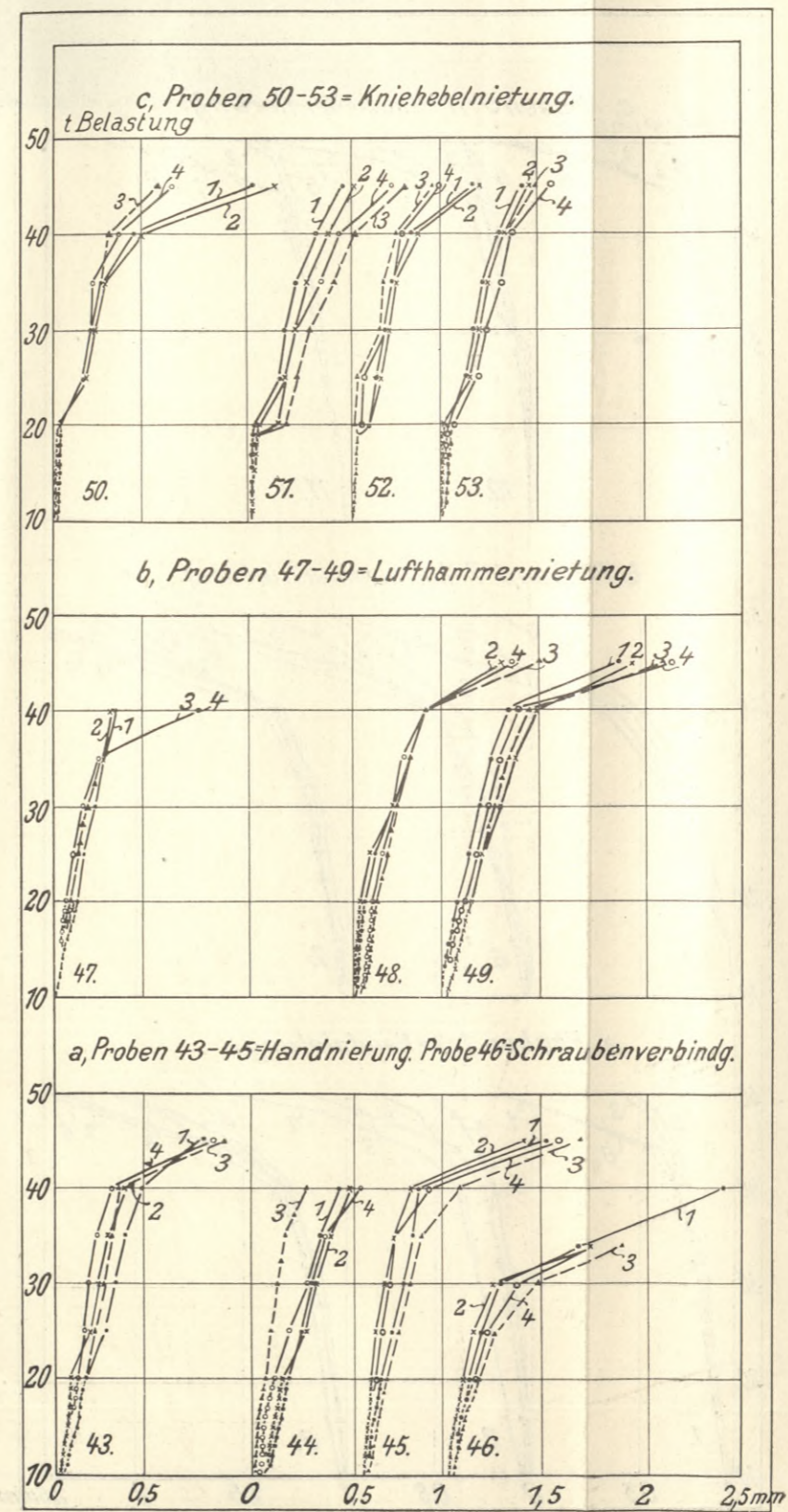


Fig. 13.

Verlauf des Gleitens bei Versuchsreihe IV B.
 Flacheisen 11×2,0 cm; Laschen 11×1,2 cm; 2 Nieten von 2,7 cm Durchmesser.

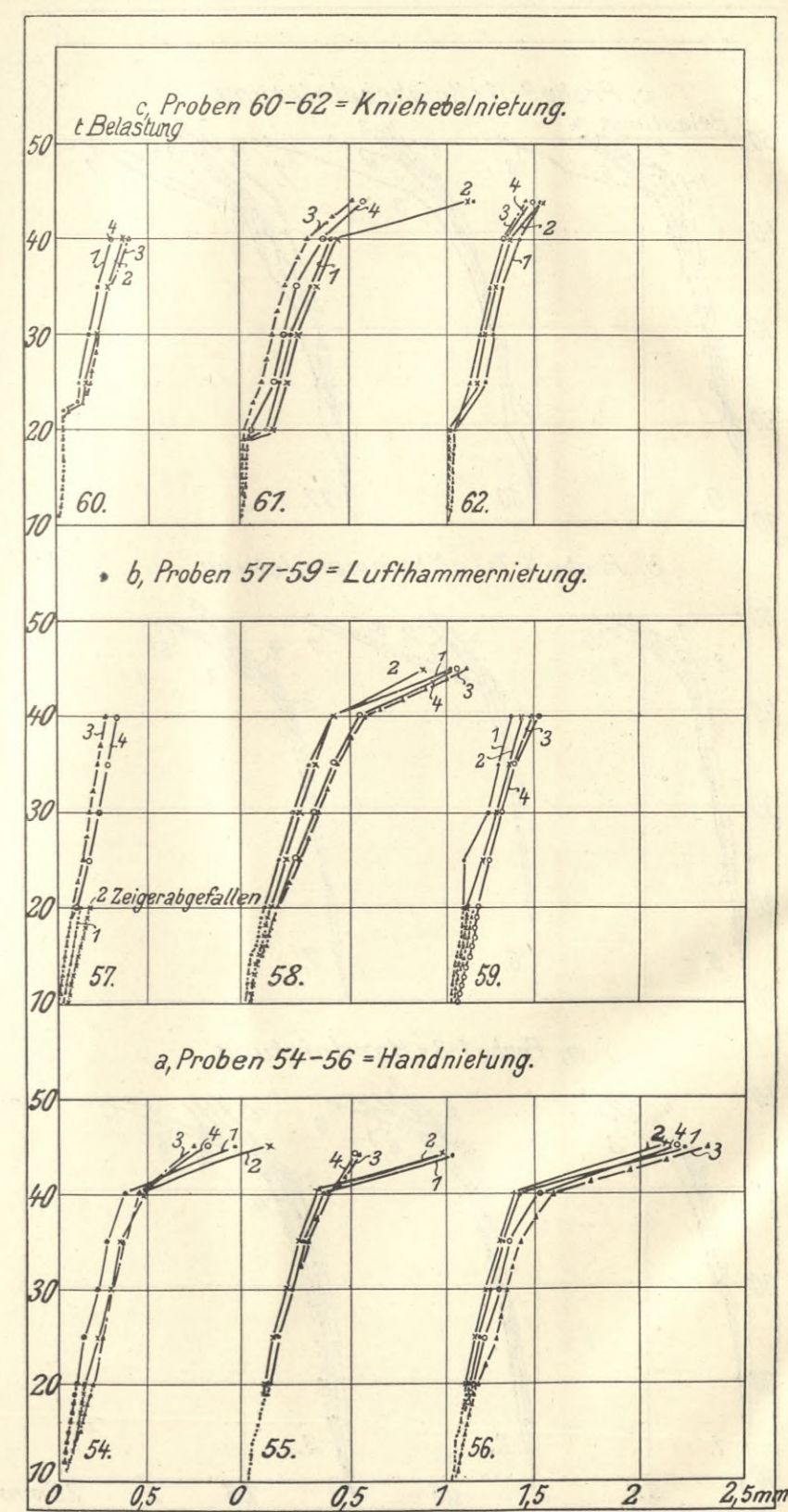
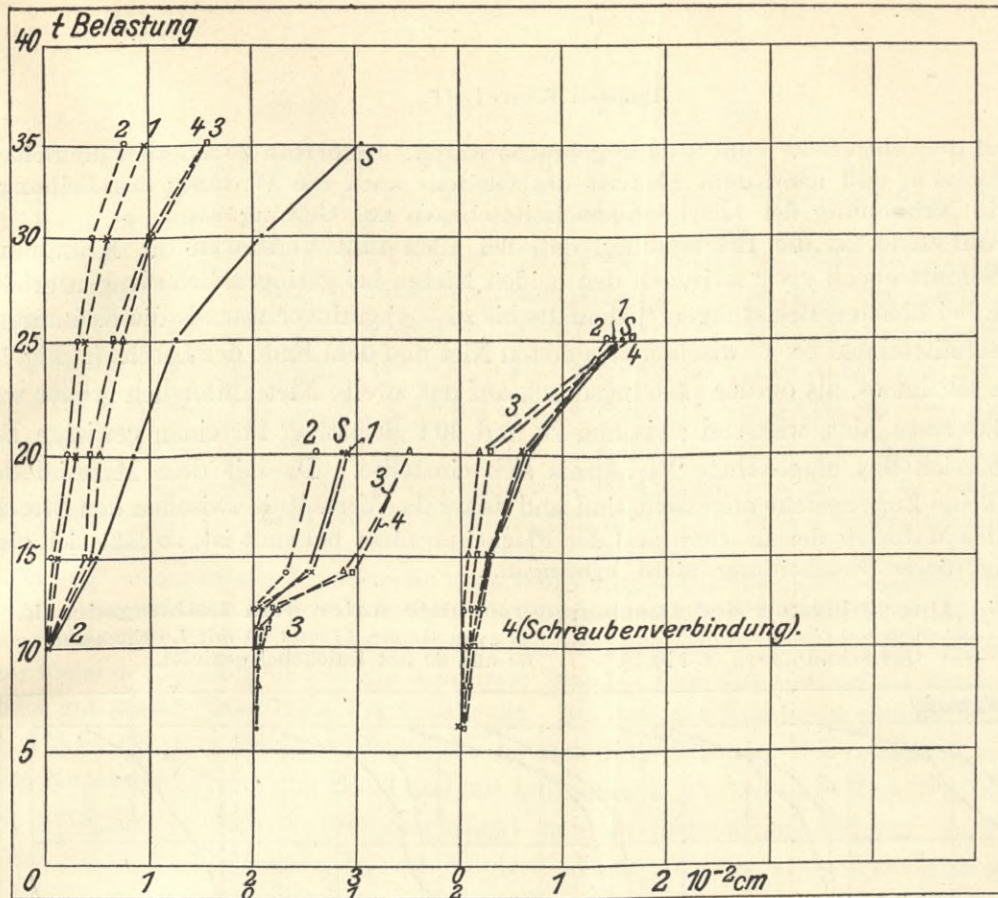
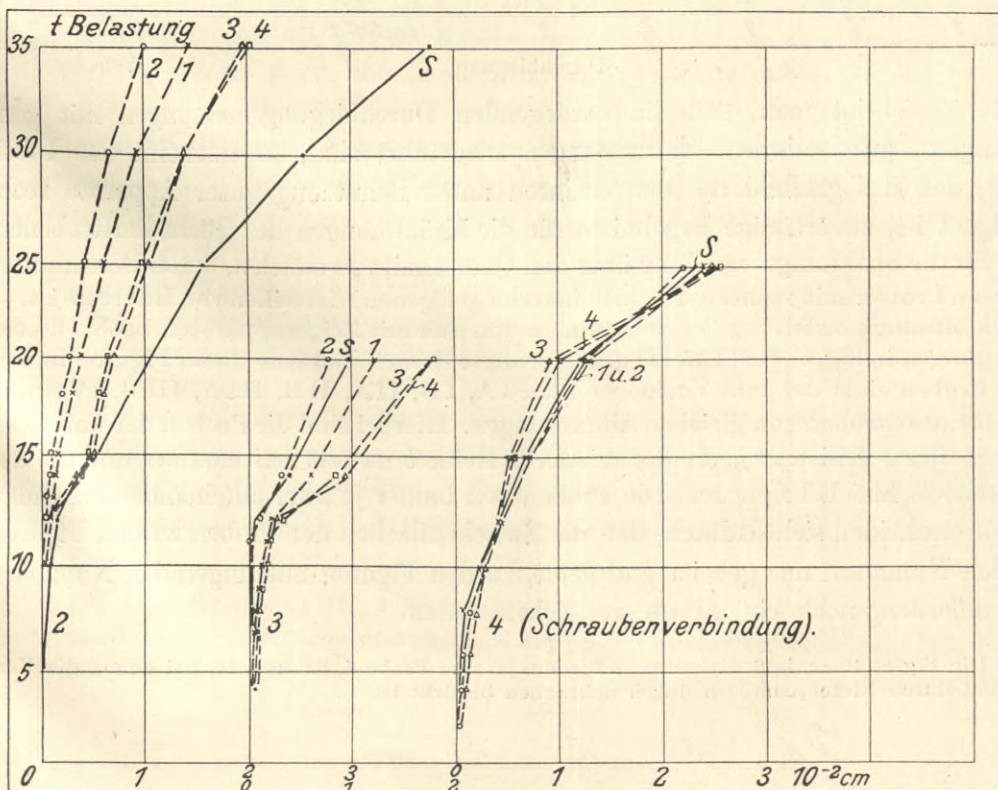


Fig. 14. Verlauf der Gesamt-Verschiebungen.
 Beobachtet: S mit Spiegelapparat; 1-4 mit Zeigerapparaten.



Gesamt-Verschiebung.

Fig. 15. Verlauf der bleibenden Verschiebungen.
 Beobachtet: S mit Spiegelapparat; 1-4 mit Zeigerapparaten.



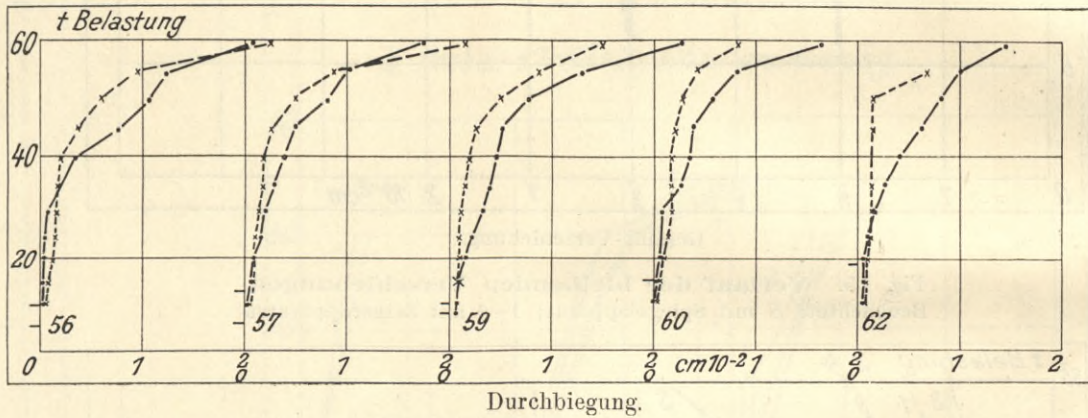
Bleibende Verschiebung.

messer auf derselben Seite vom Stoß angebracht waren. Immerhin lassen aber die Schaulinien erkennen, daß nach dem Eintritt des Gleitens auch die Wirkung des Leibungsdruckes in Krümmung der Laschenquerschnittsebenen zur Geltung kam.

Auffallend ist die Erscheinung, daß bei allen fünf Versuchen die Krümmung der Querschnittsebene $y \propto y$ zwischen den beiden Nieten bei geringen Belastungen größer und dann bei höheren Belastungen (jedenfalls bis zu 55 t) geringer war als die Krümmung der Querschnittsebene $x \propto x$ zwischen dem ersten Niet und dem Ende der Lasche (s. Fig. 5). Hiernach scheint es, als ob der Leibungsdruck auf das zweite Niet anfänglich größer war als auf das erste Niet, während zwischen 20 und 30 t Belastung für einen gewissen Belastungsbereich das umgekehrte Verhältnis sich einstellte. Da mit dem Material der Laschen keine Zugversuche angestellt sind und daher das Verhältnis zwischen den Streckgrenzen des Materials der Laschen und der Flacheisen nicht bekannt ist, so läßt sich eine Erklärung dieser Erscheinung nicht erbringen.

Fig. 16. Durchbiegung der Laschenquerschnitte unter dem Leibungsdruck.

— Querschnitt $x \propto x$; 56 „von Hand“, 57 und 59 mit Lufthammer,
 - - - - Querschnitt $y \propto y$ (s. Fig. 5). 60 und 62 mit Kniehebel genietet.



Berücksichtigt man, daß die vorliegenden Durchbiegungsmessungen mit ganz roh gefertigten, provisorischen Einrichtungen ausgeführt sind, so erscheint das Urteil berechtigt, daß das geschilderte Meßverfahren unter Benutzung guter Apparate recht wohl geeignet ist, zuverlässige Ergebnisse für die Krümmungen der Querschnittsebenen, also auch für die Spannungsverteilung über den Querschnitt zu erzielen, deren Bestimmung besonders an Proben mit mehreren nebeneinander gelegenen Nietreihen von Interesse ist. —

Die Zusammenstellung der Schaulinien von den mit Zeigerapparaten beobachteten Gleitbewegungen in Fig. 6—13 (Tafel II u. III) erfolgte derart, daß jede dieser Figuren immer sämtliche Proben einer der acht Versuchsreihen IA, IB, IIA, IIB, IIIA, IIIB, IVA und IVB umfaßt, also Proben von gleichen Abmessungen. Hierbei sind die Proben der untersten Reihe *a* von Hand genietet *), die der mittleren Reihe *b* mittels Lufthammer und die der obersten mittels Kniehebelpresse. Die Proben von immer je zwei aufeinander folgenden Figuren unterscheiden sich dadurch, daß die Zwischenflächen der Proben zu den Figuren mit geraden Nummern nur gebeizt und geölt, zu den Figuren mit ungeraden Nummern dagegen außerdem noch einmal rot gestrichen waren.

*) Die Fig. 8, 10 und 12 enthalten außerdem je eine Probe 4, 25 und 46, bei denen die Verbindung nicht durch Niete, sondern durch Schrauben bewirkt ist.

Irgendwelche Unterschiede in dem Verlauf der Schaulinien, die auf einen gesetzmäßigen Einfluß der verschiedenartigen Behandlung der Zwischenflächen auf den Verlauf des Gleitens zurückzuführen wären, treten nicht zutage.

Vergleicht man aber die drei Schaulinienreihen *a—c* derselben Figur miteinander, so fällt es auf, daß die mit Kniehebel genieteten Proben (Reihe *c*) fast ohne Ausnahme einen scharf ausgeprägten Knick zeigen, während die übrigen Schaulinien nahezu stetig verlaufen und nur vereinzelt schwachen Ansatz zu dem Knick enthalten. Da zu allen Proben gleiches Material verarbeitet war, so lag es nahe, deren verschiedenartiges Verhalten darin zu suchen, daß die Niete bei den verschiedenen Nietverfahren die Löcher verschieden gut ausfüllen. Daß dies nicht zutrifft, zeigen die zur Aufklärung ausgeführten Ätzversuche*) an längs aufgeschnittenen, unbelasteten Proben, Fig. 17—19; sie lassen in der Ausfüllung der Nietlöcher bei allen drei Nietverfahren keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Beachtenswert erscheinen mir aber die Unterschiede in der Form der Nietköpfe. Die eine Kopfreihe liegt bei allen drei Proben mit den Schulterflächen gut an der Oberfläche der Lasche an. Bei den mit Kniehebel genieteten Proben (Fig. 19) ist die gute Anlage auch bei der zweiten Kopfreihe der Fall, dagegen zeigt die zweite Kopfreihe bei den von Hand und mit Lufthammer genieteten Proben (Fig. 17 u. 18) recht mangelhafte Anlage. Sie beschränkt sich im allgemeinen auf den unmittelbar um den Schaft herumgelegten Teil des Kopfes und nur teilweise ist auch der äußere Rand des Kopfes zur Anlage gekommen. Jedenfalls wird der Druck des schlecht anliegenden Kopfes bei diesen beiden Nietarten im wesentlichen nur von dem Lochrande der Lasche aufgenommen. Hierzu kommt, daß die Köpfe bei Nietung mittels Kniehebel (Fig. 19) nahezu symmetrisch zum Schaft der Niete ausgebildet sind, während sie bei den beiden anderen Nietverfahren zum Teil sehr einseitig sitzen. Unter diesen Umständen kann es nicht befremden, daß die mittels Kniehebelpresse genieteten Proben sich gegen das Gleiten des Flacheisens gegen die Laschen anders verhalten haben, als die unter dem Hammer genieteten. Nähere Untersuchungen darüber, ob infolge der geringen Auflage der Köpfe die Spannungen in dem mit dem Hammer geschlagenen Niet geringer sind als in den gepreßten Nieten und ob das Nietmaterial bei beiden Verfahren verschiedene Festigkeitseigenschaften annimmt**), sind geplant. Über die Ergebnisse werde ich später berichten.

Die sichere Bestimmung des Gleitbeginnes aus den Beobachtungen ist, wie sich schon aus der vorstehenden Besprechung der verschiedenen Meßverfahren ergibt, außerordentlich schwierig, weil die Gleitbeobachtungen durch die Dehnungen der vernieteten Teile beeinflußt werden.

Im vorliegenden Falle ist der Beginn des Gleitens — im nachstehenden wird kurz von „Gleitbelastungen“ gesprochen werden — bei den Versuchsreihen II—IV nach den mit den Zeigerapparaten beobachteten Gesamtbewegungen unter Berücksichtigung der bleibenden Bewegungen nach den Entlastungen tunlichst einheitlich bestimmt. In der

*) Die Ätzungen sind in Abt. 4 für Metallographie ausgeführt.

**) R u d e l o f f: „Die Materialfestigkeit und Zug-Spannung im fertig geschlagenen Niet.“ Dingers polyt. Journal 1911, Heft 26 und 27.

als Beispiel gegebenen Tabelle 2 sind die Beobachtungswerte für die Gleitbelastungen der besseren Übersichtlichkeit wegen fett gedruckt. In den Reihen, wo die fettgedruckten

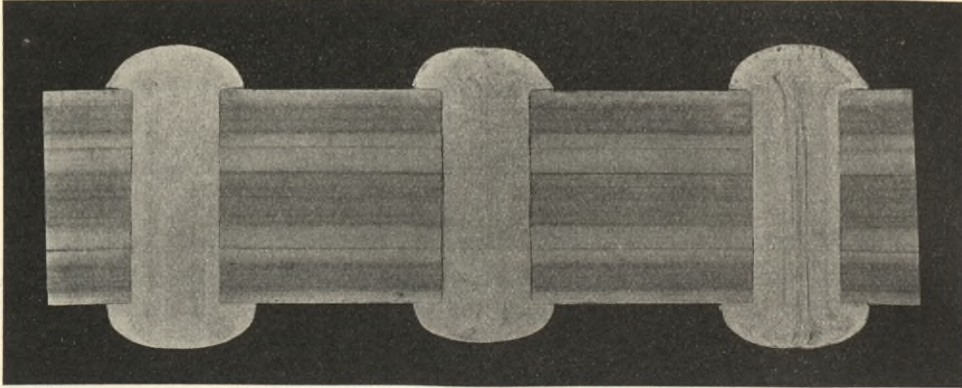


Fig. 17. **Probe Nr. 4:** Von Hand genietet.

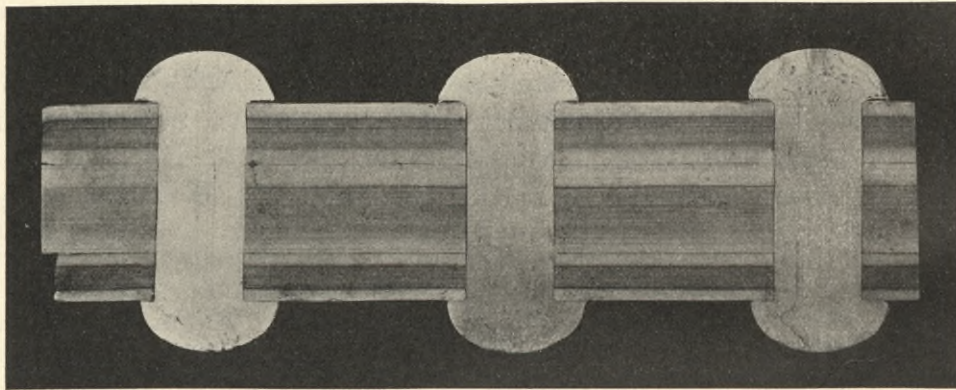


Fig. 18. **Probe Nr. 8:** Mit Lufthammer genietet.

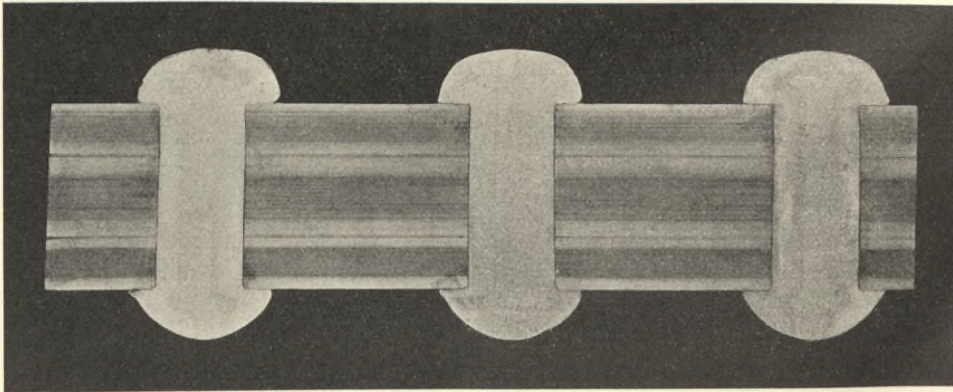
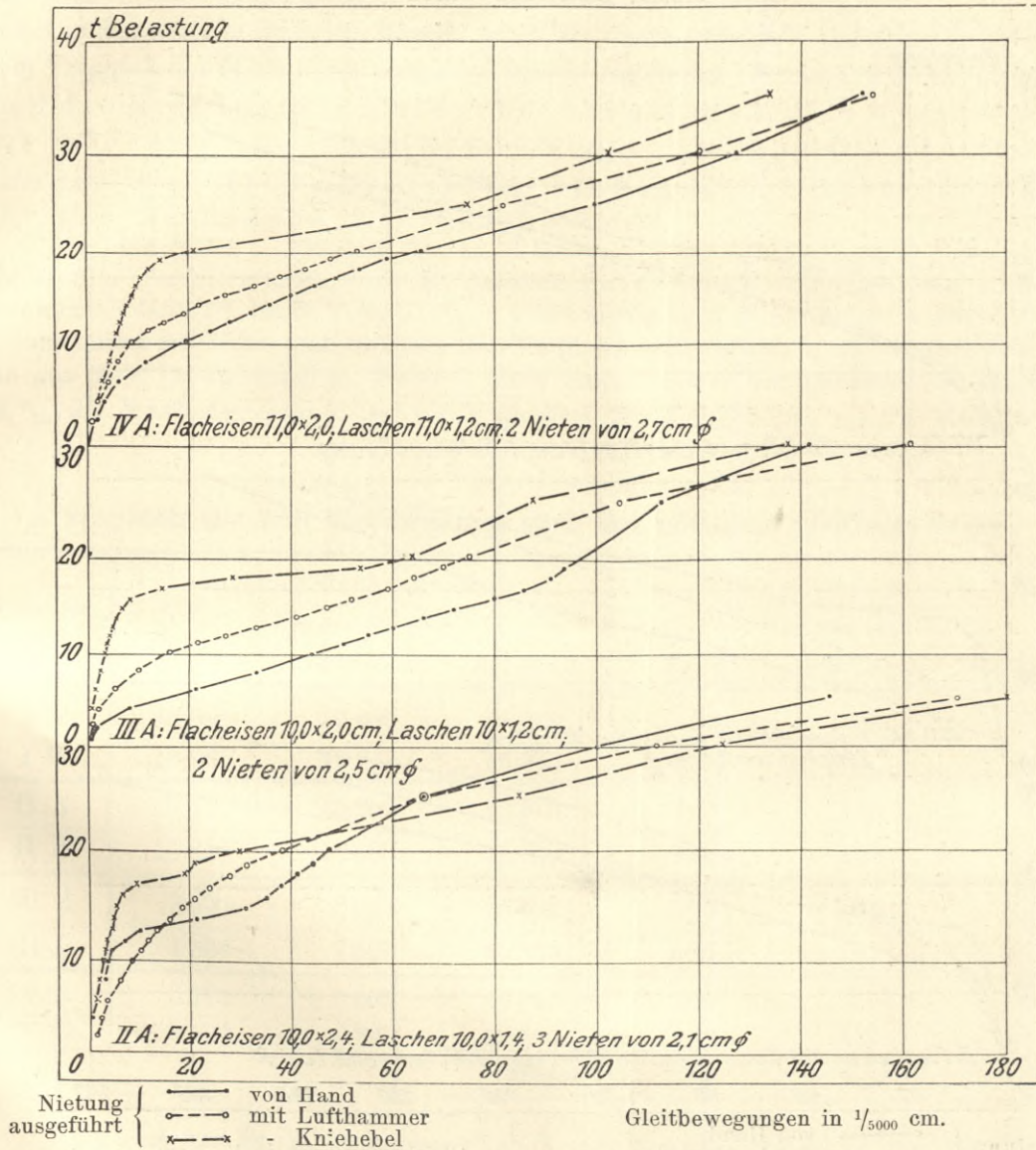


Fig. 19. **Probe Nr. 12:** Mit Kniehebel genietet.

Zahlen fehlen, liegen die Gleitbelastungen bei einer in der Tabelle nicht angegebenen Laststufe.

Bei den beiden Versuchsreihen IA und IB, die wesentlich früher als die übrigen ausgeführt sind, gelangten größere Laststufen zur Anwendung als bei den letzteren. Die Gleitbelastungen sind daher bei den Reihen IA und IB weniger genau bestimmt und wahrscheinlich im Vergleich zu den anderen Reihen reichlich hoch angenommen. Hierauf

Fig. 20. Gleitbewegungen bei den Probestücken, deren Zwischenflächen gebeizt u. geölt waren.

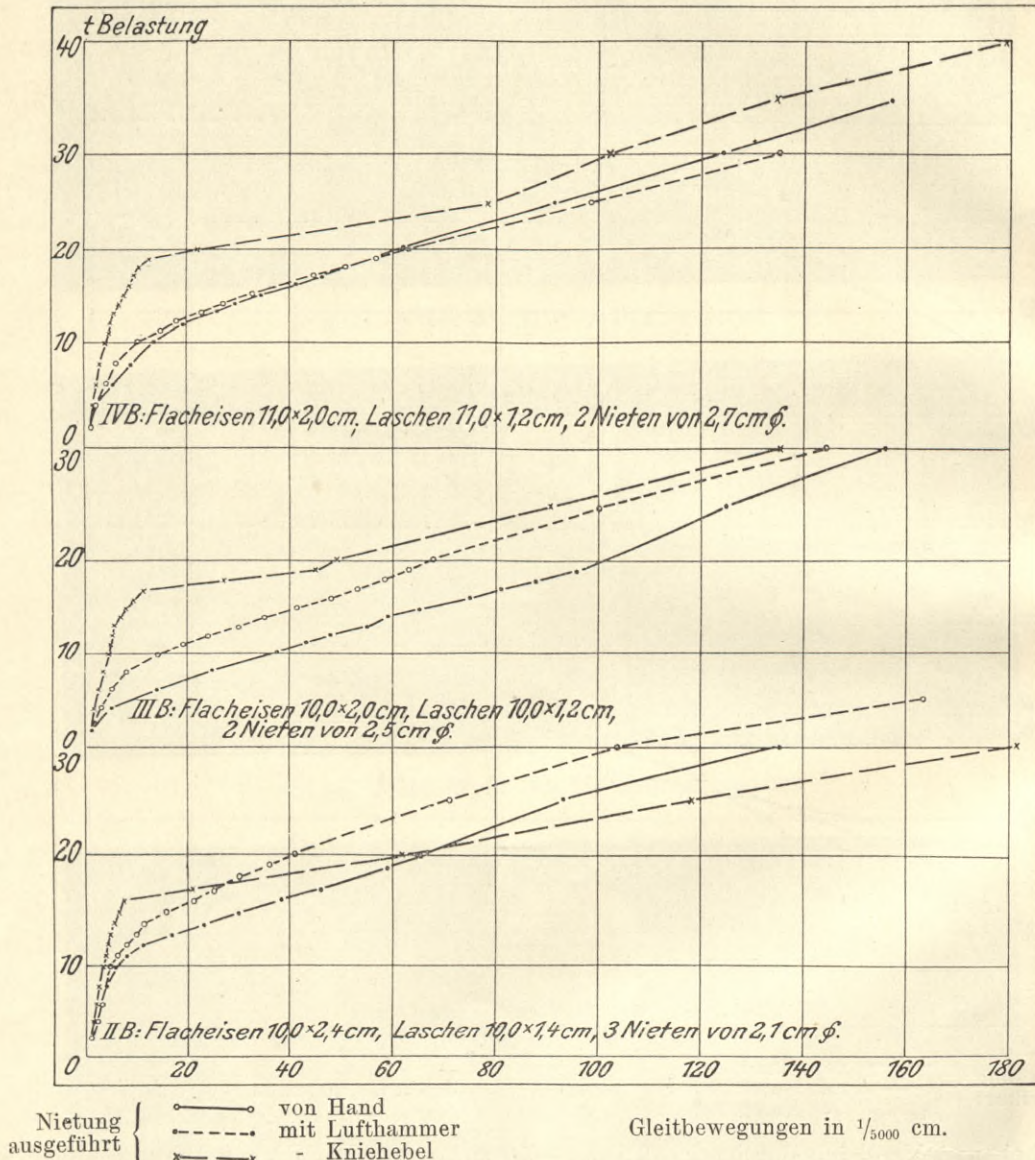


wird bei dem Vergleich der in den Tab. 7—10 zusammengestellten Schlußergebnisse zu achten sein.

Die Beobachtungen 1 und 2 für den einen und 3 und 4 für den anderen Anschluß derselben Probe weichen ebenso sehr voneinander ab wie die Beobachtungen für die Parallelproben. Hierdurch ist die Beurteilung des Einflusses der drei Nietverfahren auf

den Gleitverlauf sehr erschwert. Um einen besseren Überblick zu gewinnen, sind nun die Ergebnisse der Parallelversuche in Tab. 6 zu Mittelwerten zusammengefaßt und hiernach für die Reihen II—IV die Schaulinien Fig. 20 und 21 verzeichnet. Aus letzteren ergibt sich bei völliger Übereinstimmung aller Reihen, gleichgültig ob die Zwischen-

Fig. 21. Gleitbewegungen bei den Probestücken, deren Zwischenflächen gebeizt, geölt und einmal gestrichen waren.



flächen nur gebeizt und geölt (Fig. 20) oder außerdem gestrichen waren (Fig. 21), daß das Gleiten unter niedrigen Belastungen bei den mit Kniehebel genieteten Proben wesentlich geringer war als bei den von Hand genieteten Proben und daß zwischen beiden die Nietungen mit Lufthammer stehen. Bei höheren Belastungen,

bei denen das Gleiten vom Anscheren und Nachgeben der Nieten abhängt, verschwindet der Unterschied mehr und mehr, hier zeigen sogar die Proben mit gepreßten Nieten bei einigen Reihen die größeren Gleitbewegungen*).

Die bei den einzelnen Versuchen erzielten Belastungsgrenzen und die sich hieraus ergebenden Materialspannungen sind in Tab. 7—14 zusammengestellt. Die Gleitbelastungen weichen bei den Parallelversuchen recht erheblich voneinander ab. Aus dem Vergleich der Mittelwerte derselben Tabelle ergibt sich aber trotzdem mit Sicherheit, daß die Nietung mit Kniehebel bei allen Reihen die höchsten, die Nietung mit Handhammer die geringsten Gleitbelastungen lieferte; dazwischen stehen die Gleitbelastungen für die Nietungen mit Lufthammer.

In den Tab. 7—14 sind die an derselben Probe für die beiden Verbindungen ermittelten Gleitbelastungen nach Höchstwerten und Geringstwerten getrennt zu Mitteln zusammengefaßt. Da beide Verbindungen gleichwertig sind, so erscheint es gerechtfertigt, Gesamtmittel zu bilden und an ihnen den Vergleich vorzunehmen. Es ergeben sich dann die aus Tab. 15 ersichtlichen Werte. Nach ihnen lieferte die Lufthammernietung um 54 %, die Kniehebelnietung um 142 % größere Gleitbelastungen als die Handnietung.

Tabelle 15.

Vergleich der drei Nietverfahren nach den mittleren Gleitbelastungen.

Versuchsreihe	Mittlere Beobachtungen			Verhältniszahlen		
	Art der Nietung			Art der Nietung		
	Hand	Lufthammer	Kniehebel	Hand	Lufthammer	Kniehebel
I A	16 000	16 000	22 000	100	100	137
I B	16 667	16 667	21 335	100	100	128
II A	13 170	15 250	19 375	100	116	147
II B	10 850	12 000	16 830	100	110	155
III A	3 500	8 625	16 500	100	246	472
III B	4 004	7 500	15 835	100	187	395
IV A	6 170	9 665	16 875	100	157	274
IV B	8 500	9 835	19 165	100	116	226
			Mittel	100	154	242

Die erzielten Bruchbelastungen (Tab. 7—14) stimmen sowohl bei den gleichartigen Parallelversuchen als auch bei den verschiedenartig genieteten Proben derselben Reihe,

*) Auch an dieser Stelle möge nochmals betont sein, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß der Gleitwiderstand bei den von Hand und mit Lufthammer ausgeführten Nietungen dadurch ungünstig beeinflußt worden ist, daß die Proben wegen ihres geringen Gewichtes nicht genügend widerstehende Masse beim Nieten lieferten.

d. h. bei gleichen Abmessungen mit einer Ausnahme gut überein. Hieraus folgt, daß das Nietverfahren die Bruchbelastungen nicht beeinflusste.

Um die Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses der Abmessungen auf die Festigkeit der Verbindung übersichtlicher zu gestalten, als sie in den Tab. 7—14 erscheinen, sind die Mittelwerte in Tab. 16 besonders gegenübergestellt. Hierbei sind die Werte für die Schubfestigkeit τ der Niete oder für die Zugfestigkeit σ der Flacheisen durch Fettdruck hervorgehoben, je nachdem der Bruch der Proben durch Abscheren der Niete oder durch Reißen eines der Flacheisen erfolgte; sofern unter den Parallelversuchen beide Brucharten vorkamen, sind beide Werte (τ und σ) fettgedruckt.

Der Einfluß der Probenabmessungen auf den Widerstand gegen das Gleiten der vernieteten Teile gegeneinander läßt sich naturgemäß aus den beobachteten Gleitbelastungen unmittelbar nicht erkennen. Die Gleitwiderstände P sind abhängig von dem Druck D , mit dem die vernieteten Teile durch die Niete zusammengepreßt werden, und von der Reibungszahl γ derart, daß ist

$$\begin{array}{ll} P = \gamma \cdot D & \dots \dots \dots \text{I.} \\ \text{Nun ist } D = f \cdot \sigma & \dots \dots \dots \text{II,} \\ \text{also } P = \gamma f \sigma & \dots \dots \dots \text{III,} \\ \text{wenn } f = \text{der Summe der Nietquerschnitte und} & \\ \sigma = \text{der in den Nieten herrschende Zugspannung ist.} & \end{array}$$

Die Gleichung III läßt sich auch schreiben in der Form

$$\frac{P}{f} = \gamma \sigma.$$

Da nun P/f gleich der Schubspannung τ ist, so ergibt sich

$$\tau = \gamma \sigma \dots \dots \dots \text{IV.}$$

Die Spannung σ ist proportional der elastischen Dehnung, die infolge der Verkürzung oder des Schrumpfens der Niete beim Erkalten in dem Nietschaft zurückbleibt. Sie ist also bei Verarbeitung des gleichen Nietmaterials und bei gleichem Nietverfahren bedingt durch die verschiedenartigen Einflüsse, die mit den Abmessungen der Proben und der Zahl der Niete wechseln und um deren Bestimmung es sich im vorliegenden Falle handelt.

Da nun bei den Proben aus derselben Versuchsreihe A oder B d. h. bei demselben Material und bei gleicher Behandlung der Zwischenflächen die Reibungszahl γ als gleich angesehen werden kann, so ergibt sich aus Gleichung IV, daß die Unterschiede in den Schubspannungen τ , berechnet aus den Gleitbelastungen und dem Gesamtquerschnitt der Niete, den Einfluß der Probenabmessungen und der Nietzahl unmittelbar erkennen lassen.

Vergleicht man nun die in Tab. 16 angegebenen Mittelwerte für τ_1 und τ_2 bei gleicher Art der Nietung untereinander, so ergibt sich, daß die Gleitwiderstände bei den Reihen III und IV hinter denen bei den Reihen I und II zurückstehen. Die Nietdurchmesser betragen bei III und IV 2,5 und 2,7 cm und bei I und II 2,3 und 2,1 cm, die Zahl der Niete bei III und IV zwei, bei I und II drei. Zwei Niete größeren Durchmessers ergaben also geringeren Gleitwiderstand als drei Niete von kleinerem Durchmesser. Hierin stimmen beide Reihen: A mit gebeizten und geölten Zwischenflächen sowie B mit gebeizten, geölten und einmal

rot gestrichenen Zwischenflächen überein und in beiden Reihen traten die Unterschiede bei der Handnietung am stärksten und bei der Kniehebelnietung am wenigsten hervor, dazwischen steht die Nietung mit dem Lufthammer.

Aus dem Vergleich der Werte aus Reihe IB mit IIB und aus Reihe IVB mit IIIB ergibt sich ferner, daß bei gebeizten, geölten und einmal rot gestrichenen Zwischenflächen unter sonst gleichen Umständen also bei gleicher Anzahl Niete dickere Niete (2,3 cm bei I und 2,7 bei IV) etwas größere Gleitwiderstände lieferten als dünnere Niete (2,1 cm bei II und 2,5 cm bei III). Die gleiche Erscheinung tritt in der Reihe A mit gebeizten und geölten Zwischenflächen nur bei der Handnietung zutage.

Zu den Ergebnissen der Bruchspannungen (Tab. 16) sei folgendes bemerkt. Die Versuchsreihen, bei denen alle oder einzelne Proben dadurch zu Bruch gingen, daß die Zugfestigkeit des Flacheisens überwunden wurde (s. die fettgedruckten Werte σ), ergaben die mittlere Zugfestigkeit des Flacheisens zu 3840 kg/qcm, bei befriedigender Übereinstimmung der beiden Reihen A und B mit verschiedenartig behandelten Zwischenflächen; die Einzelmittel für beide sind 3950 und 3760 kg/qcm.

In gleicher Weise berechnet sich aus den Versuchsreihen, bei denen die Nieten abgeschoren wurden, die erreichte mittlere Schubfestigkeit τ zu 2955 kg/qcm bei 2970 kg/qcm für A und 2940 kg/qcm für B.

Leider liegen Zugversuche und Scherversuche mit Materialproben aus dem Flacheisen und aus den vier verschiedenen Nieteisen nicht vor, so daß sich kein Urteil darüber gewinnen läßt, in welchem Verhältnis die an den vernieteten Stücken ermittelten Festigkeiten zu den Materialfestigkeiten stehen.

Der Leibungsdruck beträgt bei den Proben der Reihen III und IV mit 2 Nieten im Mittel 5820 kg/qcm, bei den Proben der Reihen I und II mit 3 Nieten 4300 kg/qcm, er ist also bei den ersteren um 35 % größer als bei den letzteren. Trotzdem ist kein Unterschied in den erreichten Zugfestigkeiten der Flacheisen oder Schubfestigkeiten der Nieten wahrzunehmen. Der Leibungsdruck hat also weder die Zugfestigkeit noch die Schubfestigkeit beeinflußt.

Der Vergleich der Schraubenverbindungen mit den Nietverbindungen ergibt, daß der Gleitwiderstand bei den ersteren wesentlich geringer war als bei den letzteren, daß aber in den Bruchfestigkeiten keine wesentlichen Unterschiede in den beiden Verbindungsarten zutage treten.

Die erzielten Ergebnisse lassen sich für die Grenzen des Versuches wie folgt zusammenfassen:

1. Bei den mit Kniehebel genieteten Proben war der Gleitbeginn schärfer ausgeprägt als bei den Nietungen mit Handhammer oder Lufthammer;
2. die Nietung mit Kniehebel lieferte bei allen Reihen mit verschiedenen Probenabmessungen die höchsten Gleitwiderstände, die Nietungen mit Handhammer die geringsten; dazwischen stehen die Nietungen mit dem Lufthammer.
3. Die Bruchbelastungen wurden durch die verschiedenartigen Nietverfahren unter sonst gleichen Versuchsbedingungen nicht beeinflußt.

4. Der Gleitwiderstand war bei zwei Nieten größeren Durchmessers geringer als bei drei Nieten von kleinerem Durchmesser. Der Unterschied tritt bei Handnietung am stärksten und bei Kniehebelnietung am wenigsten hervor.
5. Die Zugfestigkeit der Flacheisen und die Scherfestigkeit der Niete war durch Unterschiede von 35 % im Leibungsdruck nicht beeinflusst.
6. Hiernach ist die Materialausnutzung, so wie sie in den Bruchspannungen zutage tritt, weder durch die Zahl und den Durchmesser der Niete noch durch die Art der Nietung beeinflusst; ein merkbarer Einfluß der genannten Umstände tritt lediglich in den Gleitwiderständen zwischen den vernieteten Teilen hervor.
7. Die verschiedenartige Behandlung der Zwischenflächen: gebeizt und geölt oder gebeizt, geölt und einmal rot gestrichen, hat keinen Einfluß auf den Verlauf des Gleitens gehabt.

II. Versuche über den Gleitwiderstand bei Anschlüssen mit größeren Nietbildern verschiedener Anordnung.

Zur Untersuchung gelangten die drei Anordnungen nach Fig. 22—24. Die 9 Versuchsstücke, je 3 gleicher Form, bestanden aus einem Universaleisen von 500 mm

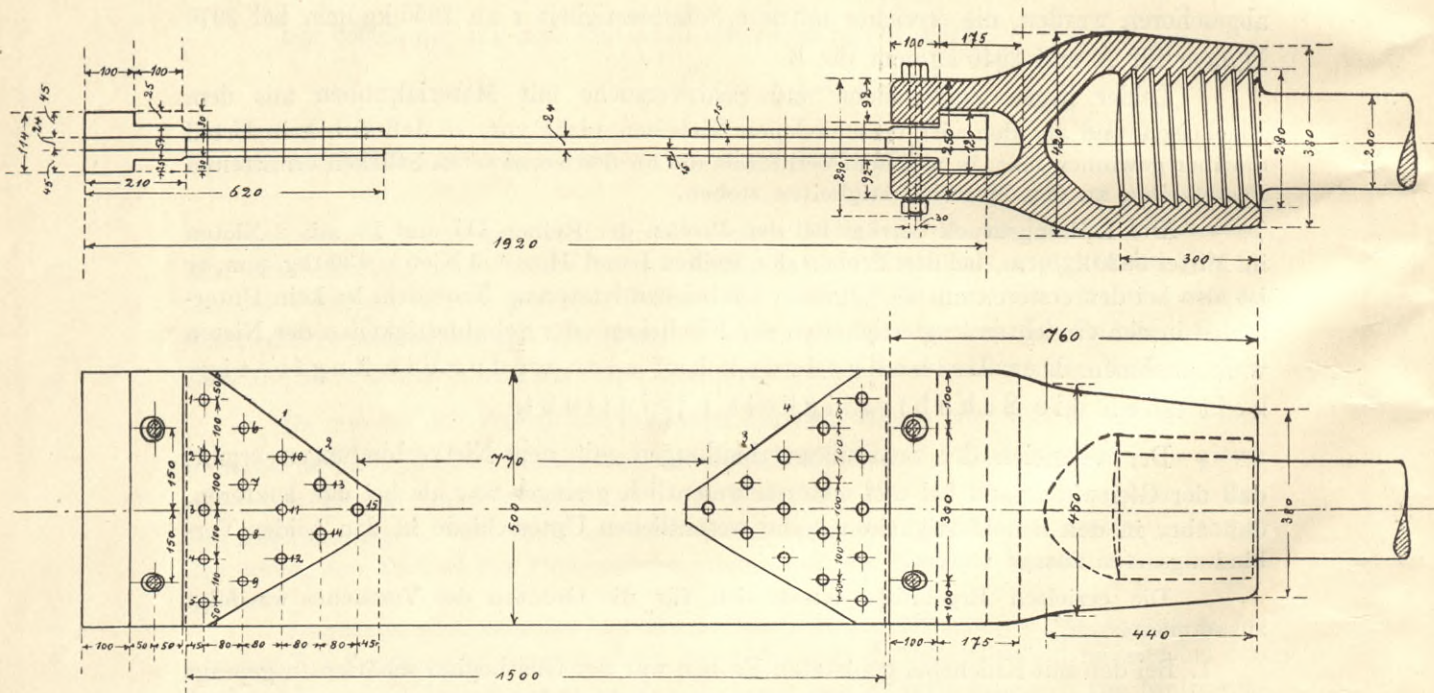


Fig. 22.

Breite und 24 mm Dicke, auf das an beiden Enden je zwei Laschen von 15 mm Dicke aufgenietet waren. Die Laschenenden ragten über das Universaleisen hinaus und dienten zum Angriff der Zugkräfte. Zu diesem Zweck waren die Laschen aus einem 45 mm dicken Walzeisen hergerichtet, indem sie im Bereich des Anschlusses auf 15 mm Dicke abgehobelt

wurden, während die überragenden Teile an dem Ende die ursprüngliche Dicke von 45 mm behielten. Zwischen den 45 und 15 mm dicken Teilen verblieb ein Streifen von 20 mm

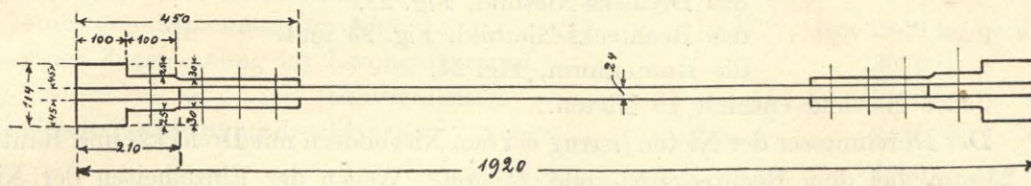


Fig. 23.

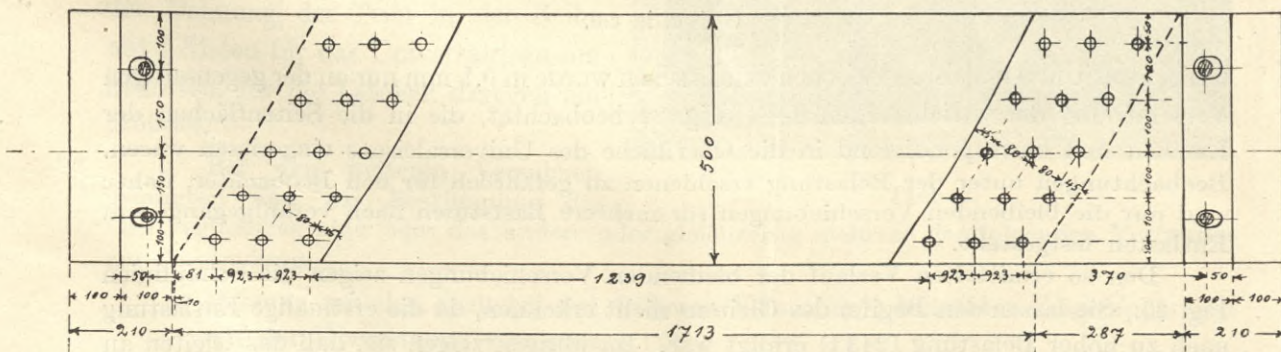
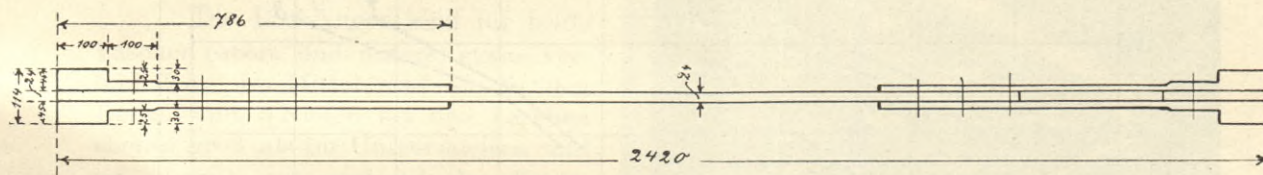


Fig. 24.

Dicke. Die Schulterflächen der stärksten Teile waren scharf abgesetzt und senkrecht zur Stabachse behobelt. Sie dienten, wie Fig. 22 zeigt, als Widerlagerflächen, die sich gegen ebenfalls behobelte Flächen der Einspannköpfe legten.

Nach der Gestalt der Laschen bzw. nach der Anordnung der Niete sind 3 Nietbilder zu unterscheiden:

- das Dreiecks-Nietbild, Fig. 22,
- das Rechtecks-Nietbild, Fig. 23 und
- die Rautenform, Fig. 24.

Jedes Nietbild enthielt 15 Niete.

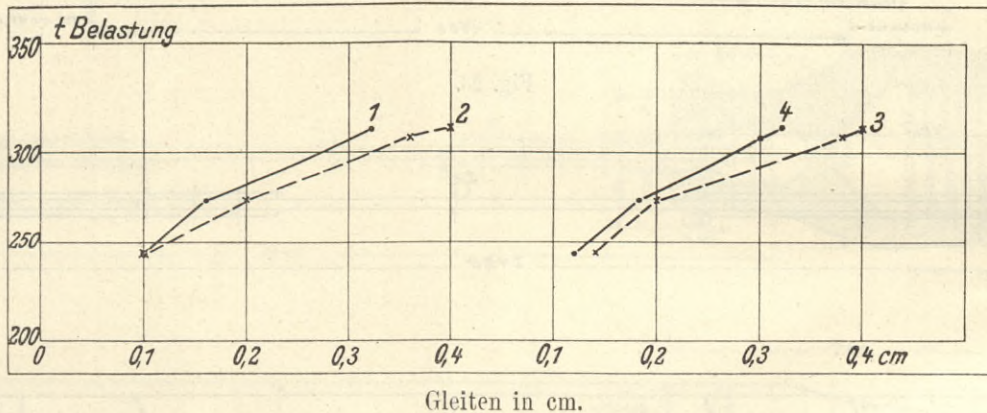
Der Durchmesser der Niete betrug bei den Nietbildern mit Dreiecks- und Rautenform 23 mm, bei dem Rechtecks-Nietbild 21 mm. Wegen der Einzelheiten der Nietanordnungen (Entfernung der Niete voneinander und von den Blechrändern) sei auf Fig. 22—24 verwiesen.

Die Flächen zwischen Universaleisen und Laschen waren bei allen Proben gebeizt, geölt und einmal mit Mennige gestrichen. Die Nietlöcher waren ohne Versenk gebohrt.

Versuch 1.

Der erste Versuch an der Probe 1 mit Dreiecks-Anschluß (Fig. 22) diente zugleich als Vorversuch zur Erprobung der Einspannvorrichtungen auf Bruchsicherheit. Das

Fig. 25. Versuch 1 mit Stab mit Dreiecksanschluß [s. Fig. 22].
Verlauf der bleibenden Verschiebungen der Laschen gegen das Universaleisen, gemessen an d. Marken 1—4.



Gleiten des Universaleisens zwischen den Laschen wurde in 0,1 mm nur an der gegenseitigen Verschiebung der Strichmarken 1—4 Fig. 22 beobachtet, die in die Seitenflächen der Laschen und korrespondierend in die Oberfläche des Universaleisens eingerissen waren. Beobachtungen unter der Belastung erschienen zu gefährlich für den Beobachter, daher sind nur die bleibenden Verschiebungen für mehrere Laststufen nach voraufgegangenem Entlasten festgestellt.

Den so ermittelten Verlauf der bleibenden Verschiebungen zeigen die Schaulinien Fig. 25. Sie lassen den Beginn des Gleitens nicht erkennen, da die erstmalige Entlastung nach zu hoher Belastung (243 t) erfolgt war. Im übrigen zeigen sie, daß das Gleiten an beiden Stabenden nach denselben Belastungen nahezu gleich groß war und nach der Spitze der Lasche hin zunahm. (Für Marke 2 und 3 größer als für Marke 1 und 4.)

Bei 355 t wurden die Niete an einem Ende der Probe zwischen Universaleisen und Lasche abgeschoren, und zwar in der einen Fläche sämtliche Niete, in der anderen nur die 5 Niete der Endreihe. Bei Annahme gleichmäßiger Lastverteilung auf alle 15 Niete

mit insgesamt $2 \times 15 \times \frac{3,14 \cdot 2,3^2}{4} = 124,6$ qcm Querschnitt und auf beide Scher-

flächen entspricht diese Bruchlast

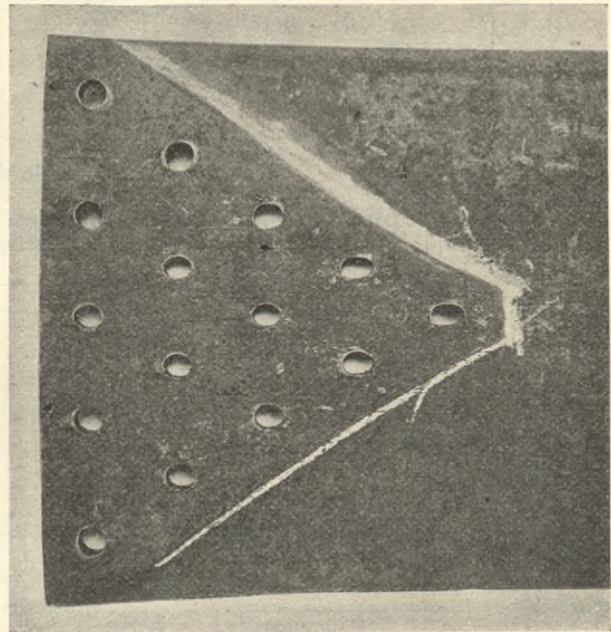
einer Schubspannung im Niet	von 2850 kg/qcm	
einer Zugspannung im Laschenmaterial	- 3070	-
- - - Universaleisen	- 3100	- sowie
einem Lochleibungsdruck in den Laschen	- 3430	- und
- - - im Universaleisen.	- 4290	-

Hierbei ist in Rechnung gesetzt:

der Nettolaschenquerschnitt	$= (50 - 5 \times 2,3) \times 2 \times 1,5 = 115,5$ qcm
der Nettoquerschnitt des Universaleisens = $(50 - 2,3) \times 2,4$	= 114,5 -
die Lochleibungsfläche im Universaleisen = $15 \times 2,4 \times 2,3$	= 82,8 -
- - - in den Laschen = $15 \times 2 \times 1,5 \times 2,3$	= 103,5 -

Das Lichtbild Fig. 26 zeigt die Form der gestreckten Nietlöcher im Universaleisen und die linksstehenden Schaulinien Fig. 27 stellen die mittleren Längen der Löcher in den fünf Nietreihen dar, aufgetragen nach den in Tab. 17 zusammengestellten Meßergebnissen.

Fig. 26. Gestreckte Nietlöcher im Universaleisen mit Dreiecksanschlufs. (Versuch 1.)



Probe 1.

Die Lochlängen sind für beide Laschen (obere und untere) etwas verschieden. Im Mittel sind sie in den Reihen mit 5 Nieten bei den Laschen ebenso groß als im Universaleisen und im übrigen entsprechend der Kraftübertragung von Querschnitt zu Querschnitt oder entsprechend dem Verlauf der Dehnung der Teile in der Reihe mit 5 Nieten für das Universaleisen am kleinsten, für die Laschen dagegen am größten. —

Bei den weiteren Versuchen gelangten nun zur Bestimmung des Gleitbeginnsdas eine oder das andere oder gleichzeitig mehrere der folgenden Verfahren zur Anwendung.

- a) Messung mit den auch bei den früheren Versuchen*) benutzten Zeigerapparaten mit der Übersetzung von etwa 1 : 50.
- b) Messung mittels Tastbolzens nach dem Vorschlage des Herrn Seifert. Hierbei wurden hinter einigen Nieten durchgehende Löcher von 13 mm Durchmesser gebohrt und in diese Löcher glatte Bolzen sauber eingeschliffen. Die Bolzen

*) Siehe S. 4, Fig. 3.

sollten sich nur solange in die Löcher ganz einführen und in ihnen drehen lassen, als kein Gleiten der vernieteten Teile gegeneinander eingetreten war.

c) Messung mit den Martensschen Spiegelapparaten (s. Fig. 4).

Versuch 2.

Hierzu diente die Probe 3 mit rautenförmigem Anschluß, Fig. 24. Das Gleiten wurde bestimmt an den in Fig. 28 mit *a—d* bezeichneten Stellen auf den Seitenflächen

Fig. 27. Längen d. Nietlöcher b. d. Dreiecksanschlüssen nach d. Bruch durch Abscheren d. Niete. Ursprünglicher Nietdurchmesser 23 mm.

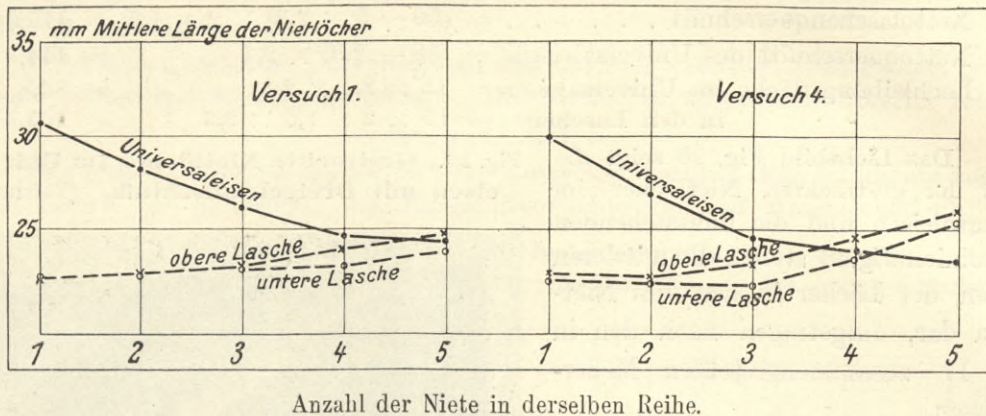
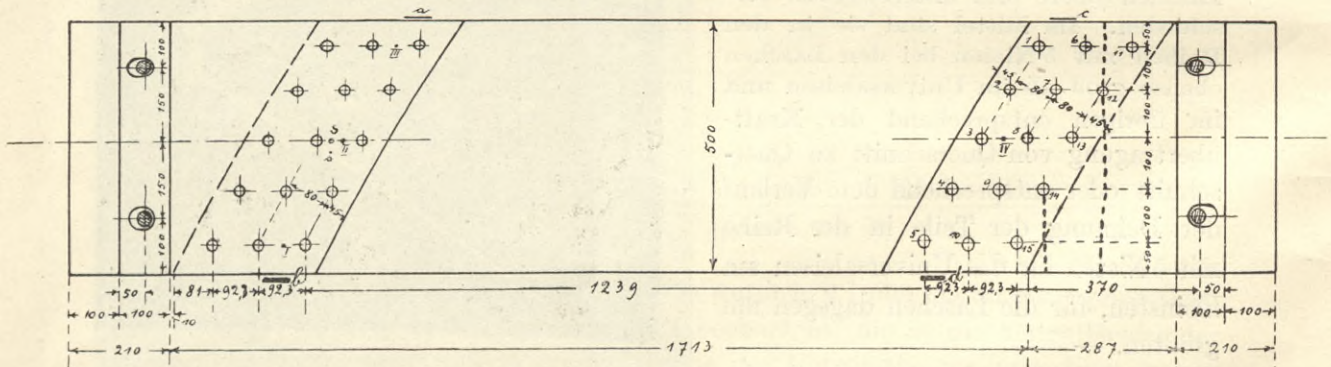


Fig. 28. Anordnung der Meßstellen bei den Proben 3, 3a und 3b, Versuch 2, 8 und 9. a—d Zeigerapparate, I—V Tastbolzen und S Spiegelapparat.



Die punktierten Linien zeigen den Verlauf des Bruches einer Lasche bei Probe 3, Versuch 2.

des Universaleisens und der oberen Lasche mit Zeigerapparaten, sowie an den Meßstellen I bis IV mit Tastbolzen. (I—III am linken, IV am rechten Ende.)

Die Belastung wurde in Stufen von je etwa 7000 kg gesteigert. Bei jeder Stufe wurden die vier Zeigerapparate abgelesen. Sobald der erste nennenswerte Ausschlag eingetreten war, wurde entlastet und der bleibende Ausschlag ebenfalls festgestellt. Auch später bei höheren Belastungen fanden ebenfalls Entlastungen statt.

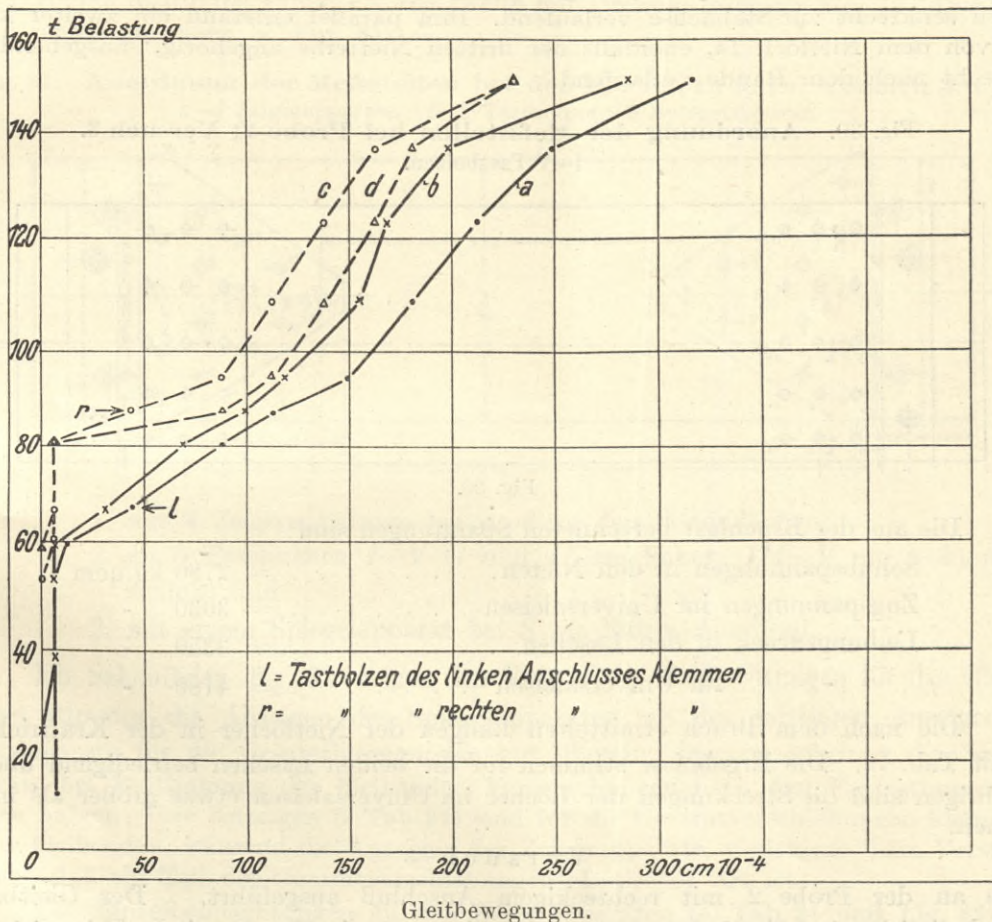
Den Verlauf der Messungen *a—d* zeigen Tab. 18 und die Schaulinien Fig. 29. An den Linien sind durch die Zeichen *l* und *r* diejenigen Laststufen gekennzeichnet, bei denen die Tastbolzen in dem linken bzw. rechten Anschluß zu klemmen begannen.

Die Messungen mit den Zeigerapparaten lassen erkennen, daß das Gleiten des

Eisens zwischen den Laschen an dem einen Stabende Linien *a* und *b* (Fig. 29) bei 66 330 kg eintrat, nachdem diese Belastung kurze Zeit bereits getragen war, an dem anderen Ende (Linien *c* und *d*) dagegen, während die Belastung von 80 t auf 87 t gesteigert wurde. Die zugehörigen Materialspannungen, wieder unter der Annahme gleichmäßiger Lastverteilung berechnet, sind:

Schubspannungen in den Nieten	530 und 700 kg/qcm
Zugspannungen im Universaleisen	580 - 760 -
Lochleibungsdrucke in den Laschen	640 - 840 -
im Universaleisen	800 - 1060 -

Fig. 29. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 3.
 Rautenförmiger Anschluß.



Die mit den Zeigerapparaten beobachteten Verschiebungen auf den beiden Seiten desselben Anschlusses stimmen befriedigend überein (*a* mit *b* und *c* mit *d*) und bei höheren Belastungen stellte sich auch gute Übereinstimmung in der Verschiebung beider Verlaschungen ein. Bei der nach 66 330 kg vorgenommenen Entlastung (s. Tab. 18) änderten die Anzeigen der Apparate sich nicht wesentlich. Die Verschiebung erscheint hier also mit ihrem vollen Betrage als bleibend. Beim Entlasten aus höheren Belastungen gingen

die Anzeigen der Apparate dagegen um Weniges zurück, was darauf hindeutet, daß bei höheren Belastungen ein Teil der angezeigten Verschiebungen die Folge elastischer Formänderungen war.

Die Beobachtungen an den Tastbolzen bestätigen den Gleitbeginn, wie er mit den Zeigerapparaten ermittelt war, indem die Bolzen bei 66 330 kg in die Löcher I—III des einen Anschlusses, und bei 87 380 kg in das Loch IV des anderen Anschlusses nicht mehr hineingingen. Zudem ließ sich der Gleitbeginn auch an dem Verlauf der Reflexlichter auf den blanken Flächen der Bohrungen ohne weiteres erkennen.

Bei 346 440 kg Belastung erfolgte der Bruch. An dem einen Ende der Probe wurden sämtliche Niete durch die eine Lasche abgeschert, nachdem schon vorher bei 342 170 kg Knacken hörbar war; die zweite Lasche brach. Der Bruch zeigt glänzendes Korn und geht (s. Fig. 28) durch das Nietloch 12 der dritten Nietreihe, nahezu senkrecht zur Stabachse verlaufend. Ihm parallel entstand ein zweiter kurzer Riß, von dem Nietloch 14, ebenfalls der dritten Nietreihe angehörig, ausgehend und senkrecht nach dem Rande verlaufend.

Fig. 30. Anordnung der Meßstellen bei Probe 2; Versuch 3.
I—V Tastbolzen.

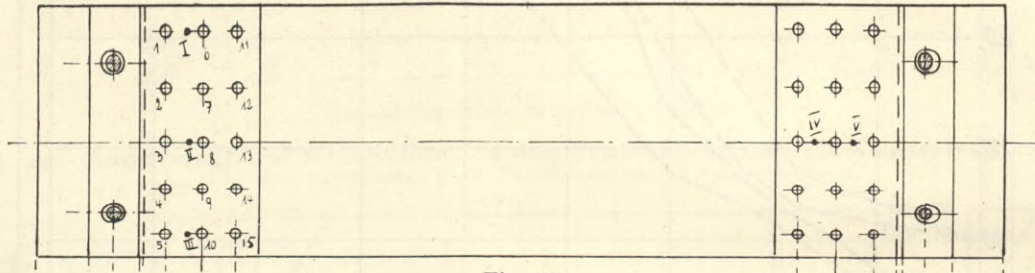


Fig. 30.

Die aus der Bruchlast berechneten Spannungen sind:

Schubspannungen in den Nieten	= 2780 kg/qcm
Zugspannungen im Universaleisen	= 3030 -
Leibungsdruck in den Laschen	= 3350 -
- im Universaleisen	= 4180 -

Die nach dem Bruch ermittelten Längen der Nietlöcher in der Krafrichtung enthält Tab. 19. Die Ergebnisse stimmen für die beiden Laschen befriedigend überein. Im übrigen sind die Streckungen der Löcher im Universaleisen etwas größer als in den Laschen.

Versuch 3

wurde an der Probe 2 mit rechteckigem Anschluß ausgeführt. Der Gleitbeginn wurde lediglich mit 5 Tastbolzen festgestellt, die an den in Fig. 30 mit I—V bezeichneten Stellen angebracht waren.

Bei 53 000 kg begann das Gleiten in beiden Anschlüssen, und zwar trat es zuerst in der Stabachse ein. Die Bolzen II, IV und V wurden unter der Belastung fest und blieben es auch nach dem Entlasten, während die Bolzen I und III zwischen den beiden am Rande der Probe gelegenen Nietreihen sich noch bewegen ließen.

Bei 314 700 kg erfolgte der Bruch. Sämtliche Nieten des einen Anschlusses wurden doppelschnittig abgeschert. Laschen und Universaleisen wiesen keinen Anbruch auf.

Die nach dem Bruch ermittelten Lochlängen enthält Tab. 20.

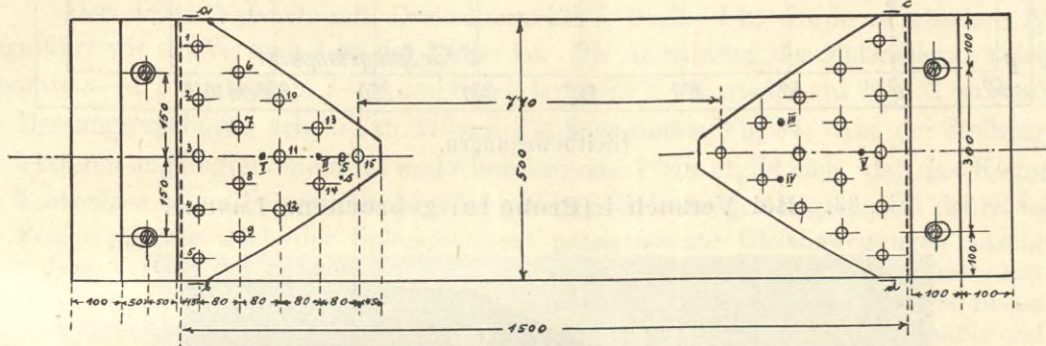
Die für den Gleitbeginn und aus der Bruchlast berechneten Spannungen sind:

	Gleitbeginn	Bruch
Schubspannungen in den Nieten	= 510 kg/qcm	3030 kg/qcm
Zugspannungen im Universaleisen	= 560 -	3320 -
Leibungsdruck in den Laschen	= 560 -	3330 -
- im Universaleisen	= 700 -	4160 -

V e r s u c h 4.

Hierzu diente die Probe 1 a, die zweite mit Dreiecksanschluß Fig. 22. Der Gleitbeginn wurde gemessen (s. Fig. 31):

Fig. 31. Anordnung der Meßstellen bei den Proben 1a u. 1b, Versuch 4 u. 5.
a—d Zeigerapparate. I—V Tastbolzen. S Spiegelapparat.



1. mit 4 Zeigerapparaten bei a—d an den Seitenflächen;
2. an 5 Tastlöchern I—V (I und II am linken, III—V am rechten Anschluß) und
3. mit einem Spiegelapparat bei S am linken Anschluß.

Die Schaulinien Fig. 32 zeigen den Verlauf der Beobachtungen für das Gleiten. Hierbei stimmen die Anzeigen des Spiegelapparates mit den mittleren Anzeigen der Zeigerapparate für die Gesamtbewegungen gut überein, dagegen scheinen die Spiegelapparate bei Bestimmung der bleibenden Verschiebungen nach den Entlastungen versagt zu haben. Ihre Anzeigen (s. Tab. 21) sind für die Gesamtverschiebungen kleiner als für die bleibenden, während die Anzeigen der Zeigerapparate wieder wie beim Versuch 2 ergeben, daß ein Teil der Gesamtverschiebungen elastischer Art ist.

Die Einzelbeobachtungen an den Zeigerapparaten (s. Tab. 21 und Fig. 32) sind bei dem linken Anschluß auf der Seite a und bei dem rechten auf der Seite d größer, als auf den gegenüberliegenden Seiten b und c. Hiermit stimmt die Beobachtung überein, daß der Tastbolzen III (s. Fig. 31) auf der Seite d früher fest wurde als der Bolzen IV auf der Seite c (s. Bemerkungen zu Tab. 21). Bei b sind sogar negative Werte für das Gleiten gefunden, d. h. das Universaleisen bewegte sich der Zugrichtung entgegen zur Anschlußlasche. Die Folge des hierin zutage tretenden unsymmetrischen Nachgebens,

Fig. 32. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 1a.
Dreiecksanschluß.

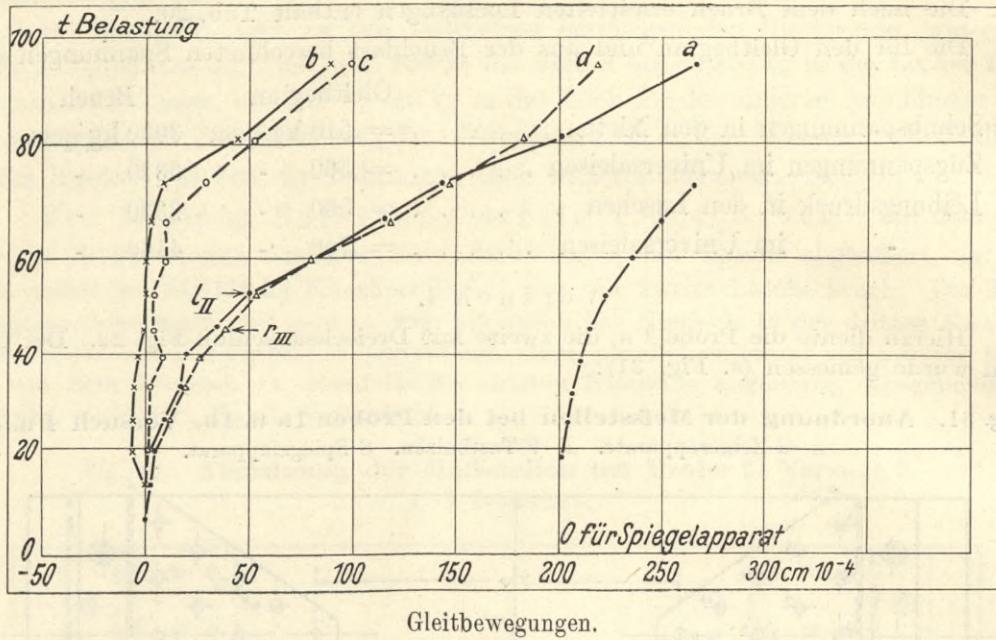
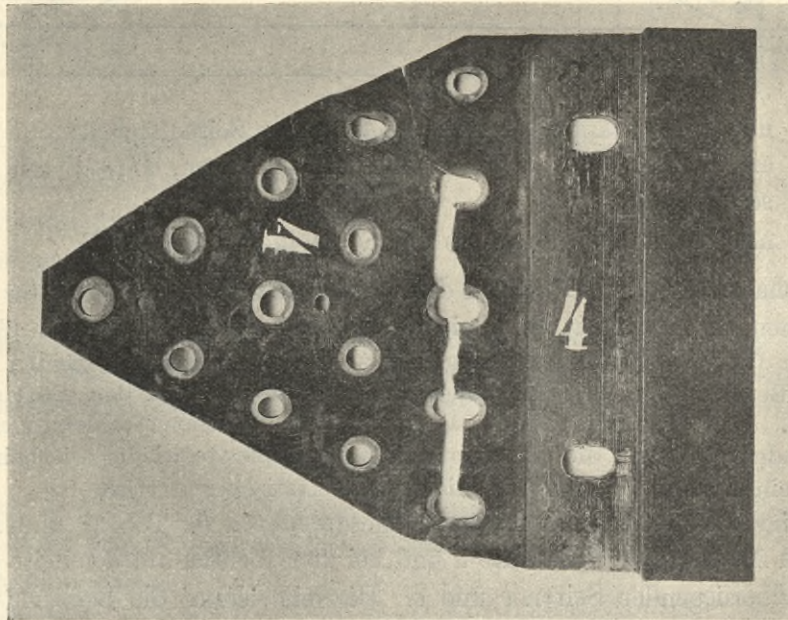


Fig. 33. Bei Versuch 4 (Probe 1a) gebrochene Lasche.



d. h. Schiefziehens der Anschlüsse war, daß der Beginn des Gleitens nicht scharf ausgeprägt ist; auf der einen Seite beider Anschlüsse liegt er bei etwa 45 870 kg Belastung; auf der anderen bei 73 340 kg.

Der Bruch erfolgte bei 347 860 kg, also nahezu bei der gleichen Belastung wie bei dem Versuch 1. Die Niete des linken Anschlusses wurde von einer Lasche abgeschert, die andere Lasche brach. Der Bruch (s. Fig. 33) geht durch vier Löcher der Nietreihe mit fünf Löchern und dann durch das volle Material der Lasche. Neben dem Loch 3 ist ein Stück der Lasche herausgebrochen. Die Ränder der Lasche sind stärker gestreckt als der mittlere Teil, letzterer ist demnach zuerst gerissen.

Die aus der Bruchlast sich ergebenden Spannungen sind:

Schubspannungen in den Nieten . . .	= 2790 kg/qcm
Zugspannung im Universaleisen	= 3040 -
Lochleibungsdruck in den Laschen . . .	= 3360 -
- im Universaleisen	= 4200 -

Die nach dem Bruch ermittelten Lochlängen (s. Tab. 22 und Fig. 27 rechtsstehende Schaulinien) stimmen im allgemeinen mit den beim Versuch 1 ermittelten gut überein.

V e r s u c h 5.

Der dritte Versuch mit Dreiecksanschluß, Probe 1 b, wurde in gleicher Weise ausgeführt wie der Versuch 4 an der Probe 1 a. Die Anordnung der Meßstellen: 4 Zeigerapparate *a—d*, 5 Tastbolzen *I—V* und Spiegelapparat *S*, ist wieder aus Fig. 31 zu ersehen. Die Messungsergebnisse zeigen Tab. 21 und die Schaulinien Fig. 34. Aus der Stellung der den letzteren angefügten und mit *l* und *r* bezeichneten Pfeile ergibt sich, daß das Klemmen der Tastbolzen schon bei verhältnismäßig geringen Belastungen begann, bei denen weder die Zeigerapparate noch der Spiegelapparat nennenswerte Gleitbewegungen anzeigten. Nach dem Verlauf der Schaulinien *a* bis *d* ist das Gleiten an dem linken Anschluß bei *b* früher eingetreten als bei *a* und an dem rechten bei *d* früher als bei *c*. Die Belastung war also nicht gleichmäßig über die Breite der Probe, also auch nicht gleichmäßig auf die Niete verteilt.

Zieht man die Beobachtungen für die bleibenden Verschiebungen (s. Tab. 21) mit in Betracht, so ergibt sich der Beginn des Gleitens für die Meßstelle *d* bei 63 800 kg und für die übrigen drei Meßstellen bei 77 490 kg.

Der Spiegelapparat saß an demselben Anschluß wie die Zeigerapparate *a* und *b*. Der Verlauf der Schaulinie für die Spiegelbeobachtungen entspricht im wesentlichen dem der Linie *a*.

Bei der Probe 1 a (Fig. 32) waren ebenfalls auf den beiden Seiten desselben Anschlusses verschieden große Gleitbewegungen beobachtet. Die Unterschiede waren dort noch größer als bei der Probe 1 b (Fig. 34) und dementsprechend sind auch die Belastungen, die als Gleitbeginn angesprochen werden mußten, bei 1 a geringer als bei 1 b.

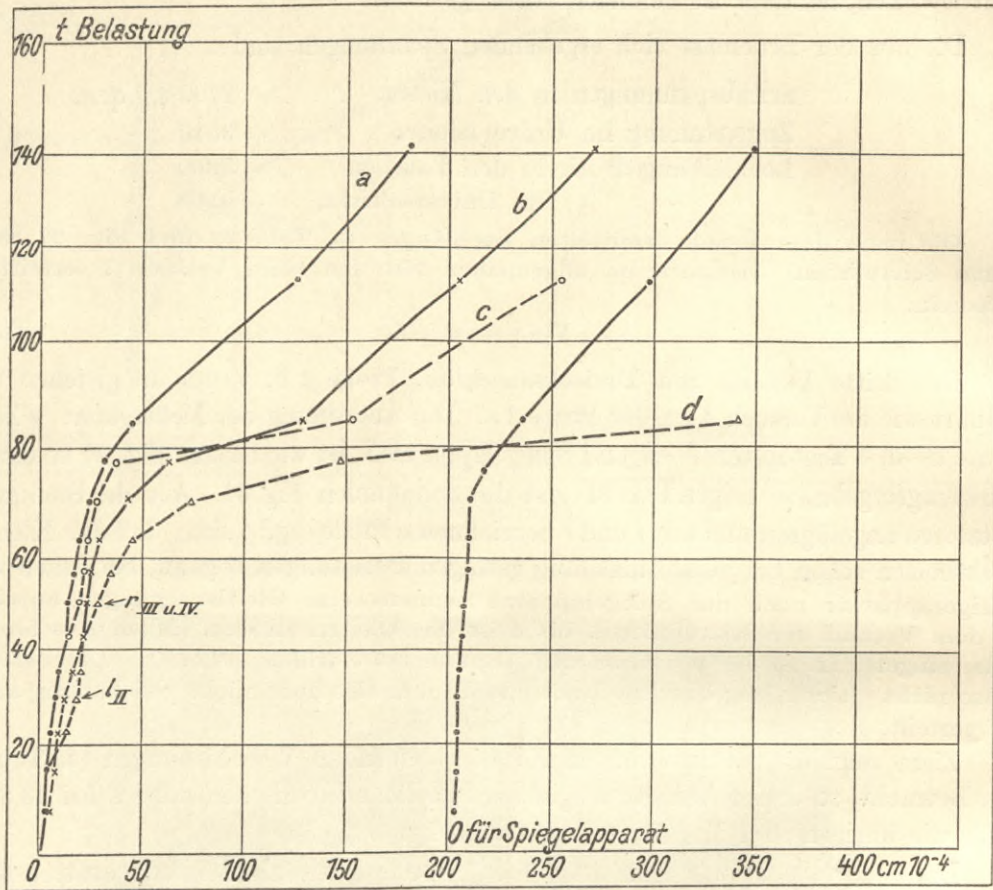
Der Bruch erfolgte unter 354 850 kg. Hierbei riß an dem linken Anschluß die eine Lasche in der Nietreihe mit 5 Nieten und zugleich wurden sämtliche Niete zwischen der anderen Lasche und dem Universaleisen abgeschert.

V e r s u c h e 6 u. 7.

Die Prüfung der Stäbe 2a und 2b, beide mit rechteckigem Anschluß, erfolgte in übereinstimmender Weise unter Beobachtung des Gleitens mit vier Zeigerapparaten *a—d*,

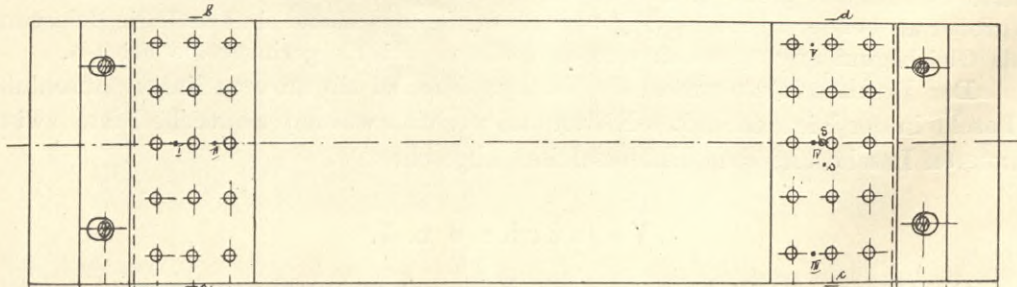
fünf Tastbolzen I—V und einem Spiegelapparat S. Die Anordnung der Meßstellen zeigt Fig. 35; die Ergebnisse sind in Tab. 23 zusammengestellt und in Fig. 36 und 37 zu Schaulinien aufgetragen.

Fig. 34. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 1 b.
Dreiecksanschluß.



Gleitbewegungen.

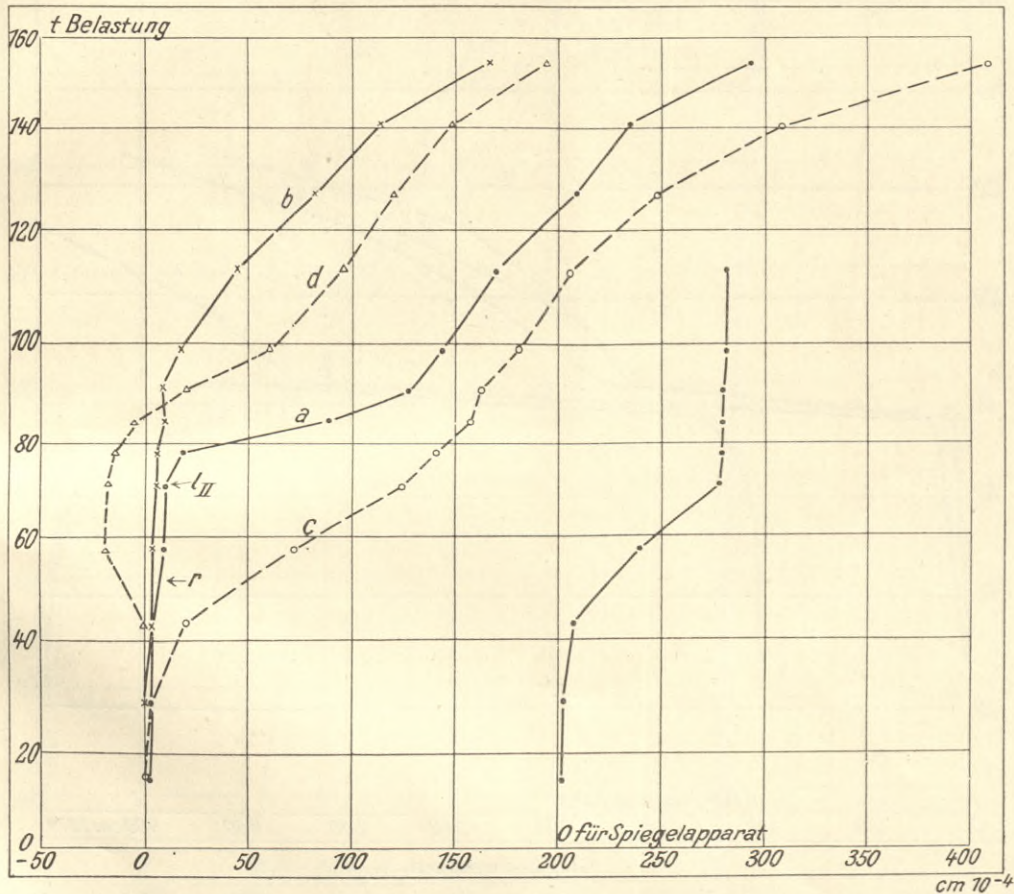
Fig. 35. Anordnung der Meßstellen bei den Proben 2a und 2b; Versuch 6 und 7.
a—d Zeigerapparate. I—V Tastbolzen. S Spiegelapparat.



An Hand der Fig. 36 möge zunächst darauf hingewiesen sein, daß die Beobachtungen an dem Spiegelapparat S mit denen an dem Zeigerapparat c — beide Apparate

saßen an demselben Anschluß — gut übereinstimmen. Im übrigen weichen die Beobachtungen für die vier Meßstellen *a—d* ganz außerordentlich weit voneinander ab. Dies beweist, daß auch diese Probe über die Breite ungleichmäßig beansprucht war, und zwar derart, daß an der Meßstelle *d* sogar bis zu 77 500 kg Belastung Verschieben des Universal-eisens gegen die Laschen entgegen der Kraftrichtung stattfand. Die Folge hiervon war Überlastung der gegenüberliegenden Seite mit der Meßstelle *c* und das außerordentlich frühe Eintreten des Gleitens auf dieser Seite. Man muß es hier nach den übereinstimmenden Anzeigen aller drei Beobachtungsverfahren — Zeiger, Spiegel und Tastbolzen —

Fig. 36. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 2 a.
Rechteckiger Anschluß.



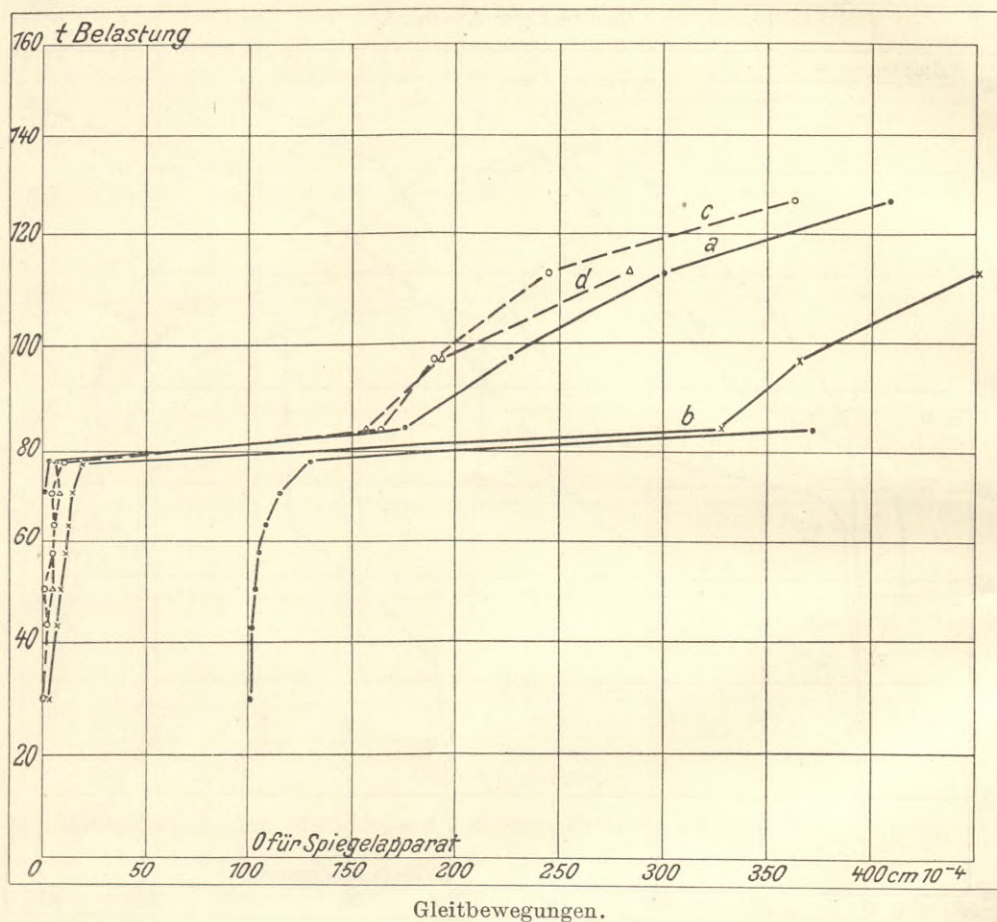
Gleitbewegungen.

bei 50 000 kg annehmen, während der Gleitbeginn für den linken Anschluß mit den Meßstellen *a* und *b* bei 77 500 kg liegt. Auch hier machte sich die ungleichmäßige Lastverteilung bemerkbar, wie die Unterschiede zwischen den Beobachtungen *a* und *b* erkennen lassen. Wesentlich scheint der Einfluß aber nicht gewesen zu sein, wie der Versuch mit dem Stabe 2 b (s. Fig. 37) zeigt. Bei diesem Stabe stimmen die Beobachtungen an den vier Zeigerapparaten ganz außerordentlich gut sowohl untereinander überein, als auch mit denen am Spiegelapparat. Hier hat demnach eine sehr gleichmäßige Lastverteilung

bestanden und trotzdem ist der Beginn des Gleitens auch nicht bei höherer Belastung als 77 500 kg eingetreten.

Schon an den Schaulinien aus den vorausgehenden Versuchen fiel es auf, daß das Gleiten nach seinem Beginn zunächst sehr groß war und dann für die weiteren Laststufen wieder geringer wurde. Ganz außerordentlich scharf tritt diese Erscheinung in Fig. 37 zutage. Sie lehrt, daß erst nach einem gewissen Gleitbetrag die Nietschäfte an die Lochwandungen sich anlegten und nun erst der Leibungsdruck einsetzt, unter Ver-

Fig. 37. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 2b.
Rechteckiger Anschluß.



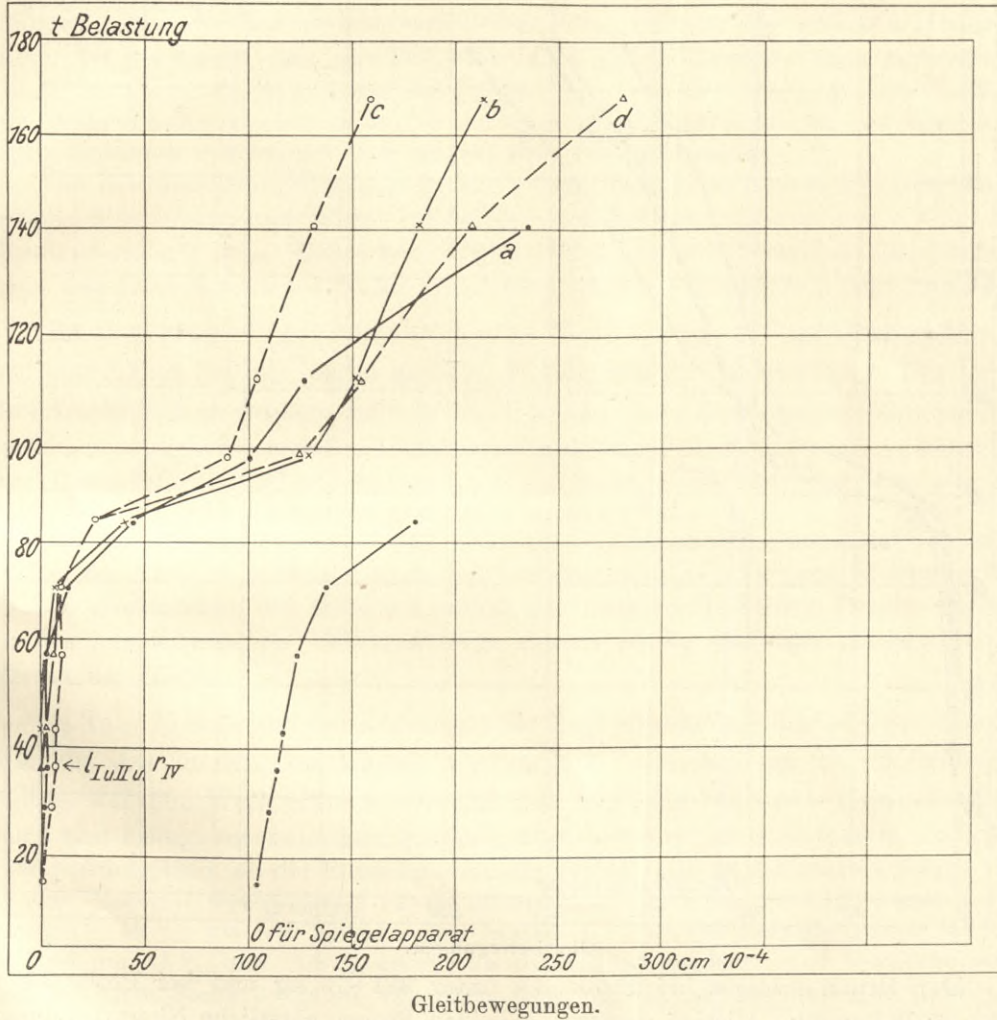
minderung des Gleitens der vernieteten Teile gegeneinander. Hieraus folgt weiter, daß das ungleichmäßige Gleiten an den verschiedenen Meßstellen, wie es bei den Versuchen beobachtet ist, nicht unbedingt in ungleichmäßiger Übertragung der Belastung auf den Probestab begründet zu sein braucht, sondern auch in ursprünglich ungleichmäßiger Anlage der Nietschäfte an den Lochwandungen begründet sein kann.

Der Bruch erfolgte bei Probe 2 a unter 312 900 kg und bei Probe 2 b unter 307 000 kg Belastung, und zwar wurden bei beiden Proben sämtliche Niete des einen Anschlusses abgeschoren.

Versuche 8 u. 9.

Zu diesen Versuchen dienten die Stäbe 3 a und 3 b (s. Fig. 24) mit rautenförmigem Anschluß. Die Gleitbewegungen wurden wie bei Versuch 2, unter Anordnung der Meßstellen nach Fig. 28, mit vier Zeigerapparaten *a—d*, vier Lastbolzen *I—IV* und außerdem mit dem Spiegelapparat *S* beobachtet. Nach den Meßergebnissen (Tab. 18) sind die Schaulinien Fig. 38 und 39 verzeichnet.

Fig. 38. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 3 a.
Rautenförmiger Anschluß.



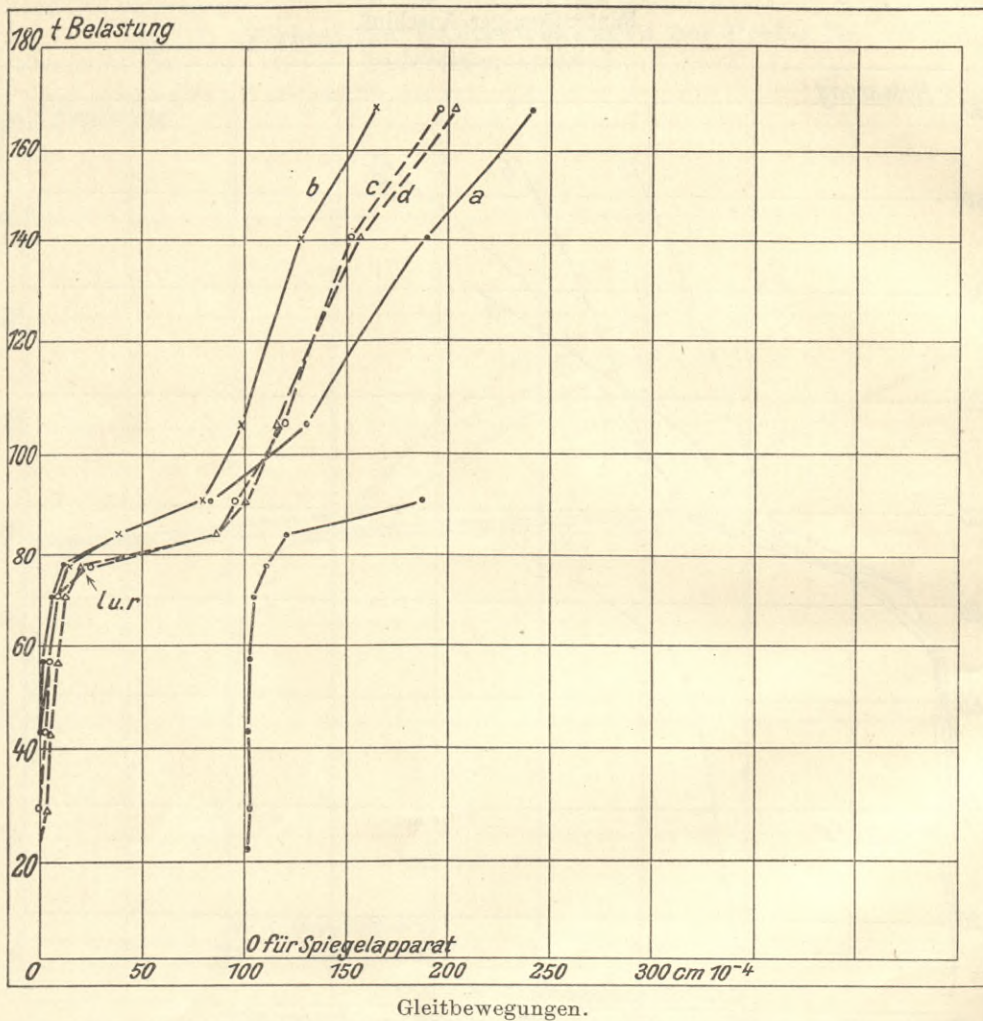
Bei beiden Proben stimmen die an den Meßstellen *a—d* beobachteten Verschiebungen befriedigend überein und der Gleitbeginn liegt bei beiden Proben sowohl nach den Gesamtbewegungen (Fig. 38 und 39) als auch nach den bleibenden (Tab. 18) bei 70 480 kg.

Bei Probe 3 a (Fig. 38) zeigt der Spiegelapparat schon von 14 800 kg ab mit der Belastung merkbare Zunahme der Bewegungen und die Lastbolzen begannen schon bei 42 910 kg fest zu werden. Daß aber bei diesen geringen Belastungen noch nicht von

Gleiten der Verbindung gesprochen werden kann, beweist wohl der Verlauf der mit den Zeigerapparaten beobachteten bleibenden Verschiebungen.

Bei Probe 3 b (Fig. 39) führen auch die Beobachtungen an dem Spiegelapparat zu demselben Ergebnis wie die Messungen mit den Zeigerapparaten, während die Tastbolzen erst bei 77 490 kg fest wurden.

Fig. 39. Verlauf der Gleitbewegungen bei Probe 3 b.
Rautenförmiger Anschluß.



Der Bruch erfolgte bei Probe 3 a unter 381 870 kg und bei Probe 3 b unter 367 650 kg Belastung. Hierbei wurden an beiden Proben sämtliche Niete des einen Anschlusses abgeschoren.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Ergebnisse der vorstehend im einzelnen besprochenen neun Versuche sind in Tab. 24 zusammengefaßt. Aus ihnen ergibt sich, daß die Form oder Art des Anschlusses bei den vorliegenden Versuchen keinen wesent-

lichen Einfluß auf die Festigkeit der Verbindung gehabt hat. Hervorzuheben ist hierzu, daß der Bruch der Proben stets durch Abscheren der Niete erfolgte und daher der Vergleich hinsichtlich Bruchfestigkeit sich nur auf die erzielten Scherfestigkeiten erstrecken kann.

Bei den Proben 1 mit dreieckigem Anschluß und den Proben 3 mit rautenförmigem Anschluß können die Belastungen für den Beginn des Gleitens und für den Bruch unmittelbar verglichen werden, weil bei diesen beiden Formen Niete von gleichem Durchmesser zur Verwendung gelangten. Der Vergleich der Gleitbelastungen ist aber dadurch unsicher geworden, daß sie für die beiden Anschlüsse derselben Probe besonders bei den Dreiecksanschlüssen ganz erheblich voneinander abweichen. Da nun die erzielten Höchstwerte bei dieser Art des Anschlusses zum Teil höher sind als die Werte bei dem rautenförmigen Anschluß, so lassen die Ergebnisse die Frage offen, ob die Erzielung einer Verbindung größten Widerstandes gegen Gleiten unter sonst gleichen Umständen bei dem dreieckförmigen Anschluß schwieriger war als bei dem rautenförmigen.

Die Bruchbelastungen zeigen in den 3 Einzelversuchen bessere Übereinstimmung. Die größte Abweichung vom Mittel beträgt bei dem Dreiecksanschluß nur 1,3 % und bei der Rautenform nur 5 %. Dabei hat sich im Mittel aus je 3 Versuchen die Rautenform um nur $365\,320 - 352\,570 = 12\,750 \text{ kg} = 3,6 \%$ fester erwiesen als die Dreiecksform.

Bei dem rechteckigen Anschluß kamen Niete von nur 2,1 cm Durchmesser gegen solchen von 2,3 cm bei den beiden anderen Anschlüssen zur Verwendung. Der Vergleich der drei Anschlußarten untereinander ist daher nur an Hand der erzielten Scherspannungen in den Nieten möglich. Die erzielten Mittelwerte betragen bei der Rechtecksform 3000 kg/qcm, bei der Dreiecksform 2830 kg/qcm und bei der Rautenform 2930 kg/qcm; die erstere übertrifft also die beiden letzteren nur um 5,7 und 2,3 %.

Im übrigen ergibt sich aus dem bereits hervorgehobenen Umstande, daß bei allen Versuchen die Niete abgeschoren sind, daß mit den gewählten Gesamt-Nietquerschnitten keine volle Ausnutzung des Materials erzielt ist; andernfalls hätten Brüche durch Zerreißen des angeschlossenen Universaleisens ebenso häufig eintreten müssen als durch Abscheren der Niete.

In Tab. 25 sind nun die Ergebnisse der Zugversuche mit Flachstäben zusammengestellt, die den zu den Anschlüssen verwendeten Universaleisen vor Herstellung der Anschlüsse auf dem Werk entnommen sind, und zwar den Stäben 1, 2 und 3. Die den Stäben 1 und 2 längs entnommenen Parallelproben lieferten gut übereinstimmende Werte, und zwar gleichgültig, ob die Entnahme an den Enden oder in der Mitte erfolgte. Dabei zeigte das Material des Stabes 2 etwas höhere Bruchfestigkeit (+ 7,5 %) und geringere Dehnung (— 19 %) als das Material des Stabes 1. Die Querfestigkeit war bei beiden gleich und um 11 % bzw. 2,8 % größer als die Längsfestigkeit. Die Versuche mit den Proben aus dem Stabe 3 lassen erkennen, daß die Längsfestigkeit des Materials an der Achse des Universaleisens um etwa 7,5 % größer, die Dehnung um 26 % geringer ist als am Rande. Im übrigen besitzt das Material des Stabes 3 annähernd die gleichen Festigkeitseigenschaften, wie das des Stabes 2.

Vergleicht man nun die an den Zerreißproben erzielten Bruchfestigkeiten des Materials (Tab. 25) mit den beim Abscheren der Niete an den Anschlüssen in den Stäben erzielten Zugspannungen σ_1 (Tab. 24), so ergibt sich, daß von der Zugfestigkeit des

Materials in den Stäben 1 und 2 nur 92 % und in dem Stabe 3 sogar nur 81 % ausgenutzt sind. Hierbei sind die Spannungen σ_1 auf die Nettoquerschnitte F (s. Tab. 24) bezogen; legt man der Berechnung den Gesamtquerschnitt des Stabes mit 1200 qcm zugrunde, so ergeben sich die Materialausnutzungen in den Stäben 1—3 der Reihe nach zu 88, 72 und 77 %.

Bezüglich der angewendeten verschiedenartigen Meßweisen zur Bestimmung des Gleitbeginns führte diese Versuchsreihe wie die Reihe c zu dem Ergebnis, daß die Zeigerapparate und die Spiegelapparate den Gleitbeginn mit gleicher Sicherheit anzeigen, daß die ersteren aber den Vorzug größerer Einfachheit besitzen. Die Beobachtungen mit den Tastbolzen können dadurch zu geringen Beobachtungswerten führen, daß die Tastlöcher sich lang strecken und das Festsetzen der Bolzen dann durch seitliches Klemmen erfolgt, ohne daß Gleiten eingetreten ist.

III. Einfluß der Querschnittsschwächung auf die Zugfestigkeit von Flacheisen und Winkeln.

Die im nachstehenden besprochene Versuchsreihe bezweckte festzustellen, welchen Einfluß bei gleicher Anzahl von Nieten deren Abstand voneinander auf die Zugfestigkeit und auf den Verlauf des Bruches hat.

Zur Untersuchung gelangten:

- I. **Flachstäbe**, bestehend aus je 2 Universaleisen von 1,2 cm Dicke, die sowohl an den Enden als auch innerhalb der Versuchslänge aufeinander genietet waren. Der Nietdurchmesser betrug durchweg 2,3 cm. Die Abmessungen der Proben sowie die Anordnungen und Abstände der Niete innerhalb der Versuchslänge sind aus Tab. 26 und den darüber stehenden Figuren a und b ersichtlich. Hiernach sind zu unterscheiden:
 1. Proben mit 4 Nieten, 13,4 cm breit und mit den Nietabständen in der Längsrichtung von 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 7,5 und 8,0 cm.
 2. Proben mit 7 Nieten, 22,2 cm breit und mit den Nietabständen von 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 und 8,0 cm.
- II. **Winkelleisen NP 9** (s. Tab. 36) mit je einem Nietloch von 2,1 cm Durchmesser in beiden Schenkeln bei den Längsabständen der Lochmitten von 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 und 6,5 cm. Nach dem Abstände der Lochmitten vom Winkelrücken, dem sogen. Wurzelmaß, sind zu unterscheiden:
 1. Proben mit 5,0 cm Wurzelmaß,
 2. Proben mit 5,5 cm -
- III. **Winkelleisen NP 9** wie unter II (s. Fig. b Tab. 36), bei denen aber in die Nietlöcher Niete eingezogen waren bei Verwendung von Unterlegplatten unter beide Nietköpfe. Die Unterlegplatten hatten 8,0 × 8,0 cm Kantenlänge und 1,0 cm Dicke.

I. Flachstäbe.

Die Einspannung in die Zerreißmaschine erfolgte bei den Flachstäben 1 und 2 (Fig. 40 und 41) mit Beißkeilen. Diese Anordnung wurde jedoch wegen der Gefahr ein-

seitiger Beanspruchung infolge ungleichmäßigen Eingreifens der Keile und Schiefziehens der Stäbe aufgegeben. Die Stäbe 5 und 6 wurden dann mit verbreiterten Köpfen versehen (s. Fig. 42 und 43) und mit Vorsteckbolzen in gabelförmigen Klauen festgelegt. Hierbei rissen aber die Köpfe infolge übermäßigen Leibungsdruckes auf. Die weiteren Proben erhielten daher die aus Fig. 44 und 45 ersichtliche Kopfform.

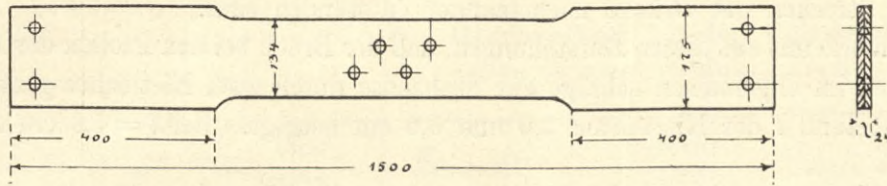


Fig. 40.

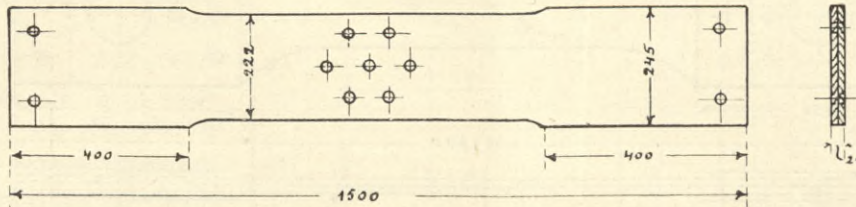


Fig. 41.

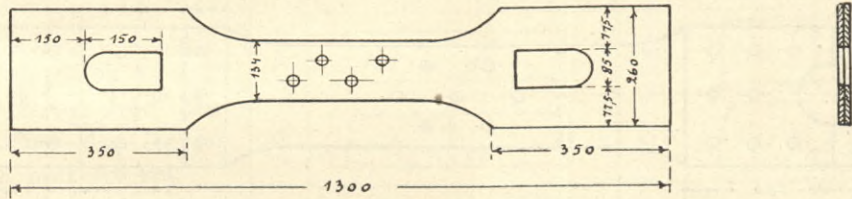


Fig. 42.

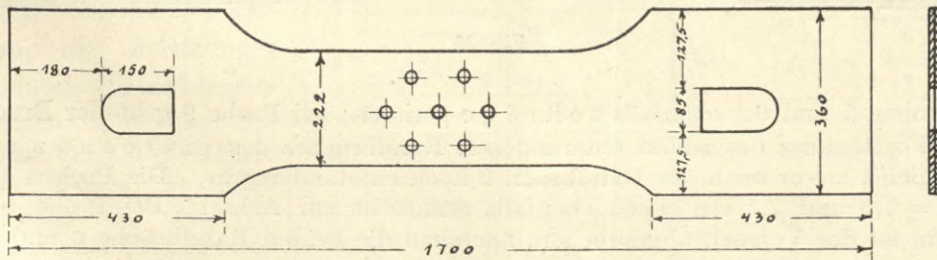


Fig. 43.

Die Versuche sind mit stufenweiser Laststeigerung ausgeführt und hierbei die Dehnungen zur Bestimmung der Streckgrenzen für den mittleren, durch die Nietlöcher geschwächten Stabteil und an den Stabenden für den Teil ohne Löcher getrennt ermittelt. Die erzielten Belastungen für die Streckgrenzen und beim Bruch sowie die hieraus berechneten Materialspannungen sind aus Tab. 26 zu ersehen. Den Bruchverlauf

aller Stäbe zeigen die Darstellungen Fig. 46 und für einen Teil derselben die Lichtbilder Fig. 47 a und b.

Mit Ausnahme des Stabes 11 lagen die Brüche der beiden Eisen desselben Stabes übereinander, für den Stab 11 zeigt die vollausgezogene Linie (Fig. 46) den Bruchverlauf des oberen Bleches, die gestrichelte den des unteren. Die neben den Bruchlinien stehenden Buchstaben *a—d* geben an, in welcher Reihenfolge die einzelnen durch die Nietlöcher begrenzten Strecken der Brüche nacheinander entstanden sind.

Man erkennt aus diesen Darstellungen, daß der Bruch bei den Proben der Form A mit 4 Nieten im allgemeinen schräge zur Stabachse durch zwei Nietlöcher geht, sofern der Längsabstand *l* der Nietmitten 5,0 und 5,5 cm beträgt. Bei $l = 6,0$ cm sind die

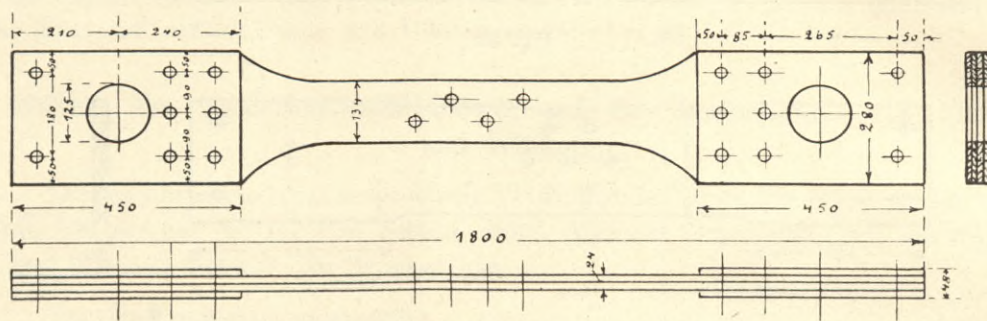


Fig. 44.

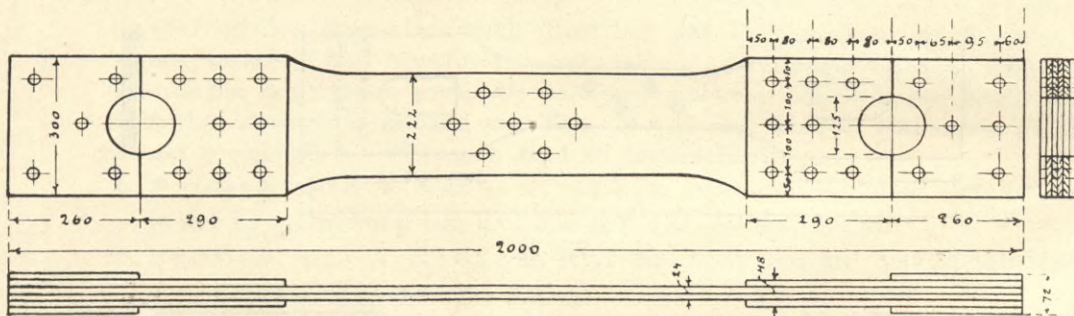


Fig. 45.

beiden Proben 5 und 9 a ebenfalls s c h r ä g e gerissen; bei Probe 9 geht der Bruch dagegen in Fortsetzung des zuerst entstandenen Randbruches *a* s e n k r e c h t zur Stabachse, obgleich zuvor auch der Randbruch *b* noch entstanden war. Die Proben 10 und 39 mit $l = 7,0$ und $7,5$ cm rissen ebenfalls senkrecht zur Achse. Bei Probe 40 mit $l = 8,0$ cm ist der Versuch abgebrochen, nachdem die beiden Randbrüche *a* und *b* entstanden waren; nach den Einschnürungen, die dieser Stab den Nietlöchern gegenüber zeigt (s. Fig. 47 a), ist anzunehmen, daß der Bruch bei diesem Stabe ebenfalls von einem der beiden Randrisse aus senkrecht zur Achse gerissen wäre.

Nach dem geschilderten Verlauf der Brüche scheint es, als ob bei den Stäben mit 4 Nieten der Nietabstand $l = 6,0$ cm die Grenze ist, bei der die Stäbe mit den vorliegenden Breitenabmessungen und Querabständen b_1 und b_2 der Nieten (s. Tab. 26) mit schräge verlaufendem Bruch reißen.

Das Gleiche gilt von den Stäben mit 7 Nieten (Form B). Auch bei ihnen sind die Stäbe mit $l = 7,0$ und $8,0$ cm sämtlich senkrecht zur Achse gerissen, während bei $l = 6,0$ cm zwei Stäbe schräge durch drei Nietlöcher und der dritte senkrecht zur Achse durch zwei Nietlöcher rissen.

Um Aufschluß über die Größe der Spannungen in Richtung der Verbindegeraden zwischen den Mitten der Niete zu erlangen, sind auf Anregung des bei Ausführung der Versuche beteiligten Assistenten Panzerbieter Dehnungsmessungen an den in Fig. 48 mit I—III bezeichneten Meßlängen ange stellt. Die drei Messungen erfolgten immer gleichzeitig mit Martensschen Spiegelapparaten in $1 : 75\ 000$. Neben diesen Apparaten waren feste Spiegel angebracht, die die Kippbewegungen des Stabes anzeigten, um deren Beträge die Beobachtungen an den Meßapparaten richtig gestellt werden mußten.

Zu diesen Versuchen dienten die Stäbe 63, 47 und 9 a mit 4 Nieten und den Längsabständen der Niete $l = 5,0, 5,5$ und $6,0$ cm.

Die Ergebnisse (s. Tab. 27—29) sind in Fig. 49—51 zu Schaulinien aufgetragen, die Belastungen als Ordinaten und die Längenänderungen als Abszissen. Der allgemeine Verlauf der Linien für die gleichartige Meßstrecke zeigt bei den drei Versuchen gute Übereinstimmung. Trotzdem erscheinen mir die Beobachtungen noch

nicht ausreichend, um aus den ermittelten Dehnungen die Spannungen zu berechnen. Besonders gilt dies von den Beobachtungen für die Meßstrecke I in Richtung der Zugbeanspruchung, weil bekanntlich das Material hinter den Niete jedenfalls in geringerem Maße sich dehnt als in größerer Entfernung von den Niete und daher ohne besondere Messungen nicht zu erkennen ist, ob die beobachteten Dehnungen gleichmäßig über die

Fig. 46. Bruchverlauf bei den Universaleisen.
Beginn bei a und fortlaufend bis d.

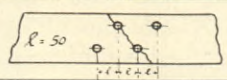
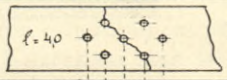
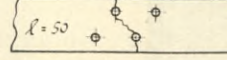
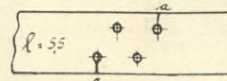
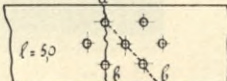
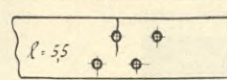
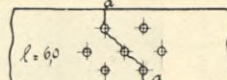
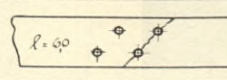
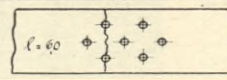
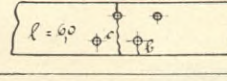
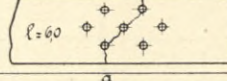
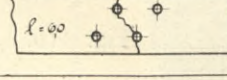
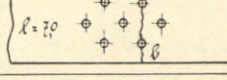
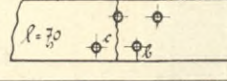
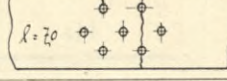
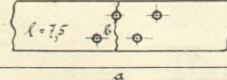
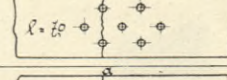
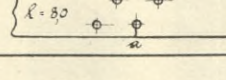
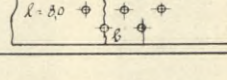
Stab Nr.	Form A	Stab Nr.	Form B
1		2	
63		6	Bruch am Auge.
47		11	
47a		12	
5		12'	
9		12 ^a	
9a		41	
10		41'	
39		41a	
40		42	

Fig. 47a. Brüche der Stäbe mit 4 Nieten.

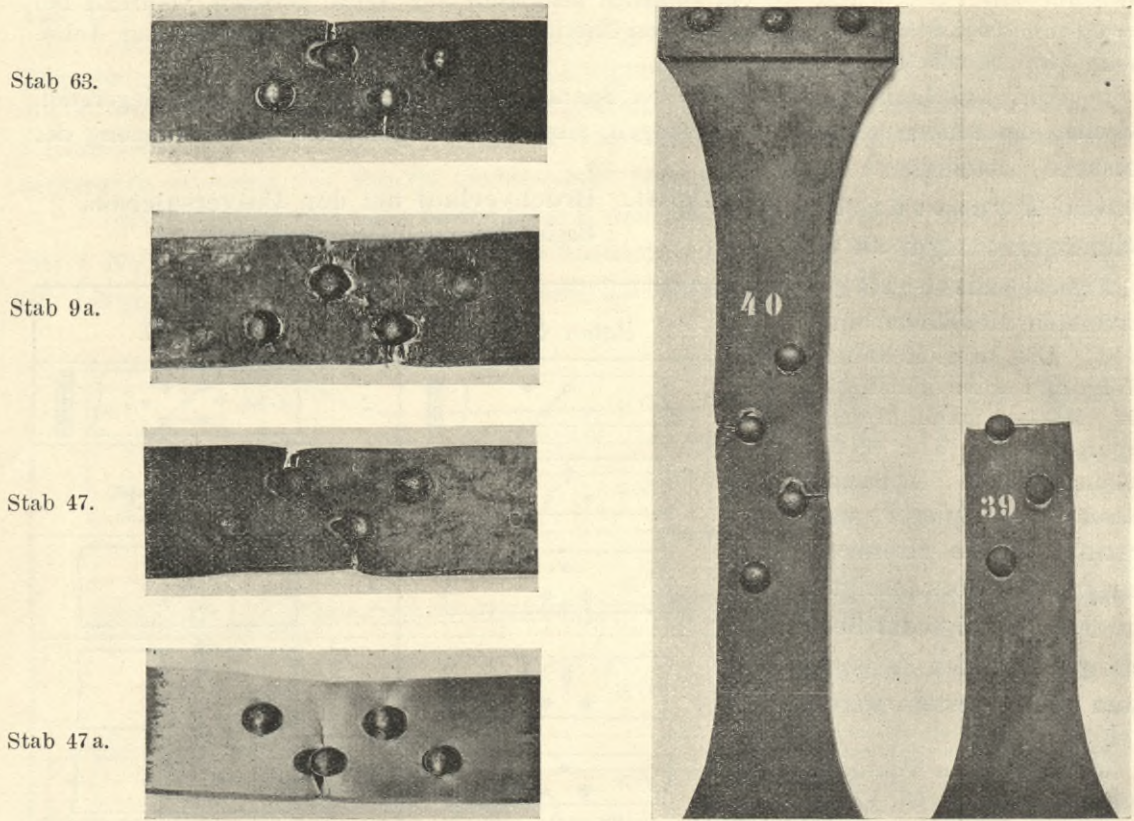
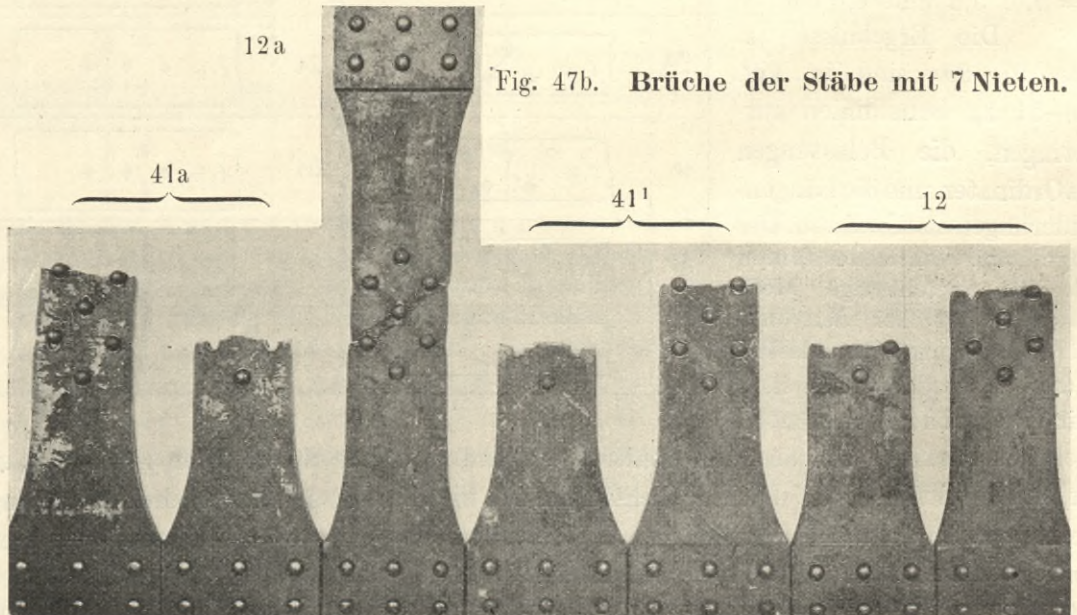


Fig. 47b. Brüche der Stäbe mit 7 Nieten.



gewählte Meßlänge von 2,5 cm verteilt waren; anderenfalls lassen sich die Spannungen aber aus den Dehnungen nicht berechnen. Hierzu kommt, daß der nicht stetige Verlauf der Schaulinien bei geringen Belastungen (bis zu etwa 10 t) es nicht ausgeschlossen erscheinen läßt, daß die Dehnungsmessungen bei geringen Belastungen gewissen störenden Einflüssen unterlagen. Solche können aber, da immer nur ein Spiegelapparat für dieselbe Meßlänge beobachtet ist, ihre Ursache gehabt haben: erstens in geringen Durchbiegungen des Stabes und zweitens darin, daß die Kippbewegungen der Spiegelapparate infolge Bewegungen des Stabes im Raum nicht völlig mit den Kippbewegungen übereinstimmten, die an den vorerwähnten festen Spiegeln beobachtet und zur Korrektur der Beobachtungen an den Spiegelapparaten benutzt sind.

Fig. 48. Lage der Meßstrecken I—III.

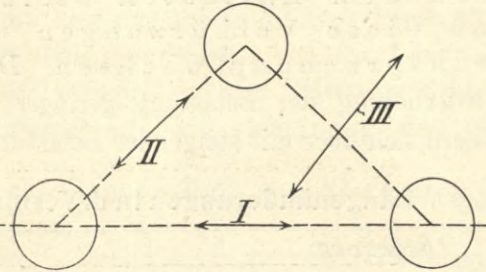
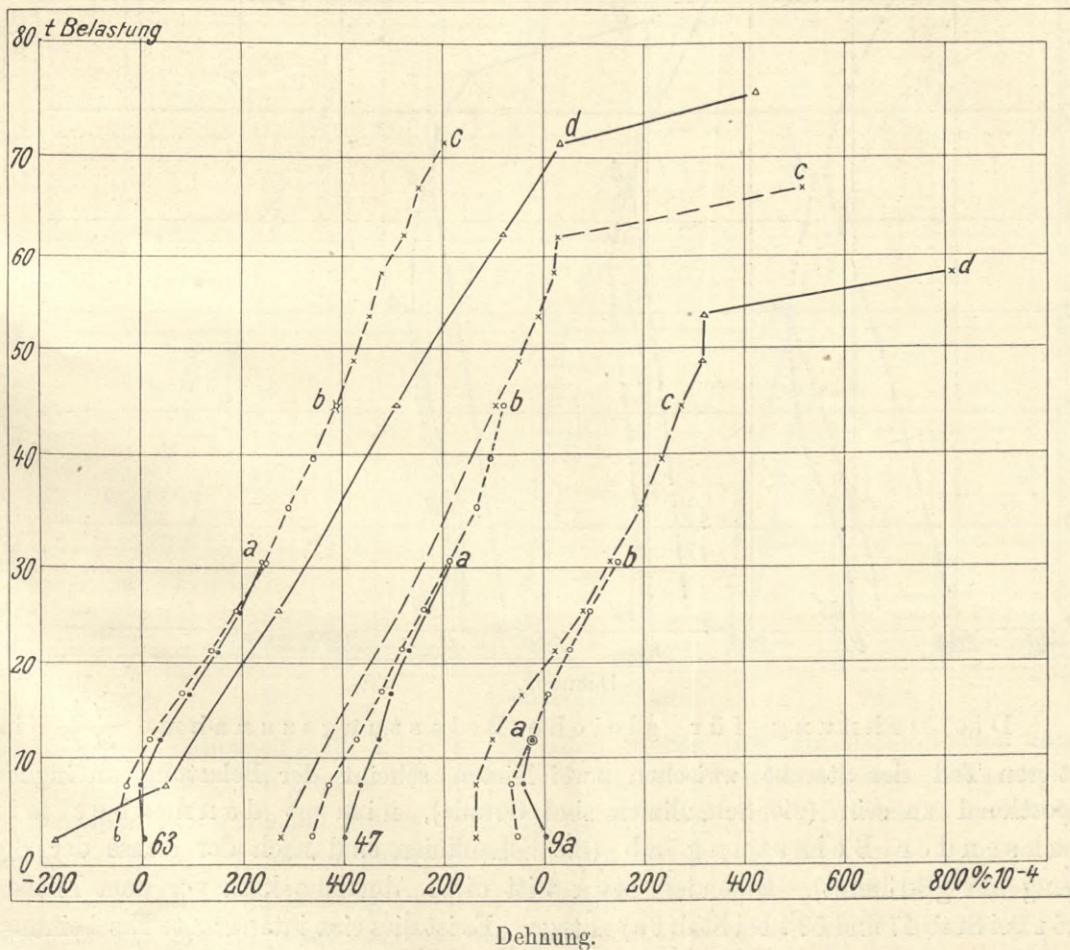


Fig. 49. Längenänderungen in Richtung der Zugbeanspruchung. (Meßstrecke I Fig. 48.)



Ich beschränke mich daher darauf, aus den vorliegenden Beobachtungen nur die Schlüsse zu ziehen, die in dem allgemeinen Verlauf der Schaulinien Fig. 49—51 klar

hervortreten. Vielleicht regen aber diese Mitteilungen dazu an, eingehendere Versuche zur Ermittlung der Spannungsverteilungen in Stäben mit Nietlöchern anzustellen.

Fig. 49 läßt erkennen, daß alle drei Stäbe übereinstimmend nach dem Entlasten bleibende Verkürzungen zeigen und daß diese Verkürzungen mit der voraufgegangenen Zugbeanspruchung wachsen. Dementsprechend sind auch die Dehnungen bei Wiederholung der Belastung geringer als bei der voraufgegangenen Belastungsreihe, nähern sich aber mit steigender Belastung den erstmalig beobachteten Werten.

Fig. 50. Längenänderungen in d. Verbindungslinie d. Nietmitten. (Mefsstrecke II Fig 48.)

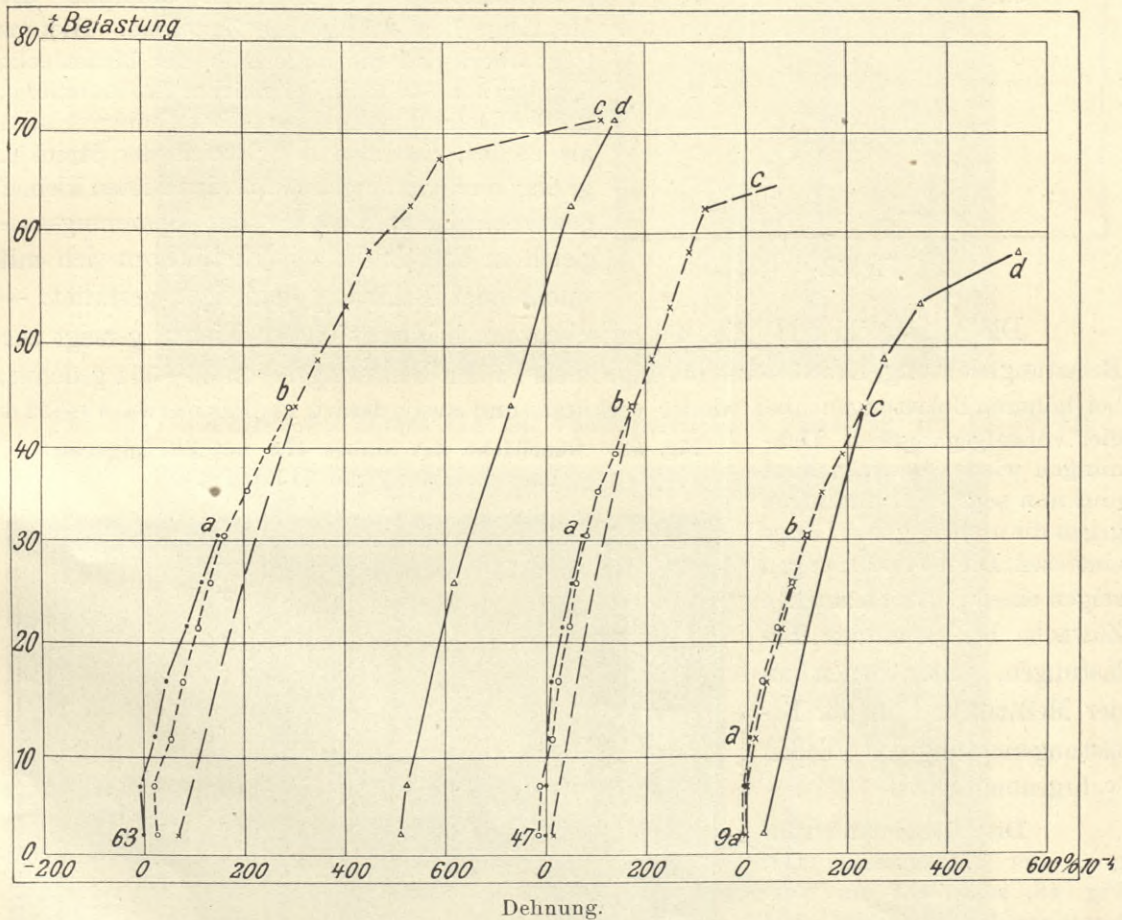


Die Dehnung für gleiche Belastungszunahme $\frac{\Delta \lambda}{\Delta P}$ im mittleren Teil der Strecke zwischen zwei Nieten scheint der Belastung anfänglich proportional zu sein (die Schaulinien sind Gerade), nimmt dann aber mit wachsender Belastung ab (die Schaulinien sind nach der Achse der Belastung hin gekrümmt). Besonders stark tritt diese Abnahme kurz vor dem Fließen (62,5 t bei Stab 47 und 53 t bei Stab 9a) zutage. Es ist dies eine interessante Erscheinung, die erkennen läßt, daß die Spannungsverteilung im Stabe mit

wachsender Belastung wechselt. Aufklärung hierüber können nur umfangreiche Messungen der Dehnung an verschiedenen Strecken ergeben. Um zu solchen anzuregen, sei gestattet, hier kurz darauf hinzuweisen, wie die beobachtete Erscheinung der Dehnungsabnahme vielleicht zu erklären ist. —

Sofern das Material, aus dem der Probestab besteht, überhaupt eine Proportionalitätsgrenze besitzt, muß erwartet werden, daß auch der Stabteil von der Länge L (Fig. 52) bis zu einer gewissen Beanspruchung sich proportional der Belastung dehnt. Hierbei ist es aber infolge ungleichmäßiger Spannungsverteilung nicht nötig, daß die

Fig. 51. Längenänderungen senkrecht zur Verbindungslinie der Nietmitten.
(Meßstrecke III Fig. 48.)



Dehnung der Längeneinheit, $\lambda/l = \epsilon$, an allen Stellen des durch Nietlöcher unterbrochenen Stabes gleich groß ist, vielmehr ist z. B., wie schon oben gesagt, bekannt, daß bei derselben Belastung des Stabes die Dehnung ϵ_2 für die mittlere Strecke l_2 zwischen den Nietn größer ist als ϵ_1 und ϵ_3 für die beiden Strecken l_1 und l_3 , weil l_1 und l_3 zum Teil (in der Nähe des Nietloches) ganz spannungsfrei sein können. Jedenfalls muß aber innerhalb der Proportionalitätsgrenze des ganzen Stabes, d. h. der Meßstrecke L , das für irgendeine Laststufe und Teilstrecke l ermittelte Verhältnis $\frac{\epsilon}{P}$ konstant bleiben,

solange keine Störung in der Spannungsverteilung eintritt. Abnahme des Verhältnisses $\frac{\varepsilon}{P}$, also auch von $\frac{\Delta \lambda}{\Delta P}$, zeugt stets von Abnahme der Spannung im Meßbereich, während Anwachsen von $\frac{\Delta \lambda}{\Delta P}$ die Folge einer Spannungszunahme oder örtlichen Fließens sein kann.

In dem hier zu betrachtenden Falle hat das Verhältnis $\frac{\Delta \lambda}{\Delta P}$ innerhalb der Meßstrecke l_2 Fig. 49 mit wachsendem P abgenommen, während es für L (Fig. 52) keine Abnahme erlitten haben kann, sondern wegen

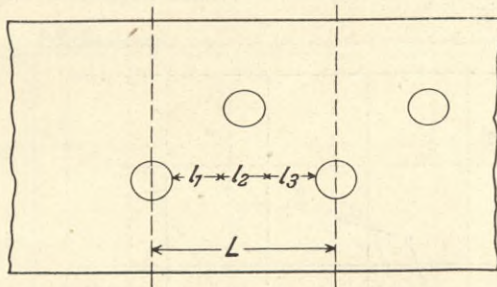


Fig. 52.

Überschreitung der P -Grenze innerhalb der Meßlänge L allenfalls eine Zunahme. Hieraus folgt aber, daß die außerhalb der Meßstrecke l_2 gelegenen Stabteile bei gleicher Lastzunahme, größere Dehnungszunahme erlitten haben müssen als vorher, daß also der Bereich der Strecken geringerer Spannungen hinter den Nieten kleiner geworden ist und somit der Spannungsausgleich in dem Stabe mit Nietlöchern sich mit wachsender Belastung günstiger gestaltet. —

Die Meßstrecken II (Fig. 48) zwischen den beiden mittleren Nieten, geneigt zur Belastungsrichtung, haben sich nach Fig. 50 bis zu den Belastungen von 30—35 t gedehnt, bei höheren Belastungen aber wieder verkürzt, und zwar derart, daß bei etwa 49—52 t die voraufgegangenen Dehnungen wieder beseitigt sind und nun sogar Verkürzungen gegen die ursprüngliche Länge eintreten. Diese Verkürzungen zeigen einen plötzlich starken Zuwachs bei denselben Belastungen, unter denen an der Meßstrecke I in der Belastungsrichtung das Fließen wahrgenommen ist.

Die Längenänderungen der Meßstrecke III, Fig. 48, senkrecht zur Verbindegeraden zwischen zwei Nieten waren, wie Fig. 51 zeigt, Dehnungen; sie sind

bis zu etwa 15 t sehr gering und nehmen dann in stärkerem Maße zu als die Belastung. Besonders stark ist die Zunahme bei denjenigen Belastungen, die nach den Beobachtungen an den Meßstrecken I als Streckgrenzen angesprochen sind.

Das Lichtbild Fig. 53 zeigt die Oberfläche des Stabes 47 a nach der Belastung mit 71 190 kg, d. h. nach Überschreitung der Streckgrenze (62 630 kg). Die Oberfläche

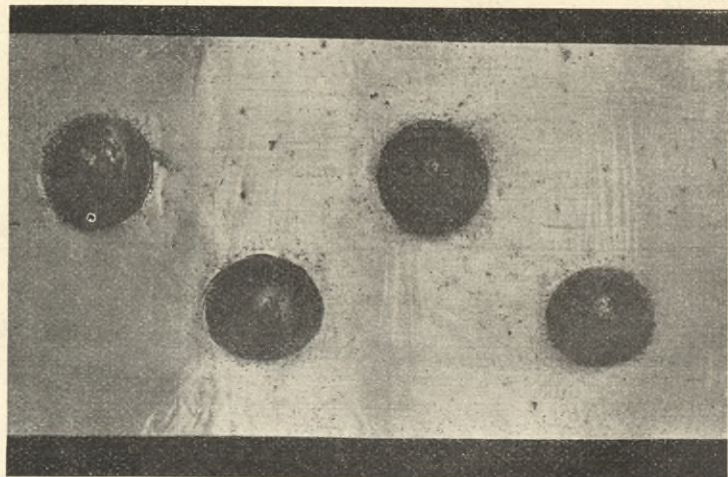


Fig. 53. Oberfläche des Stabes 47 a mit Fließfiguren nach Belastung mit 71 190 kg.

war vor dem Versuch mit der Feile von dem Walzzunder befreit und blank gemacht. Die im Bilde als flammenartige Streifungen erscheinenden Fließfiguren wurden zuerst am Rande der Nietköpfe sichtbar; sie pflanzten sich von hier teils senkrecht zur Stab-

Fig. 54. Oberfläche des Stabes 41a mit Fließfiguren nach Belastung mit 89600 kg.

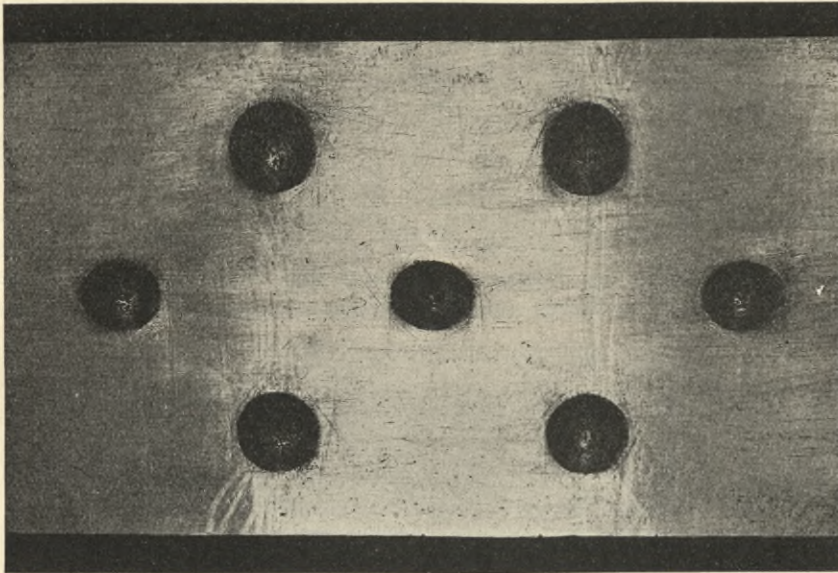
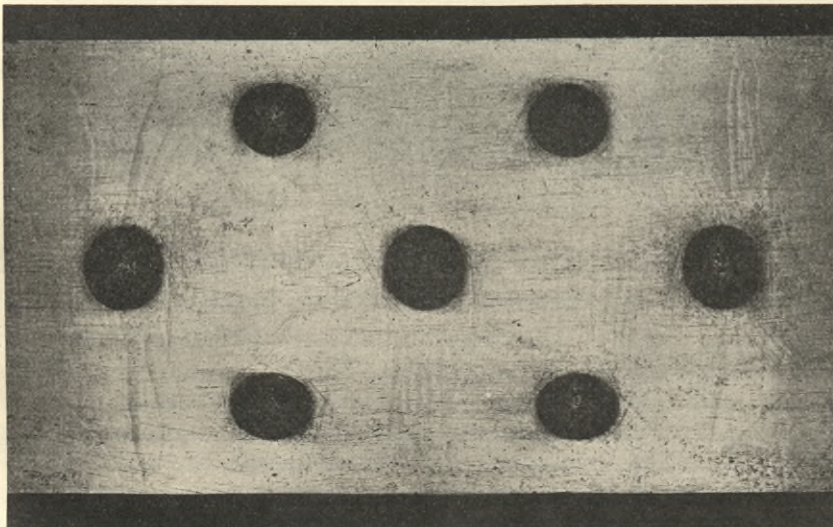


Fig. 55. Oberfläche des Stabes 41a mit Fließfiguren nach Belastung mit 105400 kg.

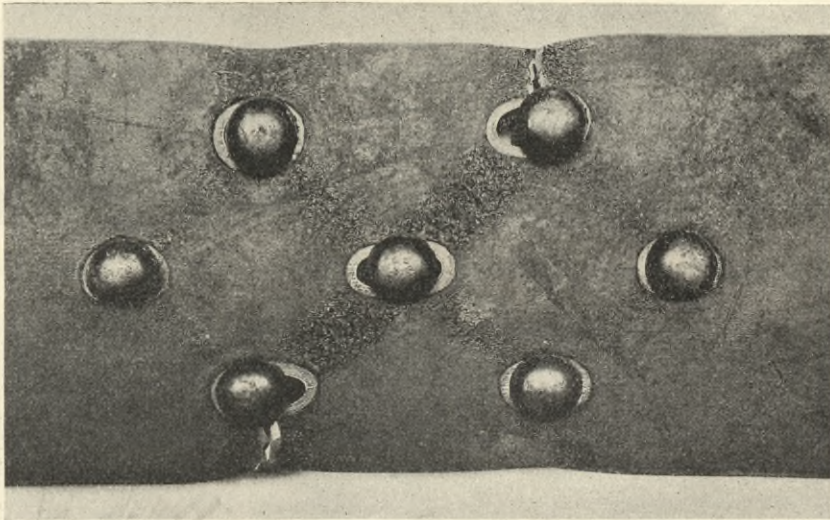


achse fort, teils verlaufen sie in der Richtung der zur Stabachse geneigten Verbindungslinien zwischen den Nieten. Eine bestimmte Reihenfolge für die Entstehung der Fließfiguren an den verschiedenen Stellen hat nicht wahrgenommen werden können. Es entspricht dies den Beobachtungen am Stabe 47, nach denen (s. Fig. 49—52) das Fließen

innerhalb der drei Meßstrecken I—III unter den gleichen Belastungen eintrat. Die ihrem Grade nach ungleichmäßige Ausbildung der Fließfiguren über die Fläche zeugt deutlich von den Unterschieden in der Spannungsverteilung.

Fig. 54 und 55 zeigen zwei Lichtbilder von der ebenfalls blank gemachten Oberfläche des Stabes 41a, und zwar ist Fig. 54 nach 89 600 kg Belastung, d. h. unmittelbar nach Überschreitung der Streckgrenze aufgenommen, Fig. 55 dagegen erst nach 105 400 kg Belastung. Beide Figuren lassen an dem Ausstrahlen der Fließfiguren von den Nietköpfen aus deutlich erkennen, daß das Fließen an den Rändern der Nietlöcher begann. Ganz besonders scharf tritt dieses Ausstrahlen in Fig. 55 an dem rechten Loch der mittleren Nietreihe zutage. In Fig. 54 sind erst ganz schwache Ansätze von dem Fließen an den beiden äußeren Nieten der mittleren Reihe zu erkennen, während im Bereich der mittleren fünf Niete bereits starkes Fließen stattgefunden hatte. Nach ihrem Ver-

Fig. 56. Lockerung des Walzzunders längs der Verbindegeraden zwischen den Nieten infolge Fließens (Stab 12a).



lauf sind die Steifungen wie bei dem Bilde Fig. 53 von dem Stabe mit vier Nieten auch hier bei dem Stabe mit sieben Nieten zu unterscheiden in solche senkrecht zur Stabachse und in solche schräge zur Stabachse parallel zu den Verbindungslinien der Niete. Die letzteren sind als einzelne Linien schon in Fig. 54 zu erkennen, in Fig. 55 erscheinen sie als breite Bänder. Daß das Fließen in diesen diagonalen Richtungen nicht nur an der Bruchstelle, sondern auch sonst zwischen allen Nieten am stärksten ist, zeigt sich sehr deutlich in Fig. 56 an der Lockerung des Walzzunders.

Der Einfluß der Nietanordnung auf die Zugfestigkeit der Stäbe ist aus den in Tab. 26 zusammengestellten Versuchsergebnissen nicht ohne weiteres zu erkennen, da die Unterschiede in den Festigkeiten der Stäbe mit verschiedenartiger Nietanordnung auch durch die Unterschiede in den Festigkeitseigenschaften des Materials der Stäbe verursacht sein können. Um diesen Nebeneinfluß auszuschalten, muß die Beurteilung an Hand der Verhältniszahlen zwischen den Festigkeitswerten der Stäbe und den Materialfestigkeiten erfolgen, die aus Tab. 33 zu ersehen sind.

Zur Ermittlung der Materialfestigkeiten waren 39 Zerreißproben eingeliefert, die den Walzstcken, aus denen die genieteten Stäbe gefertigt waren, teils an den Enden, teils aus der Mitte entnommen waren. Die Ergebnisse der gleichgelegenen Zerreißproben stimmen gut überein (s. Tab. 30 und 31), fast ohne Ausnahmen zeigen aber die Proben aus der Mitte der Walzstcke etwas höhere Festigkeit als die an den Enden entnommenen.

In Tab. 33 sind die Mittelwerte für die Spannungsgrenzen σ_s und σ_b des Materials den Werten σ_S und σ_B für die genieteten Stäbe gegenübergestellt und für die zusammengehörigen Werte Verhältniszahlen berechnet, indem die Materialfestigkeiten gleich 100 gesetzt sind. Die Unterschiede zwischen den Materialeigenschaften und denen der Stäbe sind zum Teil ganz auffallend groß und die Verhältniszahlen in bezug auf die Nietanordnung ohne jede Gesetzmäßigkeit. Es erschien daher nicht ausgeschlossen, daß die „eingelieferten“ Materialproben keine richtigen Werte für die Materialeigenschaften der großen Stäbe ergeben hatten. Zur Kontrolle sind daher den geprüften Stäben, soweit sie noch vorhanden waren, nachträglich neue Materialproben entnommen.

Die Entnahme erfolgte mittels Kaltsge immer längs aus einem der beiden Stabkpfe bei a Fig. 57, und zwar ist aus jedem der beiden vernieteten Universaleisen eine Zerreißprobe hergerichtet. Um sicher zu sein, daß das Material nicht schon beim Prüfen der großen Stäbe gestreckt und daher in seinen Eigenschaften verändert war, sind vor der Probeentnahme die beiden senkrecht zueinander stehenden Durchmesser d_q und d_e der Augenlcher Fig. 57 festgestellt und ferner der Querschnitt L an den Zerreißproben gekennzeichnet, der der Mitte des Loches gegenüber gelegen war.

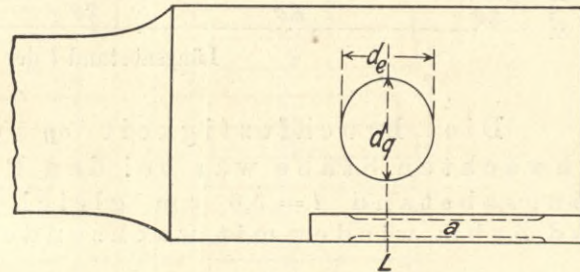


Fig. 57.

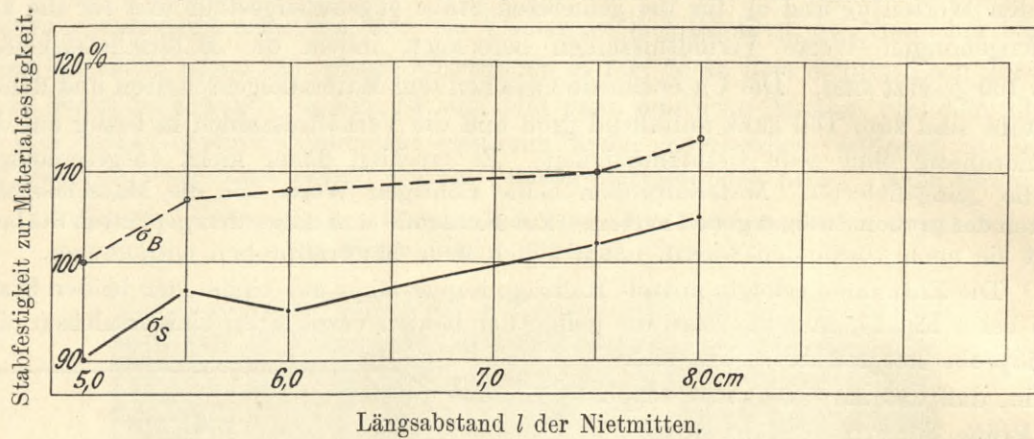
Hatte nun bei Prüfung der großen Stäbe Streckung der Köpfe stattgefunden und Änderungen des Materials neben den Augenlchern im Gefolge gehabt, so mußten diese Änderungen in Unterschieden zwischen d_e und d_q sowie darin zutage treten, daß die Dehnung der Zerreißproben in der Nähe der Querschnitte L geringer war als in groerer Entfernung davon, was an der Zentimeterteilung leicht festgestellt werden konnte, die zur Bestimmung der Bruchdehnung auf den Zerreißproben angebracht wurde.

Die Ergebnisse dieser beiden Kontrollmessungen lassen darauf schließen, daß keine Streckungen der Stabkpfe stattgefunden hatten. Die an den nachträglich entnommenen Zerreißproben ermittelten Festigkeitseigenschaften können somit als die Festigkeitseigenschaften des Materials der Universaleisen angesehen werden. Die erzielten Einzelwerte der beiden Proben aus demselben Stabe (s. Tab. 32) stimmen gut überein.

Die Mittelwerte für die Spannungen σ^1_s und σ^1_b sind nun in Tab. 33 ebenso wie die der „eingelieferten Materialproben“ den an den Stäben ermittelten Werten gegenübergestellt. Die Verhältniszahlen (s. a. Fig. 58) lassen erkennen, daß die Streckgrenze σ^1_s der Stäbe, und zwar sowohl für die mit 4 Nieten als auch für die mit 7 Nieten, innerhalb des durch die ein-

gezogenen Nieten geschwächten Teiles **geringer** ist als die Streckgrenze des Materials, sofern der Längsabstand der Nietmitten 6,0 cm und weniger beträgt. Wird l größer gewählt als 6,0 cm, so steigt die Streckgrenze der Stäbe über die des Materials*), und zwar um so mehr, je größer l ist.

Fig. 58. Einfluss des Längsabstandes l der Nietmitten.



Die Bruchfestigkeit σ_B der durch Nietlöcher geschwächten Stäbe war bei den Proben mit 4 Nieten mit dem Längsabstand $l = 5,0$ cm gleich der Materialfestigkeit σ_b und nahm wieder mit wachsendem l zu. Aus den Stäben mit 7 Nieten

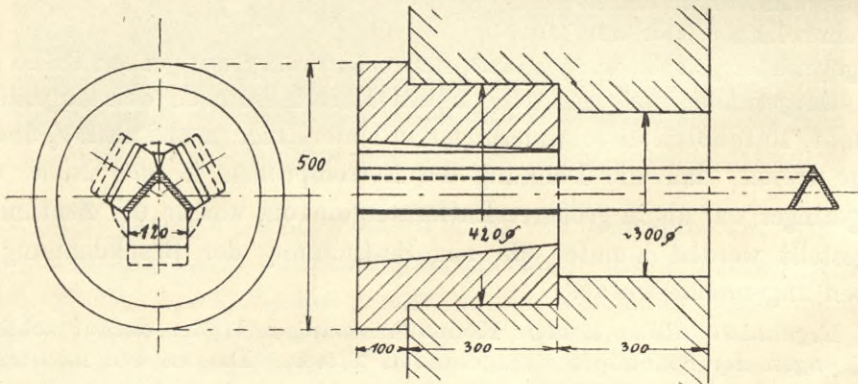


Fig. 59.

und $l = 4,0$ und $5,0$ konnten leider keine Zerreißproben mehr entnommen werden. Bei $l \geq 6,0$ cm war aber die Stabfestigkeit σ_B ebenfalls größer als die Materialfestigkeit σ_b und der Unterschied wuchs auch hier mit zunehmendem Nietabstand.

*) M. Rudeloff, Ein Beitrag zum Studium des Bruchaussehens zerrissener Stäbe, Baumaterialienkunde 1899, Heft 6/7, Seite 85.

II. Winkel.

Die Einspannung der Winkelenden in die Zerreißmaschine erfolgte nach Fig. 59 mit je drei Beilegekeilen in zylindrische Gehäuse derart, daß die Schwerpunktsachse der Winkel mit der Zugachse der Maschine zusammenfiel, Biegungsbeanspruchungen also tunlichst ausgeschlossen waren.

Fig. 60. Bruchverlauf bei den Winkelstäben.
Beginnend bei *a* und fortlaufend bis *d*.

Zu- stand	Stat. Nr.	Wur- zel- maß cm	l cm	Bruchverlauf	Stat. Nr.	Wur- zel- maß cm	l cm	Bruchverlauf
I ohne Dübel	3	4,0			4	4,0		
	7	4,5			8	4,5		
	13	5,0			14	5,0		
	15	5,5			16	5,5		
	43	5,0	6,0		44	5,5	6,0	
	45	6,5			46	6,5		
II mit Dübel	48	5,5			49	5,5		
	50	6,0			51	6,0		
	52	6,5			53	6,5		

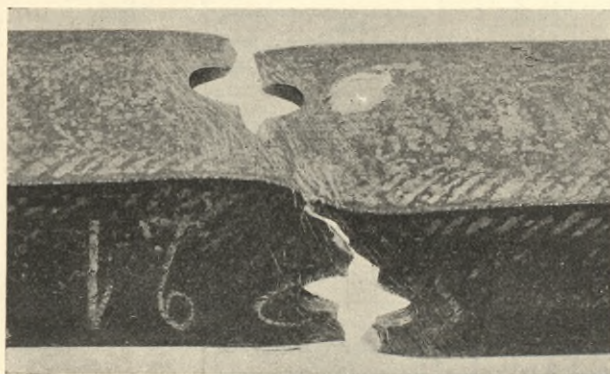
Beobachtet sind bei stufenweiser Laststeigerung die Dehnungen an beiden Schenkelrändern (Meßstrecken *a* und *c*) und am Winkelrücken (Meßstrecke *b*). Die Meßlängen betragen 20 cm. Die in beiden Schenkeln angebrachten Löcher lagen symmetrisch zur Mitte der Meßlängen. Die Messungsergebnisse (s. Tab. 34 und 35) stimmen bei der Mehrzahl der Versuche für die Meßstrecken *a* und *c* an den Schenkelrändern gut überein und waren hier bei den ersten Laststufen etwas größer als für die Meßstrecke *b*

am Winkelrücken; bei höheren Belastungen, nach Überschreitung der Streckgrenze, glichen die Unregelmäßigkeiten in den Dehnungen sich aus. Hiernach erscheint es nicht ausgeschlossen, daß die Beobachtungswerte für die Streckgrenze trotz des Strebens nach zentrischer Beanspruchung doch durch einseitige Beanspruchung etwas ungünstig beeinflußt sind.

Den Verlauf der Brüche zeigen die Darstellungen Fig. 60, in denen die Folge der Buchstaben neben den Bruchstrecken deren Reihenfolge in der Entstehung angibt.

Wie aus Fig. 60 zu ersehen ist, gehen die Brüche bei den Proben ohne Niet und den Längsabständen der Lochmitten $l = 4,0$ bis $5,5$ cm schräge durch beide Nietlöcher (s. a. Lichtbild Fig. 61), bei größeren Lochabständen dagegen senkrecht zur Längsachse, obgleich auch hierbei zunächst beide Schenkel bis zum Loch einrissen.

Fig. 61. Verlauf der Brüche durch beide Nietlöcher.



Materialspannungen sind in Tab. 36 den mittleren Materialfestigkeiten gegenübergestellt, deren Einzelwerte aus Tab. 37 zu ersehen sind. Die zur Ermittlung der Materialeigenschaften verwendeten Zerreißproben waren mit den Winkelstäben zugleich an das Amt eingeliefert; über ihre Entnahme aus den Walzstücken (Winkeln) gibt Tab. 37 Aufschluß.

Aus den der Tab. 36 angefügten Verhältniszahlen für die Streckgrenze σ_s und Bruchfestigkeit σ_B der Winkelstäbe zu den gleichartigen Werten σ_s und σ_b des Materials ergibt sich, daß die Streckgrenze der Winkelstäbe ohne Niet durch den Längsabstand der Lochmitten in den Schenkeln nicht gesetzmäßig beeinflußt ist. Bei den Proben mit dem Wurzelmaß gleich $5,0$ cm ist σ_s teils größer, teils kleiner als σ_s , bei den Proben mit dem Wurzelmaß gleich $5,5$ cm ist dagegen σ_s durchweg um einige Prozente größer als σ_s .

Die Bruchfestigkeit σ_B der Winkelstäbe ohne Niet ist bis zum Längsabstand der Lochmitten $= 5,5$ cm, d. h. solange der Bruch schräge durch beide Löcher ging, geringer als die Materialfestigkeit σ_b ; bei den Längsabständen über $5,5$ cm, bei denen auch der Bruch nur durch ein Loch und im übrigen senkrecht zur Achse des Winkelstabes verlief, ergab sich dagegen σ_B größer als σ_b .

Die Proben mit eingezogenen Niet- und Unterlegscheiben (s. Tab. 36 Fig. b) rissen sämtlich quer durch, indessen zeigen sich auch bei ihnen noch Ansätze zu schrägen Brüchen von Loch zu Loch.

In den Dehnungswerten Tab. 34 tritt kein gesetzmäßiger Einfluß der Nietabstände zutage.

Die nach dem Dehnungsverlauf festgelegten Belastungen für die Streckgrenzen und die erzielten Bruchbelastungen sowie die aus ihnen und den Nettoquerschnitten errechneten

Die Versuche an den Winkelstäben mit eingezogenen Nietern unter Verwendung von Unterlegscheiben stimmen für beide Wurzelmaße (5,0 und 5,5 cm) dahin überein, daß die Streckgrenze sowohl wie die Bruchfestigkeit des Winkelstabes bei dem Längsabstand der Lochmitten gleich 5,5 cm kleiner, bei den größeren Längsabständen dagegen größer sich ergaben als die gleichartigen Werte für das Material. Für die Bruchfestigkeit ist der Unterschied nur gering, dagegen recht beträchtlich für die Streckgrenze. Hierbei ist zu beachten, daß bei Berechnung des Nettoquerschnittes der Winkelstäbe mit eingezogenen Nietern der Querschnitt der Unterlegplatten unberücksichtigt geblieben ist.

IV. Versuche über das Abbiegen von Winkelschenkeln.

Die Versuchsstäbe, je 2 von gleicher Form, bestanden aus 2 stumpfgestoßenen Universaleisen von 1,0 cm Dicke und 39,0 cm Breite, die durch vier kreuzförmig angeordnete

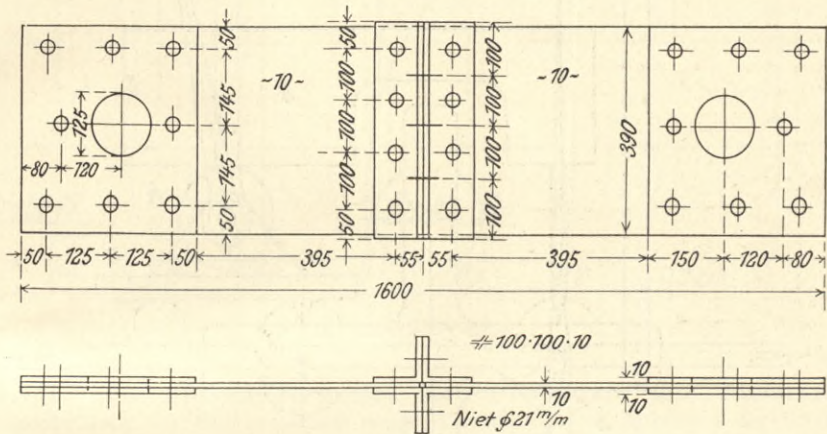


Fig. 62.

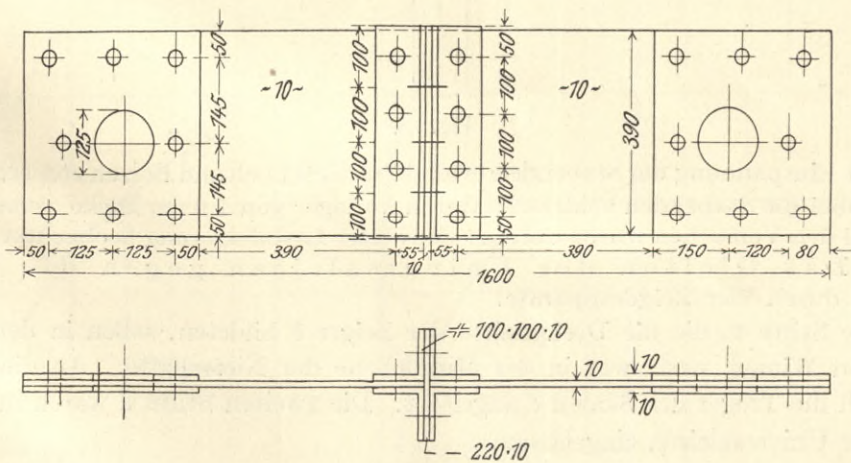


Fig. 63.

Winkleisen NP 10 (100 × 100 × 10 mm) miteinander verbunden waren (s. Fig. 62 und 63).

Die beiden Anordnungen unterschieden sich dadurch, daß bei der einen (Fig. 62) die senkrecht zum Universaleisen stehenden Schenkel der Winkel unmittelbar aufeinander lagen, während bei der zweiten Anordnung (Fig. 63) ein Blechstreifen von 1,0 cm Dicke und 21,0 cm Breite dazwischen lag.

Die Winkel waren mit dem Universaleisen durch vier und untereinander durch drei Niete verbunden. Der Nietdurchmesser betrug 2,1 cm. Bezüglich der Anordnung der Niete im einzelnen sei auf die Fig. 62 und 63 verwiesen.

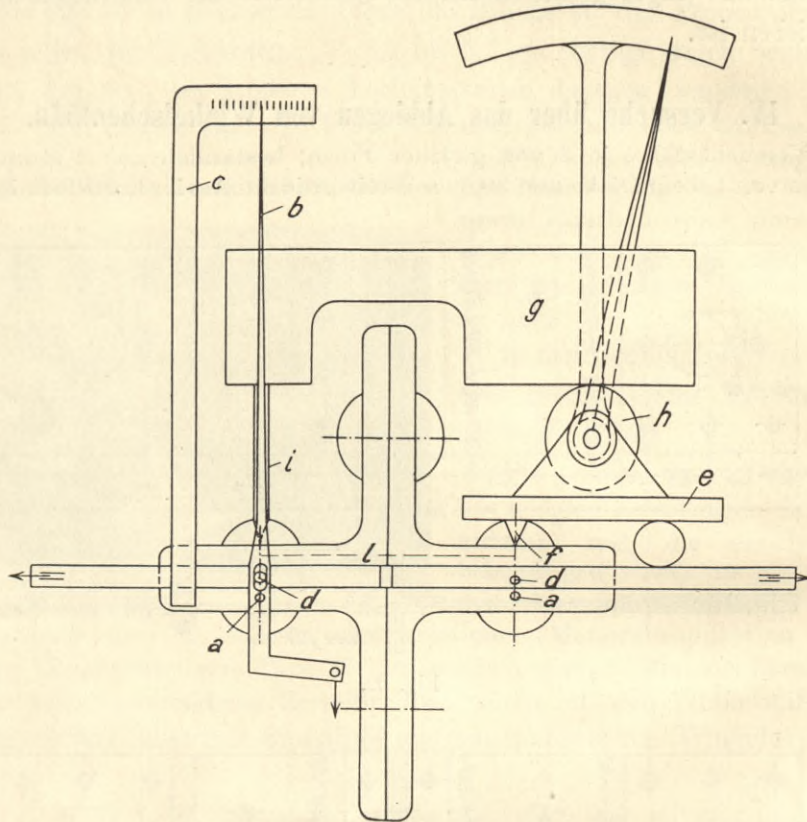


Fig. 64.

Die Einspannung der Stabenden erfolgte mittels Loch und Bolzen von 12,5 cm Durchmesser, wobei die Stabenden beiderseits durch Auflager von 1,0 cm Dicke verstärkt waren.

Bei den Versuchen wurde unter stufenweiser Laststeigerung beobachtet (s. Fig. 64):
1. Das Gleiten der Universaleisen gegen die unteren Winkel durch vier Zeigerapparate.

Die Stifte *a*, die die Drehpunkte der Zeiger *b* bildeten, saßen in den Schenkeln der unteren Winkel, und zwar in der Mittelebene der Nietschäfte. An diese Schenkel waren auch die Träger der Skalen *c* angelötet. Die zweiten Stifte *d* waren in die Seitenflächen der Universaleisen eingelassen.

2. Das Abbiegen der beiden nach oben gerichteten Winkelschenkel mit Hilfe eines Rollenapparates aus der Zunahme der Meßlänge *L*.

Fig. 65. Verlauf der Formänderungen der Proben 17 ohne Blechzwischenlage.
a und *b*: Verschiebung der Universaleisen gegen die Winkel. *c*: Abbiegen der Winkelschenkel.

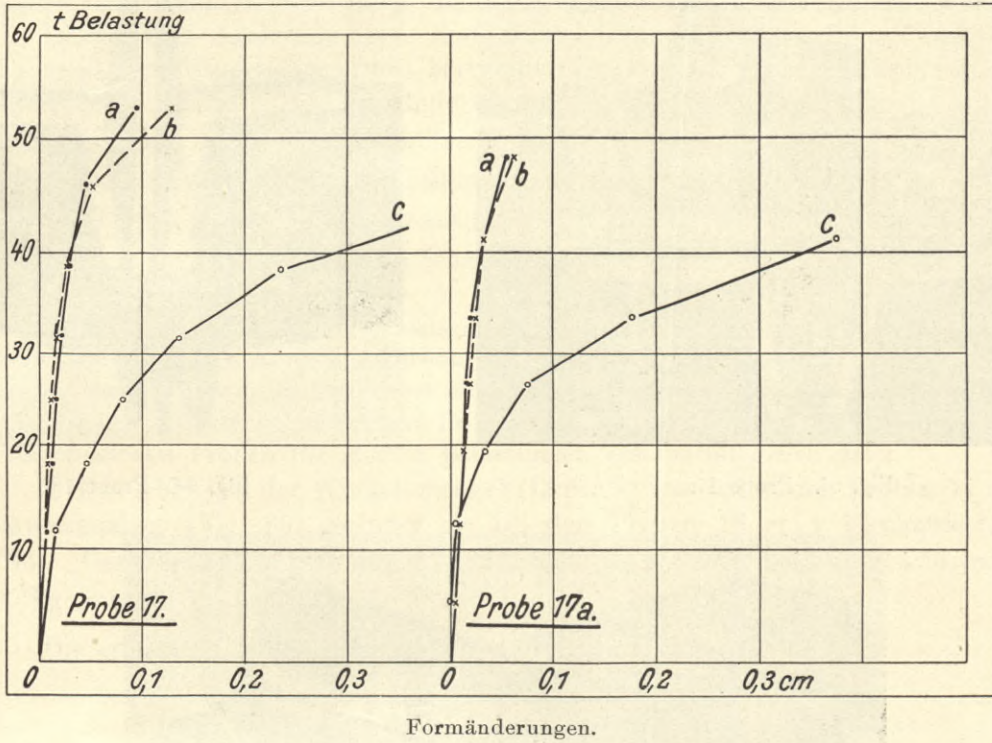
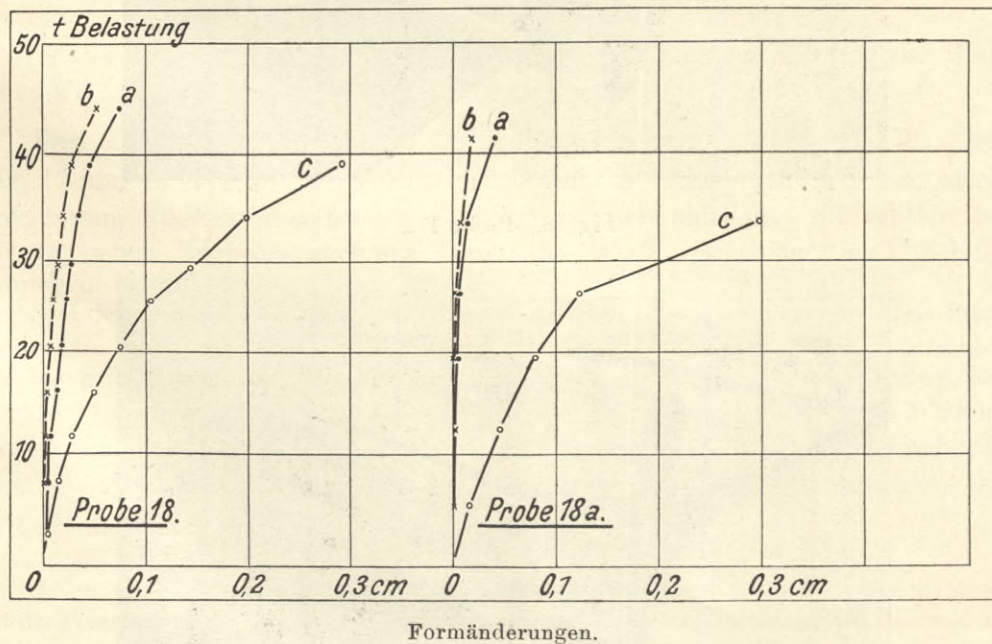


Fig. 66. Verlauf der Formänderungen der Proben 18 mit Blechzwischenlage.
a und *b*: Verschiebung der Universaleisen gegen die Winkel. *c*: Abbiegen der Winkelschenkel.



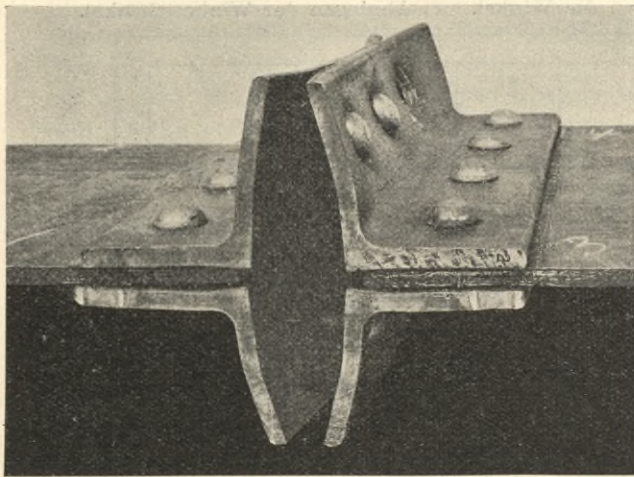


Fig. 67. Probe 17.

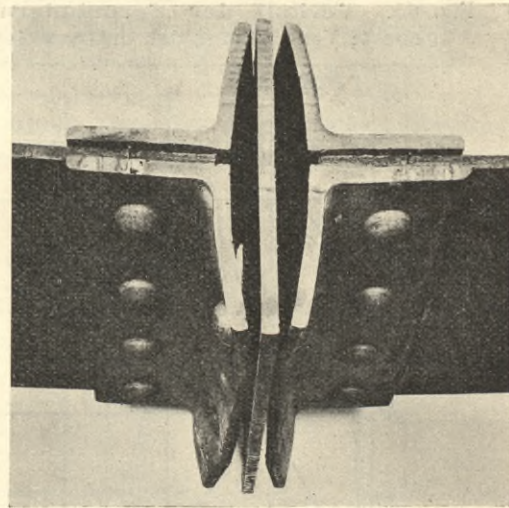


Fig. 69. Probe 18.

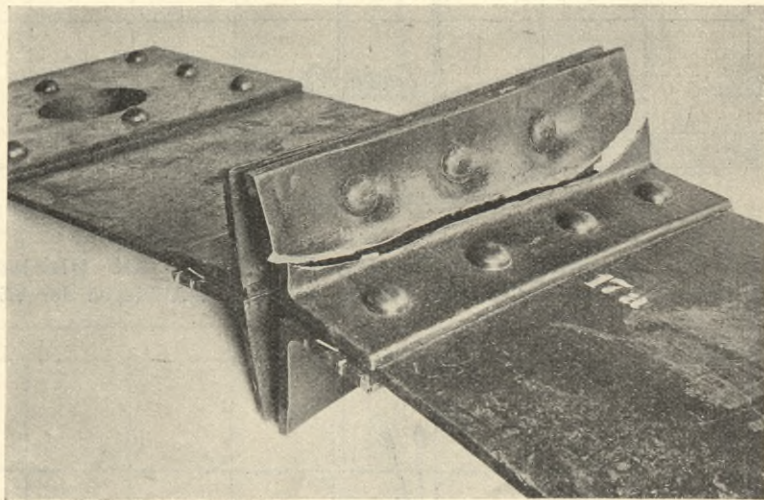


Fig. 68. Probe 17a.

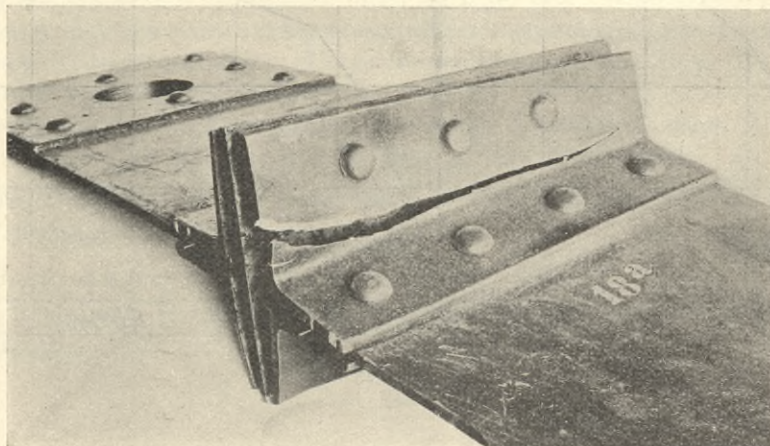


Fig. 70. Probe 18a.

Zu diesem Zweck war die Grundplatte des Rollenträgers e an ihrem einen Ende durch Stützung in der Spitze f mit dem einen Winkel verbunden, und zwar zwischen den beiden mittleren der vier Niete, die den Winkel mit dem Universaleisen verbanden (s. Fig. 62 und 63). An dem anderen Ende war die Grundplatte durch eine Walze gegen das Universaleisen abgestützt. Die Übertragung der aus dem Abbiegen sich ergebenden Änderungen der Länge L auf die Rolle erfolgte durch den belasteten Holzstab g , der sich an dem einen Ende mit der Spitze i auf den wagerechten Schenkel des zweiten Winkels stützte und mit einer behobelten Fläche auf der Rolle h auflag.

Die Beobachtungen sind getrennt für die Proben 17 und 18, ohne und mit Blechzwischenlage, in Fig. 65 und 66 durch Schaulinien dargestellt*). Ihr Verlauf läßt folgendes erkennen:

1. Das Gleiten der Universaleisen zwischen den Winkeln (Linien a und b) war schon bei geringen Belastungen wahrnehmbar; bis zu etwa 40 000 kg Belastung nahm e stetig zu, um von da ab in stärkerem Maße zu wachsen als die Belastung. Im übrigen war das Gleiten sowohl bei derselben Probe für beide Universaleisen, als auch bei den vier verschiedenen Proben für gleiche Belastungen annähernd gleich groß.

2. Das Abbiegen der Winkelschenkel (Linien c) war bei beiden Proben 17 ohne Blechzwischenlage (Fig. 65) geringer als bei den Proben 18 mit Blechzwischenlage (Fig. 66). Ganz besonders tritt dieser Unterschied bei geringen Belastungen bis zu etwa 20 000 kg zutage.

Die erreichten Bruchlasten betragen:

bei den Proben ohne Blechzwischenlage:

$$\left. \begin{array}{l} 17 = 67\,870 \text{ kg} \\ 17a = 58\,310 \text{ kg} \end{array} \right\} \text{ im Mittel} = 63\,090 \text{ kg};$$

bei den Proben mit Blechzwischenlage:

$$\left. \begin{array}{l} 18 = 63\,020 \text{ kg} \\ 18a = 64\,960 \text{ kg} \end{array} \right\} \text{ im Mittel} = 63\,990 \text{ kg}.$$

Hiernach war die Blechzwischenlage auf die Bruchfestigkeit der Proben ohne wesentlichen Einfluß.

Den Zustand der zerstörten Verbindungen zeigen die Fig. 67—70. Bei den Proben 17 und 18 (Fig. 67 und 69) rissen die auf Zug beanspruchten Niete, welche die senkrecht zum Flacheisen stehenden Schenkel zusammenhielten. Sie erlitten bei der Probe 18 neben Zugbeanspruchung durch die Blechzwischenlage auch Schubbeanspruchungen.

Bei den Proben 17 a und 18 a (Fig. 68 und 70), die beide einer zweiten Fertigung entstammten, brach je einer der senkrecht zur Zugrichtung stehenden Schenkel. Der Bruch lag größtenteils am Scheitel der Winkel. Die Materialbeanspruchung war bei der Probe 17 a Biegung und Schub und bei 18 a außerdem Zug durch die Wirkung der Blechzwischenlage. Nach dem Aussehen der Bruchflächen — matt, feinschuppig — scheint die Zerstörung bei beiden Proben durch die Schubbeanspruchung herbeigeführt zu sein.

*) Von Zusammenstellung der Beobachtungswerte in Tabellen ist Abstand genommen, da sie nur den Verlauf der Formänderungen zeigen sollen, nicht aber die Größe der Formänderungen im absoluten Maß.

Tabelle 3.

Vergleich der Gleitbeobachtungen mit Spiegelapparat und Zeigerapparaten.

Be- lastung t	Gleitbewegungen in cm 10^{-4} gemessen mit										Bemerkungen	
	Spiegelapparat		Zeigerapparat									
	gesamt	bleibend	1		2		3		4			
		ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	
Probe Nr.	2											
5	0,3	—	2	0	2	0	0	0	2	0	¹⁾ Beobachtung schreitet bei gleich- bleibender Belastung ständig vor. ²⁾ Die an der- selben Seite des Stoßes beobachteten Werte a, b und c, d stimmen befriedigend überein.	
10	5,7	4,3	4	2	4	2	0	0	4	0		
12	13,3	—	8	—	4	—	2	—	6	—		
13	22,7 ¹⁾	—	10	—	6	—	4	—	8	—		
14	35,3	—	12	—	6	—	34	—	38	—		
15	50,7	49,3	14	12	10	8	50	44	44	38		
18	83,7	—	28	—	20	—	58	—	56	—		
20	100,3	86,7	38	30	26	22	66	54	62	44		
25	156,7	127,0	58	38	40	32	100	76	96	66		
30	256,0	211,0	92	62	64	48	138	106	138	102		
35	378,3	306,7	142	98	104	78	196	160	200	158		
Probe Nr.	3											
2	0	0,3	2	0	0	0	2	2	2	2	¹⁾ Wie bei Probe 2; daher bleibend größer als gesamt; auch bei d. ²⁾ Wie b. Prob.2	
3	0	0,0	2	0	0	—2	2	0	2	2		
4	1,0	0,0	2	0	0	—2	4	2	6	2		
5	0,7	0,7	2	0	0	—2	6	2	8	2		
6	1,0	0,7	2	2	0	—2	6	2	10	4		
7	1,0	1,0	4	2	0	—2	8	2	10	4		
8	1,3	0,7	8	2	0	—2	10	4	12	6		
9	2,0	1,3	10	2	0	—2	10	4	14	6		
10	2,7	1,3	14	2	0	—2	12	6	16	8		
11	4,3	3,3	18	4	0	—2	18	8	20	14		
12	7,0	6,0	22	6	10	0	26	22	30	20		
14	39,0 ¹⁾	50,7	60	58	34	32	92	88	84	96		
20	95,0	88,0	124	92	78	62	180	152	180	152		
Probe Nr.	4 (Schraubenverbindung)											
2	0,3	0	0	0	4	0	6	2	2	0		
4	2,0	0	2	0	6	2	10	4	10	2		
6	4,7	1,0	6	0	10	4	16	4	16	6		
8	10,7	3,7	10	4	16	6	22	2	24	10		
10	23,3	10,7	26	10	30	14	30	2	32	12		
12	41,7	19,7	46	20	46	22	42	4	44	12		
15	70,0	34,0	74	30	74	32	54	10	56	16		
20	123,7	67,7	132	64	130	70	94	22	102	32		
25	233,3	160,0	244	154	222	146	248	160	258	172		

Tabelle 4.
 Vergleich der Gleitbeobachtungen mit Anlegemaßstäben
 und mit Zeigerapparaten.

Probe Nr.	Art der Verbindung	beobachtet mit	Gleitbewegungen in mm bei den folgenden Belastungen in t									
			4	8	12	16	24	32	40	48	56	64
1	Hand-Nietung	Anlegemaßstäben	—	—	—	—	0,5	0,4	0,6	1,4	2,6	5,2
2			—	—	—	0,1	0,2	0,2	0,7	1,5	2,5	5,9
3			—	—	—	0,1	0,2	0,6	0,9	1,8	2,7	5,9
Mittel			—	—	—	0,1	0,3	0,4	0,73	1,57	2,6	5,67
Mittel		Zeigern	0,002	0,009	0,04	0,12	0,22	0,36	0,57	1,42	—	—
5	Luft-hammer-Nietung	Anlegemaßstäben	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6			—	—	—	0,0	0,1	0,3	0,7	1,0	2,6	5,5
7			—	—	—	0,1	0,2	0,5	0,7	1,7	3,0	6,1
Mittel			—	—	—	0,05	0,15	0,4	0,7	1,35	2,8	5,8
Mittel		Zeigern	0,008	0,011	0,03	0,10	0,22	0,33	0,52	1,37	—	—
9	Knie-hebel-Nietung	Anlegemaßstäben	—	—	—	0,2	0,3	0,5	0,8	1,6	2,6	5,7
10			—	—	—	0,0	0,1	0,4	0,7	1,5	2,5	5,6
11			—	—	—	0,0	0,1	0,3	0,7	1,4	2,7	5,9
Mittel			—	—	—	0,07	0,17	0,40	0,73	1,50	2,60	5,77
Mittel		Zeigern	0,004	0,011	0,02	0,03	0,27	0,42	0,71	1,54	—	—
			4	8	—	16	28	32	40	44	48	56
1	Hand-Nietung	Anlegemaßstäben	0	0	—	0,1	0,4	0,5	0,6	0,7	1,1	2,7
2			0	0	—	0,0	0,1	0,3	0,3	0,6	1,0	2,7
3			0	0	—	0,2	0,6	0,6	1,0	1,3	2,0	4,1
Mittel			0	0	—	0,1	0,37	0,47	0,63	0,87	1,37	3,17
Mittel		Zeigern	0	0,008	—	0,12	0,30	0,36	0,56	0,86	1,52	3,24
5	Luft-hammer-Nietung	Anlegemaßstäben	0	0	—	0,0	0,5	0,6	1,1	1,9	2,6	3,8
6			0	0	—	0,0	0,3	0,6	1,0	1,6	2,1	3,8
7			0	0	—	0,1	0,4	0,4	1,0	1,7	2,3	5,2
Mittel			0	0	—	0,03	0,40	0,53	1,03	1,73	2,33	4,27
Mittel		Zeigern	0	0,01	—	0,07	0,39	0,48	0,89	1,72	2,54	4,36
9	Knie-hebel-Nietung	Anlegemaßstäben	0	0	—	0,0	0,1	[0,1]	0,4	0,5	0,6	1,7
10			0	0	—	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0
11			0	0	—	0,0	0,2	0,2	0,6	0,7	0,9	1,9
Mittel			0	0	—	0,0	0,17	0,23	0,53	0,67	0,83	1,87
Mittel		Zeigern	0	0,002	—	0,014	0,15	0,24	0,43	0,50	0,64	2,38

Tabelle 5.

**Durchbiegung der Querschnitte der Lasehe
unter dem Leibungsdruck.**

Probe Nr.	Art der Nietung	Gemessen im Querschnitt (s. Fig. 5)	Gesamtdurchbiegungen in cm 10 ⁻⁴ bei den folgenden Belastungen in t										
			10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
56	Hand	x ∞ x	1,3	1,3	1,3	2,7	5,3	19	33	73	104	121	205
		y ∞ y	4,0	8,0	12	15	15	17	19	37	59	93	224
57	Luft-	x ∞ x	0	1,3	5,3	13	16	25	35	45	79	96	170
		y ∞ y	2,7	6,7	6,7	9,3	12	16	17	23	47	83	212
59	hammer	x ∞ x	1,3	2,7	11	16	29	33	41	48	71	124	222
		y ∞ y	1,3	2,7	6,7	6,7	8,0	11	15	23	47	81	145
60	Knie-	x ∞ x	0	2,7	5,3	—	8,0	25	33	37	56	80	165
		y ∞ y	2,7	6,7	9,3	15	17	17	17	20	27	43	81
62	hebel	x ∞ x	2,7	2,7	4,0	8,0	15	24	40	60	79	98	141
		y ∞ y	4,0	5,3	9,3	11	12	12	12	13	13	65	(136)

Tabelle 6.

Mittelwerte aus den Gleitbeobachtungen mittels Zeigerapparaten.

Angaben zu den Abmessungen der Versuchsstücke:

Versuchsreihe IA und IB: Flacheisen: $10,0 \times 2,4$ cm; Laschen: $10,0 \times 1,4$ cm; 3 Nieten von 2,3 cm Durchm.
 - IIA - IIB: - $10,0 \times 2,4$ - - $10,0 \times 1,4$ - 3 - 2,1 - -
 - IIIA - IIIB: - $10,0 \times 2,0$ - - $10,0 \times 1,2$ - 2 - 2,5 - -
 - IVA - IVB: - $11,0 \times 2,0$ - - $11,0 \times 1,2$ - 2 - 2,7 - -

Ver-suchs-reihe	Art der Nietung	Zustand der Zwischen-flächen	Gesamtbewegungen in $\frac{1}{5000}$ cm bei den folgenden Belastungen in t																			
			2	4	6	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	35	40	
I A	Hand Lufthammer Kniehebel		0	0,5	-	2	-	-	10	-	-	-	-	-	30	-	-	41	-	-	141	
			-	2	[2]	3	[5]	[7]	9	[13]	[17]	[22]	26	[30]	-	[32]	[36]	40	[58]	[75]	[96]	124
			1	1	[2]	3	-	4	-	-	-	-	8	-	-	-	35	-	-	-	-	177
II A	Hand Lufthammer Kniehebel	gebeizt und geölt	0,3	0,8	1,5	2,4	3,4	4	7	10	21	31	35	38	41	44	47	66	100	146	252	
			1	2	3	6	8	10	11	13	16	18	21	24	28	31	38	66	112	171	346	
			0,4	0,9	1,6	2,2	3,0	3,4	3,5	4,4	4,9	5,4	6,8	9,8	19	21	30	85	125	191	343	
III A	Hand Lufthammer Kniehebel	geölt	1	8	21	33	44	50	55	60	66	72	80	86	91	94	93	113	142	300	553	
			1	2	5	10	16	21	27	33	41	47	52	59	64	70	75	105	161	286	451	
			0,3	0,9	1,8	2,4	3,4	3,9	4,3	4,9	5,7	6,8	8,1	14,7	28,4	54	64	88	138	236	435	
IV A	Hand Lufthammer Kniehebel		1	3	6	11	19	24	28	32	36	40	45	49	54	59	66	100	128	153	207	
			1	2	4	6	9	12	15	19	22	27	33	38	43	48	53	82	120	155	233	
			1,5	3,1	3,5	4,4	5,4	5,7	6,6	7,3	8,0	8,9	9,8	10,6	12,3	14,2	31	75	103	135	185	
I B	Hand Lufthammer Kniehebel		-	0	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	139	
			-	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	223
			-	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
II B	Hand Lufthammer Kniehebel	gebeizt, geölt und einmal rot gestrichen	1	1	2	4	6	8	11	17	23	30	38	46	53	59	65	93	137	202	360	
			1	2	3	4	5	6	8	10	11	16	21	25	30	36	41	71	104	164	329	
			0,6	1,4	2,1	2,7	3,5	4,0	4,3	4,8	5,7	6,5	7,4	21	[8]	[27]	62	119	184	271	440	
III B	Hand Lufthammer Kniehebel		1	5	14	25	37	43	48	55	59	65	75	81	88	96	102	125	156	300	-	
			1	3	5	8	14	19	24	30	35	41	48	53	58	63	68	100	145	244	-	-
			1	1,6	2,5	3,4	4,3	4,8	5,0	5,8	6,8	7,8	9,2	11	27	45	49	91	136	242	-	-
IV B	Hand Lufthammer Kniehebel		1	2	5	9	13	16	19	25	29	34	41	46	51	57	62	92	125	158	212	
			1	2	4	6	10	15	18	23	27	33	40	45	51	57	63	99	136	179	228	
			0,7	1,3	2,0	2,9	3,8	4,7	5,0	5,6	6,8	7,5	8,4	9,3	10,3	12,3	22	79	102	135	-	-

Tabelle 7.

Ergebnisse der Zerreißversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe IA; Zwischflächen gebeizt und geölt.

Flacheisen 10,0 × 2,4 cm; Laschen 10,0 × 1,4 cm; 3 Niete von 2,3 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Nietung	Sollquerschnitt		Gesamt-scherfläche der Niete F_3 qcm	Leibungsfläche der Niete im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen		Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch			Art des Bruches			
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen Seite des Stoßes bei P_1 kg	auf der anderen Seite des Stoßes bei P_2 kg		im Stab $P_3 = \frac{P_3}{F_1}$ kg/qcm	in den Laschen $P_3 = \frac{P_3}{F_2}$ kg/qcm	in den Niete auf $\frac{P_3}{F_3}$ Ab-scheren kg/qcm		Leibung $q = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm		
1	Hand-Nietung					16 000	640	16 000	640	74 000	4 000	3 430	2 970	4 470	Bei Probe 1-3, 5, 7 und 10 drei Niete auf der einen Seite des Stoßes abgeschoren; bei Probe 6, 9 und 11 Bruch des Flacheisens im Nietloch 6.
2						16 000	640	16 000	640	72 000	3 900	3 340	2 890	4 350	
3						16 000	640	16 000	640	72 500	3 920	3 360	2 910	4 380	
Mittel						16 000	640	16 000	640	72 830	3 940	3 380	2 920	4 400	
5	Luft-hammer-Nietung	18,48	21,56	24,93	16,56	12 000	480	12 000	480	75 500	4 090	3 500	3 030	4 560	
6						20 000	800	20 000	800	73 000	3 950	3 390	2 930	4 410	
7						16 000	640	16 000	640	73 000	3 950	3 390	2 930	4 410	
Mittel						16 000	640	16 000	640	73 830	4 000	3 430	2 960	4 460	
9	Knie-Hebel-nietung					20 000	800	20 000	800	74 500	4 030	3 460	2 990	4 500	
10						20 000	800	24 000	960	74 500	4 030	3 460	2 990	4 500	
11						24 000	960	24 000	960	73 000	3 950	3 390	2 930	4 410	
Mittel						21 330	850	22 670	910	74 000	4 000	3 440	2 970	4 470	

Tabelle 8.
Ergebnisse der Zerreißversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe IB; Zwischenflächen mit Bürste gereinigt, geölt und einmal rot gestrichen. Flachisen 10,0 × 2,4 cm; Laschen 10,0 × 1,4 cm; 3 Niete von 2,3 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Nietung	Sollquerschnitt		Gesamt-scherfläche der Niete F_3 qcm	Leibungsfläche der Niete im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch				Art des Bruches
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen Seite des Stoßes bei		auf der anderen Seite des Stoßes bei			im Stab $\sigma = \frac{P_3}{F_1}$ kg/qcm	in den La-schen $\sigma = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm	in den Niete auf Leibung		
						P_1 kg	$\tau = \frac{P_1}{F_3}$ kg/qcm	P_2 kg	$\tau = \frac{P_2}{F_3}$ kg/qcm				$\tau = \frac{P_3}{F_3}$ kg/qcm	$\sigma = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm	
1						16 000	640	16 000	640	72 000	3 000	3 340	2 890	4 350	Bei Probe 1, 3 und 5-7 drei Niete auf der einen Seite des Stoßes abgeschoren; bei Probe 2 und 9-11 Bruch des Flachisens im Nietloch 6.
2	Hand-Nietung					8 000	320	28 000	1 120	73 000	3 950	3 390	2 930	4 410	
3						16 000	640	16 000	640	73 500	3 980	3 410	2 950	4 440	
Mittel						13 330	530	20 000	800	72 830	3 940	3 380	2 920	4 400	
5						20 000	800	16 000	640	71 500	3 870	3 320	2 870	4 320	
6	Luft-Hammer-Nietung	18,48	21,56	24,93	16,56	16 000	640	16 000	640	72 500	3 920	3 360	2 910	4 380	
7						16 000	640	16 000	640	70 500	3 810	3 270	2 830	4 260	
Mittel						17 330	690	16 000	640	71 500	3 870	3 320	2 870	4 320	
9						28 000	1 120	28 000	1 120	73 000	3 950	3 390	2 930	4 410	
10	Knie-Hebel-Nietung					24 000	960	24 000	960	74 500	4 030	3 460	2 990	4 500	
11						28 000	1 120	28 000	1 120	73 000	3 950	3 390	2 930	4 410	
Mittel						26 670	1 070	26 670	1 070	73 500	3 980	3 410	2 950	4 440	

Tabelle 9.

Ergebnisse der Zerreißversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe II A. Zwischenflächen gebeizt und geölt.

Flacheisen 10,0 × 2,4 cm; Laschen 10,0 × 1,4 cm; 3 Nieten von 2,1 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Verbindung	Sollquerschnitt		Gesamt-scherfläche der Nieten F_3 qcm	Leibungsfläche der Nieten im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch				Art des Bruches
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen (festeren) Seite des Stoßes bei P_1 kg	$\tau = \frac{P_1}{F_3}$ kg/qcm	auf der andern (schwächer) Seite des Stoßes bei P_2 kg	$\tau = \frac{P_2}{F_3}$ kg/qcm		im Stab $\sigma = \frac{P_3}{F_1}$ kg/qcm	in den Laschen $\sigma = \frac{P_3}{F_2}$ kg/qcm	in den Nieten auf Ab-scheren $\tau = \frac{P_3}{F_3}$ kg/qcm	Leibung $\varrho = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm	
4	Schrauben- verbindung					8 000	380	(5 000)	(240)	60 000	3 160	2 710	2 890	3 970	
1						13 000	630	13 000	630	62 500	3 300	2 830	3 010	4 130	
2	Hand- Nietung					15 000	720	14 000	670	64 500	3 400	2 920	3 100	4 270	
3						13 000	630	11 000	530	64 500	3 400	2 920	3 100	4 270	
Mittel						13 670	660	12 670	610	63 830	3 370	2 890	3 070	4 220	
5						20 000	960	15 000	580	62 500	3 300	2 830	3 010	4 130	
6						13 000	630	6 000	290	65 000	3 430	2 940	3 130	4 300	
7	Luft- hammer- Nietung	18,96	22,12	20,78	15,12	22 000	1 060	14 000	670	63 000	3 320	2 850	3 030	4 170	
8						17 000	820	15 000	720	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200	
Mittel						18 000	870	12 500	565	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200	
9						22 000	1 060	22 000	1 060	65 500	3 450	2 960	3 150	4 330	
10	Knie- hebel- nietung					17 000	820	16 000	770	64 500	3 400	2 920	3 100	4 270	
11						20 000	960	19 000	920	64 500	3 400	2 920	3 100	4 270	
12						21 000	1 010	18 000	870	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200	
Mittel						20 000	960	18 750	905	64 500	3 400	2 920	3 100	4 270	

Bei Probe 1 die Niete 1 u. 2, bei Probe 9 die Niete 3 u. 6 abgeschnoren. (Die Nummern der Niete entsprechen den Nrn. der Meßstellen Fig. 1.) Bei allen anderen Prob. drei Niete bzw. drei Schrauben auf der einen Seite des Stoßes abgeschnoren.

Tabelle 10.

Ergebnisse der ZerreiBversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe II B. Zwischenflächen gebeizt, geölt und einmal rot gestrichen.
Flacheisen $10,0 \times 2,4$ cm; Laschen $10,0 \times 1,4$ cm; 3 Nieten von 2,1 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Verbindung	Sollquerschnitt		Gesamt-Scherfläche der Nieten F_3 qcm	Leibungsfläche der Nieten im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch				Art des Bruches
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen (festeren) Seite des Stoßes bei P_1 kg	auf der andern (schwächeren) Seite des Stoßes bei P_2 kg	$\tau = \frac{P_1}{F_3}$ kg/qcm	$\tau = \frac{P_2}{F_3}$ kg/qcm		im Stab $\sigma = \frac{P_3}{F_1}$ kg/qcm	in den Laschen $\sigma = \frac{P_3}{F_2}$ kg/qcm	in den Nieten auf Ab-scheren $\tau = \frac{P_3}{F_3}$ kg/qcm	Leibung $Q = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm	
13						14 000	670	12 000	580	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200	
14	Hand-nietung					10 000	480	9 000	430	60 000	3 160	2 710	2 890	3 970	
15						12 000	580	8 000	380	62 500	3 300	2 830	3 010	4 130	
Mittel						12 000	580	9 700	470	62 000	3 270	2 800	2 990	4 100	
16						12 000	580	12 000	580	64 000	3 380	2 890	3 080	4 230	
17	Luft-hammer-nietung	18,96	22,12	20,78	15,12	14 000	670	12 000	580	61 000	3 220	2 760	2 940	4 030	
18						12 000	580	10 000	480	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200	
Mittel						12 670	610	11 330	550	62 830	3 320	2 840	3 030	4 150	
19						19 000	920	18 000	870	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200	
20	Knie-hobel-nietung					18 000	870	13 000	630	61 500	3 240	2 780	2 960	4 070	
21						18 000	870	15 000	720	63 000	3 320	2 850	3 030	4 170	
Mittel						18 330	890	15 330	740	62 670	3 300	2 830	3 020	4 150	

Bei Probe 13, 17 u. 21 die Niete 3 u. 4, bei allen anderen Proben alle 3 Niete auf der einen Seite des Stoßes abgesch.; bei Probe 14 außerdem eine Lasche im Nietloch 5 gerissen.

Tabelle 11.

Ergebnisse der Zerreißversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe III A. Zwischenflächen gebeizt und geölt.

Flacheisen $10,0 \times 2,0$ cm; Laschen $10,0 \times 1,2$ cm; 2 Nieten von 2,5 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Verbindung	Sollquerschnitt		Gesamtfläche der Nietfläche F_3 qcm	Leibungsfläche der Niet im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch					Art des Bruches
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen (festeren) Seite des Stoßes bei P_1 kg	auf der andern (schwächeren) Seite des Stoßes bei P_2 kg	im Stab $P_3 = \frac{P_3}{F_1}$ kg/qcm	in den Laschen $P_3 = \frac{P_3}{F_2}$ kg/qcm		in den Nieten auf Abstreichen $\tau = \frac{P_3}{F_3}$ kg/qcm	Leibung $q = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm				
25	Schraubenverbindung					4 000	200	3 000	150	56 500	3 770	3 140	2 880	5 650		
22						4 000	200	3 000	150	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700	Bei Probe 25 die beiden Schrauben, bei 22, 26 u. 27 die beiden Niete zu einer Seite des Stoß. abgeschoren; bei Probe 23 außerdem ein Niet auf der anderen Seite u. bei den Proben 24, 28 u. 30 nur Niet 4 abgeschoren.	
23	Handnietung					4 000	200	3 000	150	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700		
24						4 000	200	3 000	150	58 000	3 870	3 220	2 950	5 800		
Mittel						4 000	200	3 000	150	57 330	3 820	3 180	2 920	5 730		
26						9 000	460	5 000	260	55 500	3 700	3 080	2 830	5 550		
27	Luft-					8 000	410	4 000	200	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700		
28	hammer-	15,00	18,00	19,63	10,00	11 000	560	10 000	510	56 500	3 770	3 140	2 880	5 650		
29	Nietung					12 000	610	10 000	510	55 500	3 700	3 080	2 830	5 550		
Mittel						10 000	510	7 250	370	56 130	3 740	3 120	2 860	5 610		
30						17 000	870	16 000	830	57 500	3 830	3 190	2 930	5 750		
31	Knief-					18 000	920	15 000	760	57 500	3 830	3 190	2 930	5 750		
32	hobel-					17 000	870	15 000	760	59 000	3 930	3 280	3 010	5 900		
33	Nietung					18 000	920	16 000	830	56 000	3 730	3 110	2 850	5 600		
Mittel						17 500	895	15 500	795	57 500	3 830	3 190	2 930	5 750		

Tabelle 12.

Ergebnisse der Zerreißversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe III B. Zwischenflächen gebeizt, geölt und einmal rot gestrichen.
Flacheisen 10,0 × 2,0 cm; Laschen 10,0 × 1,2 cm; 2 Nieten von 2,5 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Ver- bindung	Sollquerschnitt		Ge- samt- scher- fläche der Nieten F_3 qcm	Leibungs- fläche der Nieten im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch				Art des Bruches
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen (festeren) Seite des Stoßes bei		auf der andern (schwächeren) Seite des Stoßes bei			in den Laschen	in den Nieten auf Ab- scheren	in den Nieten auf Leibung	Art des Bruches	
						P_1 kg	$\tau = \frac{P_1}{F_3}$ kg/qcm	P_2 kg	$\tau = \frac{P_2}{F_3}$ kg/qcm						
34						5 000	260	5 000	260	57 500	3 830	3 190	2 930	5 750	
35	Hand- nietung					5 000	260	3 000	150	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700	
36						3 000	150	3 000	150	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700	
Mittel						4 330	220	3 678	185	57 170	3 810	3 170	2 910	5 720	
37						7 000	360	4 000	200	45 000!	3 000	2 500	2 250	4 500	Bei den Proben 34 u. 35 die beiden Niete auf der einen Seite des Stoßes ab- geschoren, bei allen anderen Proben Flacheisen im Niet- loch 4 gerissen.
38	Luft- hammer- Nietung	15,00	18,00	19,63	10,00	9 000	460	8 000	410	45 000!	3 000	2 500	2 250	4 500	
39						9 000	460	8 000	410	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700	
Mittel						8 330	430	6 670	340	49 000	3 270	2 720	2 490	4 900	
40						18 000	920	17 000	870	49 000!	3 270	2 720	2 500	4 900	
41	Knie- hebel- Nietung					15 000	760	13 000	660	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700	
42						17 000	870	15 000	760	57 000	3 800	3 160	2 900	5 700	
Mittel						16 670	850	15 000	760	54 330	3 620	3 010	2 770	5 430	

Tabelle 13.

Ergebnisse der Zerreibversuche mit Nietverbindungen.
 Versuchsreihe IV A. Zwischenflächen gebeizt und geölt.
 Flachisen 11,0 × 2,0 cm; Laschen 11,0 × 1,2 cm; 2 Nieten von 2,7 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Verbindung	Sollquerschnitt		Gesamtfläche der Nietens	Leibungsfläche der Nietens im Stabe F_4	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3	Beanspruchung beim Bruch				Art des Bruches
		des Stabes F_1	der Laschen F_2			qm	qm	qm	qm		kg	kg	kg/qcm	kg/qcm	
46	Schraubenverbindung					4 000	180	5 000	220	66 500	4 010	3 340	2 900	6 160	
43						7 000	310	4 000	180	68 000	4 100	3 410	2 970	6 300	
44	Handnietung					8 000	350	6 000	260	62 500	3 770	3 140	2 730	5 790	
45						8 000	350	4 000	180	67 000	4 040	3 360	2 930	6 200	
Mittel						7 670	340	4 670	210	65 830	3 970	3 300	2 880	6 100	
47	Luft-					10 000	440	10 000	440	66 000	3 980	3 310	2 880	6 110	Bei Probe 47 die beiden Nieten 3 u. 4 abgeschoren; bei allen anderen Prob. Flachisen im Loch 4 gerissen.
48	hammer-	16,60	19,92	22,90	10,80	15 000	660	7 000	310	65 000	3 920	3 260	2 840	6 020	
49	Nietung					8 000	350	8 000	350	66 500	4 010	3 340	2 900	6 160	
Mittel						11 000	480	8 330	370	65 830	3 970	3 300	2 870	6 100	
50						19 000	830	17 000	740	(45 000)	(2 710)	(2 260)	(1 970)	(4 170)	
51	Knie-					18 000	790	16 000	700	69 500	4 190	3 490	3 030	6 440	
52	hebel-					18 000	790	17 000	740	66 000	3 980	3 310	2 880	6 110	
53	Nietung					15 000	660	15 000	660	69 500	4 190	3 490	3 030	6 440	
Mittel						17 500	770	16 250	710	68 330	4 120	3 430	2 980	6 330	

Tabelle 14.

Ergebnisse der Zerreißversuche mit Nietverbindungen.

Versuchsreihe IV B. Zwischenflächen gebeizt, geölt und einmal rot gestrichen. Flachseisen 11,0 × 2,0 cm; Laschen 11,0 × 1,2 cm; 2 Nieten von 2,7 cm Durchmesser ohne Versenk.

Probe Nr.	Art der Verbindung	Sollquerschnitt		Gesamt-Scherfläche der Nieten F_3 qcm	Leibungsfläche der Nieten im Stabe F_4 qcm	Hat zu gleiten begonnen				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Beanspruchung beim Bruch				Art des Bruches
		des Stabes F_1 qcm	der Laschen F_2 qcm			auf der einen (festeren) Seite des Stoßes bei		auf der andern (schwächeren) Seite des Stoßes bei			in den Laschen $\sigma = \frac{P_3}{F_1}$ kg/qcm	in den Nieten auf Abschereisen $\tau = \frac{P_3}{F_3}$ kg/qcm	Leibung $\rho = \frac{P_3}{F_4}$ kg/qcm		
						P_1 kg	$\tau = \frac{P_1}{F_3}$ kg/qcm	P_2 kg	$\tau = \frac{P_2}{F_3}$ kg/qcm						
54						11 000	480	8 000	350	64 500	3 890	3 240	2 820	5 970	
55	Hand-Nietung					10 000	440	6 000	260	67 000	4 040	3 360	2 930	6 200	
56						10 000	440	6 000	260	64 500	3 890	3 240	2 820	5 970	
Mittel						10 330	440	6 670	290	65 330	3 940	3 280	2 860	6 050	
57						13 000	570	6 000	260	66 000	3 980	3 310	2 880	6 110	Bei Probe 55 die beiden Niete 3 u. 4
58	Luft-Hammer-Nietung	16,60	19,92	22,90	10,80	12 000	520	10 000	440	66 000	3 980	3 310	2 880	6 110	abgeschoren; bei allen übrigen Proben
59						10 000	440	8 000	350	67 000	4 040	3 360	2 930	6 200	Flachseisen im Nietloch 4 gerissen.
Mittel						11 670	510	8 000	350	66 330	4 000	3 330	2 900	6 140	
60						22 000	960	21 000	920	69 000	4 160	3 460	3 010	6 390	
61	Knie-Hebel-Nietung					19 000	830	15 000	660	66 000	3 980	3 310	2 880	6 110	
62						19 000	830	19 000	830	65 000	3 920	3 260	2 840	6 020	
Mittel						20 000	870	18 330	800	66 670	4 020	3 340	2 910	6 170	

Table 16.

Einfluß der Abmessungen auf die Festigkeit der Verbindung.
(Abmessungen der Proben s. Tab. 1.)

Mittel für Probe Nr.	Reihe Nr.	Zustand der Zwischenflächen	Art der Nietung	Beginn des Gleitens				Bruch erfolgte bei P_3 kg	Bruchspannungen in kg/qcm				
				festere Verbindung		schwächere Verbindung			Mittel $\frac{\tau_1 + \tau_2}{2}$	Flacheisen $P_3 = \frac{P_3}{F_1}$	Laschen $P_3 = \frac{P_3}{F_2}$	Nieten	
				P_1 kg	$\tau_1 = \frac{P_1}{F_3}$ kg/qcm	P_2 kg	$\tau_2 = \frac{P_2}{F_3}$ kg/qcm					Schub $P_3 = \frac{P_3}{F_3}$	Leibung $\rho = \frac{P_3}{F_4}$
1-3	I A	gebrazt	Hand	16 000	640	16 000	640	640	72 830	3 940	3 380	2 920	4 400
1-3	II A			13 670	660	12 670	610	635	63 830	3 370	2 890	3 070	4 220
22-24	III A			4 000	200	3 000	150	175	57 330	3 820	3 180	2 920	5 730
43-45	IV A			7 670	340	4 670	210	275	65 830	3 970	3 300	2 880	6 100
5-7	I A	gebrazt und geölt	Luft-hammer	16 000	640	16 000	640	640	73 830	4 000	3 430	2 960	4 460
5-8	II A			18 000	870	12 500	565	718	63 500	3 350	2 870	3 060	4 200
26-29	III A			10 000	510	7 250	370	440	56 130	3 740	3 120	2 860	5 610
47-49	IV A			11 000	480	8 330	370	425	65 830	3 970	3 300	2 870	6 100
9-11	I A	geölt	Knie-hebel	22 670	910	21 330	850	880	74 000	4 000	3 440	2 970	4 470
9-12	II A			20 000	960	18 750	905	933	64 500	3 400	2 920	3 100	4 270
30-33	III A			17 500	895	15 500	795	845	57 500	3 830	3 190	2 930	5 750
50-53	IV A			17 500	770	16 250	710	740	68 530	4 120	3 430	2 980	6 330
1-3	I B	gebrazt, geölt	Hand	20 000	800	13 330	530	665	72 830	3 940	3 380	2 920	4 400
13-15	II B			12 000	580	9 700	470	525	62 000	3 270	2 800	2 990	4 100
34-36	III B			4 330	220	3 678	185	203	57 170	3 810	3 170	2 910	5 720
54-56	IV B			10 330	440	6 670	290	365	65 330	3 940	3 280	2 860	6 050
5-7	I B	gebrazt und einmal rot gestrichen	Luft-hammer	17 330	690	16 000	640	665	71 500	3 870	3 320	2 870	4 320
16-18	II B			12 670	610	11 330	550	580	62 830	3 320	2 840	3 030	4 150
37-39	III B			8 330	430	6 670	340	385	49 000	(3 270)	2 720	2 490	4 900
57-59	IV B			11 670	510	8 000	350	430	16 330	4 000	3 330	2 900	6 140
9-11	I B	gestrichen	Knie-hebel	26 670	1 070	16 000	640	855	73 500	3 980	3 410	2 950	4 440
19-21	II B			18 330	890	15 330	740	815	62 670	3 300	2 830	3 020	4 150
40-42	III B			16 670	850	15 000	760	805	54 330	3 620	3 010	2 770	5 430
60-62	IV B			20 000	870	18 330	800	835	66 670	4 020	3 340	2 910	6 170
4	II	gebrazt und geölt	Schrauben-verbinding	8 000	380	(5 000)	(240)	[380]	60 000	3 160	2 710	2 890	3 970
25	III			4 000	200	3 000	150	175	56 500	3 770	3 140	2 880	5 650
46	IV			5 000	220	4 000	180	200	66 500	4 010	3 340	2 900	6 160

Tabelle 17.

Längen der Nietlöcher in der Krafrichtung bei
 Probe 1 mit Dreiecksanschluß nach dem Zerreißen
 durch Abscheren der Niete (Versuch 1).

Loch Nr. s. Fig. 22	Niet- reihe	Längen der Nietlöcher in mm in		
		dem Universal- eisen	Laschen	
			obere	untere
1	I	25,3	23,2	22,8
2		24,2	26,1	24,1
3		24,0	25,3	24,8
4		24,8	25,2	24,4
5		24,5	23,9	23,3
Mittel		24,6	24,7	23,9
6	II	25,3	23,6	23,1
7		24,0	23,7	23,1
8		24,4	24,4	23,4
9		25,0	24,2	23,2
Mittel		24,7	24,0	23,2
10	III	26,7	23,0	23,0
11		25,4	23,3	23,0
12		26,2	23,2	23,2
Mittel		26,1	23,2	23,1
13	IV	28,3	23,1	22,6
14		28,1	22,4	22,7
Mittel		28,2	22,8	22,7
15	V	30,7	22,6	22,7

Tabelle 18.

Beobachtungen des Gleitens an den Proben mit rautenförmigem Nietbild.

Probe Nr.	Be- lastungen kg	Beobachtungen an den Zeigerapparaten								Gleit- bewegungen in $\text{cm} \cdot 10^{-4}$, beobachtet mit Spiegel- apparat am linken Anschluß		Beobachtungen mit den Tasterbolzen
		linker Anschluß				rechter Anschluß						
		Gleitbewegungen in $\text{cm} \cdot 10^{-4}$ bei										
		a		b		c		d				
ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	
3	12 710	6	—	0	—	0	—	0	—	—	—	¹⁾ Beginn des Klemmens in Loch I, II und III, linker Anschluß. ²⁾ Desgl. in Loch IV, rechter Anschl.
	25 420	6	—	0	—	0	—	0	—	—	—	
	38 760	6	—	6	—	0	—	0	—	—	—	
	52 970	6	—	6	—	0	—	0	—	—	—	
	59 650	12	—	6	—	6	—	0	—	—	—	
	66 330 ¹⁾	44	44	31	38	6	0	6	6	—	—	
	80 350	88	—	69	—	6	—	6	—	—	—	
	87 380 ²⁾	113	81	100	106	44	63	88	100	—	—	
	94 400	150	—	119	—	88	—	113	—	—	—	
	108 440	181	—	156	—	113	—	138	—	—	—	
	122 490	213	—	169	—	138	—	163	—	—	—	
136 540	250	—	200	—	163	—	181	—	—	—		
150 340	319	263	288	226	232	163	232	181	—	—		
3a	14 785	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	¹⁾ Beginn des Klemmens in Loch I, II linker Anschl. und in Loch IV, rechter Anschluß. ²⁾ Desgl. bei Loch III, linker Anschl.
	29 570	2	0	0	0	4	0	0	0	9	7	
	36 240 ¹⁾	2	—4	0	0	6	4	0	0	14	13	
	42 910 ²⁾	0	—4	0	0	6	4	2	0	16	16	
	57 120	2	—4	2	0	8	0	6	2	23	22	
	70 480	12	8	6	4	8	6	8	4	37	40	
	84 500	42	52	40	52	24	52	24	62	80	112	
	98 550	100	—	128	—	88	—	124	—	—	—	
	112 590	126	—	152	—	102	—	154	—	—	—	
	140 690	234	—	182	—	130	—	206	—	—	—	
168 260	212	—	214	—	158	—	282	—	—	—		
209 590	330	—	346	—	262	—	430	—	—	—		
3b	22 180	0	—	0	—	0	—	0	—	1	0	¹⁾ Beginn des Klemmens in allen vier Löchern.
	29 570	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	
	42 910	0	0	2	0	2	0	4	2	1	1	
	57 120	2	0	4	2	4	2	8	4	2	2	
	70 480	6	4	8	4	8	8	12	8	5	4	
	77 490 ¹⁾	12	8	14	10	24	20	20	16	10	11	
	84 500	38	36	38	36	86	82	86	78	20	60	
	91 530	82	84	80	74	96	92	100	88	87	117	
	105 570	130	118	98	90	118	108	116	98	—	—	
	140 690	188	160	126	104	152	126	156	114	—	—	
	168 260	240	—	164	—	194	—	202	—	—	—	
195 810	320	—	234	—	272	—	282	—	—	—		
209 590	420	320	314	250	386	332	422	322	—	—		

Tabelle 19.

Längen der Nietlöcher in der Krafrichtung bei Probe 3 mit raufenförmigem Anschluß nach dem Bruch. (Versuch 2.)

Loch Nr. s. Fig. 28	Niet- reihe	Längen der Nietlöcher in mm in		
		dem Universal- eisen	den Laschen	
			obere	untere
1	I	25,9	23,4	22,8
2		25,9	23,7	22,8
3		26,0	23,1	22,8
4		25,9	22,8	22,7
5		26,9	23,1	22,7
Mittel		26,1	23,2	22,8
6	II	23,2	23,0	22,7
7		23,3	23,2	22,6
8		23,4	22,9	22,8
9		23,4	22,9	23,0
10		23,7	22,3	22,7
Mittel		23,4	22,9	22,8
11	III	23,3	25,4	23,5
12		22,8	25,6	—
13		23,2	25,5	24,0
14		22,9	25,4	24,5
15		23,4	25,7	24,1
Mittel		23,1	25,5	[24,0]

Tabelle 20.

Längen der Nietlöcher in der Krafrichtung bei Probe 2 mit rechteckigem Anschluß nach dem Bruch. (Versuch 3.)

Loch Nr. s. Fig. 30	Niet- reihe	Längen der Nietlöcher in mm in		
		dem Universal- eisen	den Laschen	
			obere	untere
1	I	21,4	20,9	21,5
2		21,2	21,0	21,7
3		20,7	20,8	21,1
4		21,0	20,8	21,0
5		21,3	20,6	21,0
Mittel		21,1	20,8	21,3
6	II	22,1	20,9	21,0
7		21,4	20,7	20,5
8		21,3	20,8	20,8
9		21,4	20,6	20,7
10		21,2	20,7	20,8
Mittel		21,5	20,7	20,8
11	III	23,8	21,0	21,0
12		23,2	20,7	20,7
13		23,5	20,5	20,6
14		23,5	20,8	20,8
15		23,4	20,7	20,4
Mittel		23,5	20,7	20,7

Tabelle 21.

Beobachtungen des Gleitens an den Proben 1a und 1b
mit Dreiecks-Anschluß.

Probe Nr.	Be- lastungen kg	Beobachtungen an den Zeigerapparaten								Gleit- bewegungen in $\text{cm} \cdot 10^{-4}$, beobachtet mit Spiegel- apparat am linken Anschluß		Beobachtungen mit dem Tastbolzen
		linker Anschluß				rechter Anschluß						
		Gleitbewegungen in $\text{cm} \cdot 10^{-4}$ bei										
		a		b		c		d				
		ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	
1a	6 360	0	—	0	—	0	—	0	—	—	—	¹⁾ Beginn des Klemmens in Loch III, rechter Anschl. ²⁾ Desgl. in Loch II, linker Anschluß; nach dem Entlasten und Wiederanheben der Belastung auch Klemmen in den Löchern IV und V im rechten, sowie I im linken Anschl.
	12 710	2	—	0	—	0	—	2	—	0	—	
	19 070	4	—	—6	—	2	—	4	—	1	—	
	25 420	10	4	—6	—6	2	0	12	4	4	4	
	32 090	16	—	—6	—	2	—	18	—	6	—	
	38 760	18	—	—4	—	8	—	26	—	11	—	
	45 870 ¹⁾	34	—	—2	—	4	—	38	—	16	—	
	52 970 ²⁾	50	28	0	—10	4	0	54	34	23	5	
	59 650	82	54	0	—8	8	—2	80	56	35	40	
	66 330	116	—	2	—	8	—	118	—	50	—	
	72 340	144	—	8	—	28	—	146	—	66	—	
80 350	202	—	44	—	52	—	182	—	—	—		
94 400	266	—	88	—	98	—	218	—	—	—		
1b	7 390	2	0	4	—	0	—	2	—	3	0	¹⁾ Klemmen in Loch II, linker An- schluß. ²⁾ Desgl. in Loch IV und III, rechter Anschluß. ³⁾ Desgl. in Loch I, linker Anschluß. ⁴⁾ Desgl. in Loch V, rechter Anschl.
	14 790	2	0	8	2	4	0	4	0	4	0	
	22 180	4	0	8	2	4	0	12	0	5	0	
	29 570 ¹⁾	6	0	12	0	6	0	16	0	4	0	
	35 740	8	0	16	—2	8	2	18	0	5	0	
	42 910	10	0	20	—4	12	0	20	0	6	2	
	50 020 ²⁾	12	0	22	—6	18	0	26	0	7	2	
	57 120 ²⁾	16	0	24	—8	20	—2	34	2	7	2	
	63 800 ⁴⁾	18	0	28	—8	22	0	44	12	7	2	
	70 480	24	0	42	2	26	0	74	60	10	5	
	77 490	30	22	62	8	36	10	146	104	16	11	
	84 500	44	—	126	—	152	—	340	—	35	—	
112 590	124	—	204	—	254	—	480	—	97	—		
140 690	178	—	270	—	368	—	596	—	148	—		

Tabelle 22.

Längen der Nietlöcher in der Krafrichtung bei
 Probe 1a mit Dreiecks-Anschluß nach dem Bruch.

(Versuch 4.)

Loch Nr. s. Fig. 22	Niet- reihe	Längen der Nietlöcher in mm in		
		dem Universal- eisen	den Laschen	
			obere	untere
1	I	24,9	24,2	25,5
2		23,2	26,1	—
3		23,2	27,5	—
4		22,6	27,3	—
5		24,1	24,8	—
Mittel		23,6	26,0	(25,5)
6	II	25,0	23,0	(32,8) ²⁾
7		23,1	24,4	23,7
8		23,4	25,2	23,9
9		24,7	26,1	23,4
Mittel		24,1	24,7	23,7
10	III	25,3	23,3	22,9
11		23,7	22,8	22,0
12		25,0	24,2	22,1
Mittel		24,7	23,4	22,3
13	IV	27,4	22,5	22,3
14		26,4	22,9	22,5
Mittel		26,9	22,7	22,4
15	V	30,0	22,8	22,6

¹⁾ Bruch durch die Nietlöcher (s. Fig. 33), daher nicht zu messen.

²⁾ Anscheinend beim Bruch nachgestreckt (s. Fig. 33).

Tabelle 23.

**Beobachtungen des Gleitens an den Proben 2a und 2b
mit rechteckigem Anschluß.**

Probe Nr.	Be- lastungen kg	Beobachtungen an den Zeigerapparaten								Gleit- bewegungen in $\text{cm} \cdot 10^{-4}$, beobachtet mit Spiegel- apparat am linken Anschluß		Beobachtungen mit dem Tastbolzen
		linker Anschluß				rechter Anschluß						
		Gleitbewegungen in $\text{cm} \cdot 10^{-4}$ bei										
		a		b		c		d				
		ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	ge- samt	blei- bend	
2a	14 790	2	—	0	—	0	—	0	—	2	—	¹⁾ Bei 50 000 kg Beginn des Klem- mens in Loch III und IV. ²⁾ Bei 63 800 kg desgl. in Loch V. ³⁾ Bei 70 480 kg desgl. in Loch II. ⁴⁾ Bei 77 490 kg desgl. in Loch I.
	29 570	4	—	0	—	4	—	0	—	3	—	
	42 910	4	—	4	—	20	—	0	—	8	—	
	57 120 ¹⁾	8	—	4	—	72	—	—20	—	40	—	
	70 480 ²⁾	10	8	6	6	124	98	—18	—18	78	80	
	77 490 ³⁾	18	—	6	—	140	—	—16	—	80	—	
	84 500	88	—	8	—	156	—	—6	—	80	—	
	91 530	128	114	8	10	162	116	20	32	81	79	
	98 550	144	—	16	—	180	—	60	—	82	—	
	112 590	170	—	44	—	206	—	96	—	82	—	
	126 640	208	—	82	—	248	—	120	—	81	—	
140 690	234	—	114	—	308	—	148	—	80	—		
154 490	294	212	166	130	410	276	194	136	87	94		
2b	14 790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	¹⁾ Beginn des Klemmens in Loch II und V. ²⁾ Desgl. in Loch III. ³⁾ Desgl. in Loch IV. ⁴⁾ Desgl. in Loch I.
	29 570	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	
	42 910	0	0	6	6	2	2	2	2	1	3	
	50 020	0	0	8	8	2	2	4	2	2	3	
	57 120 ¹⁾	0	0	10	8	4	4	2	2	4	7	
	63 800 ²⁾	0	0	12	12	4	4	4	4	8	12	
	70 480 ³⁾	0	0	14	14	4	4	6	6	14	20	
	77 490 ⁴⁾	2	2	18	22	8	16	6	6	29	—	
	84 500	176	—	328	—	164	—	156	—	272	—	
	98 550	226	—	366	—	190	—	192	—	—	—	
	112 590	300	—	452	—	244	—	284	—	—	—	
126 640	410	—	618	—	364	—	508	—	—	—		
140 690	500	482	782	678	494	452	766	688	—	—		

Tabelle 24.

Zugversuche mit Anschlüssen durch größere Nietbilder.

Anzahl der Nieten: $A = 15$; Breite des Stabes (Universaleisens) und der Laschen: $b = 50$ cm; Dicke des Stabes: $a = 2,4$ cm; Dicke der Laschen: $a_1 = 1,5$ cm.

Zustand: Nietlöcher ohne Versenk, Zwischenflächen gebeizt, geölt und einmal mit Mennige gestrichen.

Versuch Nr.	Zeichen der Probe	Art des Anschlusses	Abmessungen in cm und qcm						Beginn des Gleitens						Bruch						Art des Bruches						
			der Nieten		des Stabes		der Laschen		Gesamt- belastung P kg	Spannungen kg/qcm				Gesamt- belastung P_B kg	Spannungen kg/qcm												
			Durch- messer d	doppelter Gesamt- querschn. (Scher- fläche) f	Netto- Quer- schnitt ¹⁾ F	Loch- leibungs- fläche ²⁾ f_1	Netto- Quer- schnitt F_1	Loch- leibungs- fläche ⁵⁾ f_2		in den Nieten Schub $\tau = P/f$	im Stab		in den Laschen		in den Nieten Schub $\tau = P_B/f$	im Stab		in den Laschen									
											Zug P/F	Leibungs- druck P/f_1	Zug P/F_1			Leibungs- druck P/f_2	Zug $\sigma_1 = P_B/F$	Leibungs- druck P_B/f_1	Zug $\sigma_2 = P_B/F_1$	Leibungs- druck P_B/f_2							
1	1	Dreieck (s. Fig. 22)	2,3	124,6	114,5	82,8	115,5 ³⁾	103,5	—	—	—	—	—	—	355 000	2 850	3 100	4 290	3 070	3 430	Niete abgeschoren						
4	1a								45 870	370	400	550	400	440	347 860	2 790	3 040	4 200	3 010	3 360	Niete abgeschoren und Bruch einer Lasche						
5	1b								73 340	590	640	880	630	710	63 800	510	560	770	550	620		354 850	2 850	3 100	4 280	3 070	3 430
Mittel	—								77 490	620	680	930	670	750	65 130	523	570	783	563	630		352 570	2 830	3 060	4 250	3 050	3 410
3	2	Rechteck (s. Fig. 23)	2,1	104,0	94,8	75,6	118,5 ³⁾	94,5	53 000	510	560	700	450	560	314 700	3 030	3 320	4 160	2 660	3 330	Niete abgeschoren						
6	2a								50 000	480	530	660	420	530	312 900	3 010	3 300	4 140	2 640	3 310							
7	2b								77 500	750	820	1 030	650	820	307 000	2 950	3 230	4 060	2 590	3 250							
Mittel	—								77 500	750	820	1 030	650	820	64 500	620	680	860	540	680		310 870	3 000	3 280	4 120	2 630	3 300
2	3	Raute (s. Fig. 24)	2,3	124,6	114,5	82,8	143,7 ⁴⁾	103,5	66 330	530	580	800	460	640	346 440	2 780	3 030	4 180	2 410	3 350	Niete abgeschoren und Bruch einer Lasche						
8	3a								87 380	700	760	1 060	610	840	70 480	570	620	850	490	680		381 870	3 060	3 340	4 600	2 660	3 690
9	3b								70 480	570	620	850	490	680	367 650	2 950	3 210	4 430	2 560	3 550	Niete abgeschoren						
Mittel	—								73 670	593	645	888	513	710	365 320	2 930	3 190	4 400	2 540	3 530		—					

1) $F = (b - d) \cdot a = (\text{Stabbreite} - \text{Nietdurchmesser}) \times \text{Stabdicke}$ bei den Stäben 1 und 3; $F = (b - 5d) \cdot a$ bei den Stäben 2.2) $f_1 = A \cdot a \cdot d = \text{Anzahl der Nieten} \times \text{Stabdicke} \times \text{Nietdurchmesser}$.3) $F_1 = 2(b - 5d) \cdot a_1 = 2 \times (\text{Laschenbreite} - 5 \text{ Nietdurchmesser}) \times \text{Laschendicke}$.4) $F_1 = 2(b - d) \cdot a_1 = 2 \times (\text{Laschenbreite} - \text{Nietdurchmesser}) \times \text{Laschendicke}$.5) $f_2 = A \cdot 2 \cdot a_1 \cdot d = \text{Anzahl der Nieten} \times 2 \times \text{Laschendicke} \times \text{Nietdurchmesser}$.

Tabelle 25.

Zugversuche mit Proben aus dem Material der Stäbe 1, 2 und 3 (s. Tabelle 24).

Probe Nr.	Material-Probe		Abmessungen in cm				Spannungen kg/qcm			Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der Endmarke cm	Dehnung δ in % bezogen auf die Länge			Querschnittsverminderung g %	Bruchaussehen
	Zeichen	entnommen aus Stab	Dicke a	Breite b	Querschnitt f	Länge der Teilung l	Streckgrenze σ_S	Bruchgrenze σ_B	Verhältnis $\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$		$l = 5,65\sqrt{f}$ = 14 cm je 7 cm	$l = 11,3\sqrt{f}$ = 28 cm je 14 cm	von der Bruchstelle		
1	P. E. 4	längs an den Enden	2,35	2,51	5,90	28	2 030	3 360	60	12	41,6	33,2	70	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Probe 4 mit feinkörnigen, glänzenden Einlagerungen parallel zu den Breitseiten.	
2			2,36	2,52	5,95		1 930	3 330	58	13	44,1	34,4	72		
Mittel			—	—	—		1 980	3 350	59	—	42,9	33,8	71		
3	P. M. 4	längs in d. Mitte	2,38	2,50	5,95	28	2 020	3 360	60	9	42,0	34,5	73	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Probe 4 mit feinkörnigen, glänzenden Einlagerungen parallel zu den Breitseiten.	
4			2,43	2,51	6,10		2 010	3 720	54	6	29,4	24,0	43		
5	B. E.	längs an den Enden	2,42	2,50	6,05	28	2 000	3 580	56	7	38,3	31,4	60	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Stab 6 zum Teil feinkörnig glänzend, Stäbe 6 und 7 mit glänzenden Einlagerungen.	
6			2,43	2,51	6,10		2 170	3 700	59	13	24,4	21,6	34		
Mittel			—	—	—		2 090	3 640	58	—	31,4	26,5	47		
7	B. M.	längs in d. Mitte	2,43	2,54	6,17	28	1 990	3 610	55	13	34,1	28,5	51	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Stab 6 zum Teil feinkörnig glänzend, Stäbe 6 und 7 mit glänzenden Einlagerungen.	
8			2,41	2,48	5,98		1 940	3 740	52	2	28,2	24,1	48		
9	C. E. M.	längs an den Enden	2,44	2,49	6,08	28	2 340	4 090	57	7	22,9	18,4	34	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Stäbe 9, 13 und 15 mit glänzenden Einlagerungen.	
10			2,41	2,49	6,00		2 130	3 650	58	3	38,0	29,6	66		
Mittel			—	—	—		2 240	3 870	58	—	30,5	24,0	50		
11	C. E. S.	längs an den Enden	2,41	2,52	6,07	28	2 110	3 560	59	12	42,4	33,5	69	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Stäbe 9, 13 und 15 mit glänzenden Einlagerungen.	
12			2,43	2,48	6,03		2 009	3 630	58	6	39,2	31,5	70		
Mittel			—	—	—		2 060	3 600	59	—	40,8	32,5	70		
13	C. M. M.	längs Achse	2,44	2,50	6,10	28	2 160	4 020	54	13	29,8	24,6	41	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Stäbe 9, 13 und 15 mit glänzenden Einlagerungen.	
14			2,43	2,50	6,08		2 020	3 580	56	13	41,2	32,6	67		
15			2,43	2,52	6,12		2 190	3 970	55	11	26,4	22,9	35		

Tabelle 26. Zugversuche mit den durch eingezogene Niete geschwächten Flacheisen.

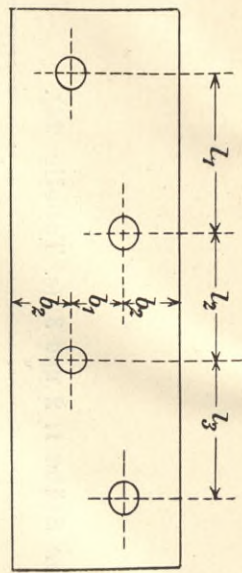


Fig. a. Form A mit 4 Nieten.

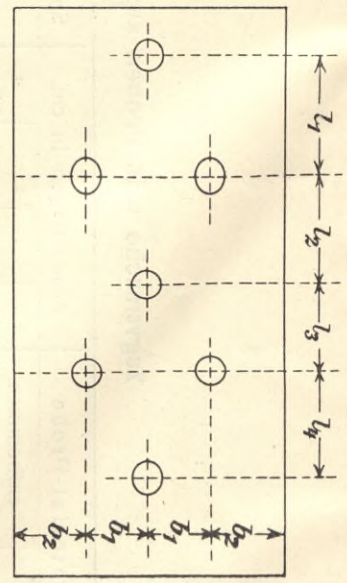


Fig. b. Form B mit 7 Nieten.

Form (s. Fig.)	Stab Nr.	Anzahl der Niete	Abmessungen				Belastungen in kg		Spannungen kg/qcm									
			Abstand der Nietlöcher in cm		Querschnitte in qcm	Streckgrenze		Bruch P_B	Streckgrenzen		Beim Bruch							
			quer von einander b_1	vom Rande b_2		längs von einander l_1 bis l_4	kleinster f		voller F	geschwächter Stabteil P_S	Stabteil ohne Löcher P_S	Einzelwerte	Mittel	Einzelwerte	Mittel	Einzelwerte	Mittel	
A (Fig. a)	1	4	4,4	4,5	5,0	26,6	32,16	52 970	—	102 820	1 990	2 340	—	3 220	3 870	3 955		
	63							71 500	103 060	107 410	2 690	2 340	3 220	4 040	—	4 040	—	—
	47							62 630	87 740	107 060	2 350	2 350	2 730	4 020	—	4 020	—	—
	47a							62 630	88 210	108 280	2 350	2 350	2 740	4 070	—	4 070	—	—
	5							66 330	—	(93 700) ¹⁾	2 490	2 440	—	(3 520) ¹⁾	—	3 725	—	—
	9							74 730	91 580	106 320	2 810	2 440	2 850	4 000	—	4 000	—	—
	9a							53 580	71 500	91 860	2 010	2 440	2 220	3 450	—	3 450	—	—
	10							72 000	93 000	109 830	2 710	2 710	2 890	4 130	—	4 130	—	—
	39							77 750	91 560	117 000	2 920	2 920	2 850	4 400	—	4 400	—	—
	40							77 750	84 660	117 780	2 920	2 920	2 630	4 430	—	4 430	—	—
B (Fig. b)	2	7	6,6	4,5	4,0	39,36	50,40	107 040	—	151 720	2 540	2 540	—	—	3 600	3 600		
	6							104 000	—	—	2 460	2 540	—	—	—	—	—	
	11							109 830	137 930	175 150	2 600	2 530	2 590	4 150	—	4 150	—	—
	12							116 860	144 730	182 720	2 770	2 760	2 720	4 330	—	4 330	—	—
	12 ¹⁾							116 070	143 470	191 320	2 750	2 760	2 690	4 530	—	4 530	—	—
	12a							116 070	152 460	189 260	2 750	2 760	2 860	4 480	—	4 480	—	—
	41							119 470	140 640	192 960	2 830	2 430	2 640	4 570	—	4 570	—	—
	41 ¹⁾							98 630	124 700	167 660	2 340	2 430	2 340	3 970	—	3 970	—	—
	41a							89 600	105 400	149 620	2 120	2 830	1 980	3 550	—	3 550	—	—
	42							119 470	133 550	193 520	2 830	2 830	2 510	4 590	—	4 590	—	—

¹⁾ Stab im Kopf gerissen.

Tabelle 27. Längenänderungen zwischen zwei Nieten.

I. In der Richtung der Zugbeanspruchung; Mefsstrecke I Fig. 48.

Abstand l der Nietmitten: $l_{63} = 5,0$ cm; $l_{47} = 5,5$ cm; $l_{9a} = 6,0$ cm.

Be- lastung kg	Längenänderungen in % · 10 ⁻⁴ auf 2,5 cm Meßlänge												
	Stab Nr. 63				Stab Nr. 47				Stab Nr. 9a				
	bei Belastungsreihe				bei Belastungsreihe				bei Belastungsreihe				
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e
2 430	0	-53	-85	-176	0	-64	-128	304	0	-53	-139	-203	+453
7 130	-5	-32	—	+48	32	-32	—	336	-43	-65	-139	—	426
11 830	+37	+16	—	—	69	+21	—	—	-27	-27	-101	—	—
16 520	96	80	—	—	96	75	—	—	—	+5	-43	—	—
21 220	149	139	—	—	128	117	—	—	—	48	+21	—	—
25 850	197	192	—	272	165	160	—	571	—	91	80	—	709
30 480	240	245	—	—	219	213	—	—	—	144	139	—	—
35 100	—	293	—	—	—	267	—	—	—	—	197	—	—
39 740	—	341	—	—	—	293	—	—	—	—	235	—	—
44 370	—	389	389	507	—	320	309	789	—	—	272	277	970
48 970	—	—	421	—	—	—	352	—	—	—	—	315	—
53 580	—	—	459	—	—	—	389	—	—	—	—	320	1 141
58 130	—	—	480	—	—	—	421	—	—	—	—	811	1 349
62 630	—	—	523	720	—	—	427	1 013	—	—	—	—	—
67 140	—	—	555	—	—	—	917	—	—	—	—	—	—
71 500	—	—	603	832	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75 860	—	—	—	1 221	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 28. Längenänderungen zwischen zwei Nieten.

II. Schräge zur Richtung der Zugbeanspruchung in der Verbindungslinie der Nietmitten; Mefsstrecke II Fig. 48.

Abstand l der Nietmitten: $l_{63} = 6,67$ cm; $l_{47} = 7,04$ cm; $l_{9a} = 7,44$ cm.

Be- lastung kg	Längenänderungen in % · 10 ⁻⁴ auf 2,5 cm Meßlänge										
	Stab Nr. 63				Stab Nr. 47			Stab Nr. 9a			
	bei Belastungsreihe				bei Belastungsreihe			bei Belastungsreihe			
	a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d
2 430	0	-48	-192	-876	0	4	-76	0	-12	-40	-112
7 130	+12	-32	—	-848	0	16	—	-12	-24	-36	—
11 830	48	± 0	—	—	4	28	—	-4	-8	-32	—
16 520	93	+36	—	—	4	32	—	—	+20	+4	—
21 220	116	68	—	—	4	44	—	—	52	36	—
25 850	120	100	—	-724	12	52	—	—	60	48	—
30 480	124	124	—	—	36	64	—	—	70	60	—
35 100	—	116	—	—	—	76	—	—	—	64	—
39 740	—	92	—	—	—	60	—	—	—	56	—
44 370	—	76	56	-656	—	32	+32	—	—	40	+28
48 970	—	—	40	—	—	—	± 0	—	—	—	12
53 580	—	—	-8	—	—	—	-56	—	—	—	-52
58 130	—	—	-56	—	—	—	-100	—	—	—	-412
62 630	—	—	-120	-560	—	—	-128	—	—	—	—
67 140	—	—	-164	—	—	—	-1 624	—	—	—	—
71 500	—	—	-364	-536	—	—	—	—	—	—	—
75 860	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 30.

Zugversuche mit eingelieferten Proben aus den Stäben mit 4 Nieten.

Probe Nr.	Material-Probek		Abmessungen in cm				Spannungen in kg/qcm			Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der Endmarke cm	Dehnung δ in % bezogen auf die Länge			Querschnittsverminderung q in %	Bruchaussehen	
	Zeichen	Nr.	entnommen aus Stab	Lage im Walzstück	Dicke a	Breite b	Querschnitt f	Länge der Teilung l	Streckgrenze σ_S		Bruchgrenze σ_B	Verhältnis $\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	$l = 5,65\sqrt{l}$ je 5 cm			$l = 11,3\sqrt{l}$ je 10 cm
1	P. E. 1	1	an den Enden	1,20	2,58	3,10	20	2 580	3 900	66	37,2	29,9	28,5	64	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung.	
2	P. E. 1	1	an den Enden	1,20	2,60	3,12	20	2 630	3 930	67	35,7	27,6	27,5	66		
Mittel				—	—	—	—	2 605	3 915	67	36,5	28,8	28,0	65		
3	P. M. 1		aus der Mitte	1,21	2,59	3,13		2 680	4 010	67	1,5	27,5	27,2	65		
4				1,19	2,62	3,12		2 430	3 500	69	9	37,5	30,6	30,3	67	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung.
5	St. 5	5	an den Enden	1,22	2,61	3,18	20	2 280	3 440	66	9	39,2	31,3	30,9	70	
Mittel				—	—	—	—	2 355	3 470	68	—	38,4	31,0	30,6	69	
6	St. 5 M.		aus der Mitte	1,22	2,62	3,20		2 320	3 690	63	4	36,4	30,3	29,0	57	
7				1,19	2,76	3,28		2 840	4 130	69	6	35,8	27,7	27,4	64	—
8	St. 9	9 und 10	—	1,20	2,78	3,34	20	2 790	4 060	69	8	35,3	27,5	27,1	63	
9				1,20	2,78	3,34		2 860	4 110	70	4	35,1	27,7	26,9	60	
Mittel				—	—	—	—	2 830	4 100	69	—	35,4	27,6	27,1	62	
10				1,23	2,64	3,25		2 190	3 320	66	7	41,2	33,8	34,5	70	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, schief zur Achse.
11	St. 9 S.	9a	an den Enden	1,23	2,64	3,25	20	2 090	3 280	64	9	43,7	33,4	30,9	70	
Mittel				—	—	—	—	2 140	3 300	65	—	42,5	33,6	32,7	70	
12	St. 9 M.		aus der Mitte	1,25	2,65	3,31		2 290	3 540	65	6	40,2	32,3	31,6	62	
13				1,20	3,14	3,77		2 630	4 060	65	10	34,5	26,8	26,7	55	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung; die Stäbe 14 u. 15 mit Spalten parallel zu d. Breitseiten.
14	39	39 und 40	—	1,20	3,13	3,76	20	2 820	4 510	63	10	32,1	25,0	25,0	51	
15				1,20	3,14	3,77		2 710	4 310	63	8	35,0	26,8	26,6	53	
Mittel				—	—	—	—	2 720	4 290	64	—	33,9	26,2	26,1	53	
16				1,31	2,65	3,47		2 330	3 630	64	8	39,8	31,1	26,2	68	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, schief zur Achse.
17	St. 47 S.	47	an den Enden	1,34	2,65	3,55	20	2 350	3 620	65	10	37,8	29,7	26,0	66	
Mittel				—	—	—	—	2 340	3 625	65	—	38,8	30,4	26,1	67	
18	St. 47 M.		aus der Mitte	1,33	2,65	3,52		2 470	3 770	66	8	38,2	29,9	26,0	62	

Tabell e 31. Zugversuche mit eingelieferten Proben aus dem Material der Stäbe mit 7 Nieten.

Probe Nr.	Material-Probe		Abmessungen in cm				Spannungen in kg/cm			Mittlere Entfern- ung der Bruch- stelle von der End- marke cm	Dehnung δ in % bezogen auf die Länge			Quer- schnitts- minde- rung q in %	Bruch- aussehen
	Zeichen	entnommen aus Stab	Dicke a	Breite b	Quer- schnitt f	Länge der Teil- lung l	Streck- grenze σ_s	Bruch- grenze σ_B	Ver- hältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_B} \cdot 100$		$l=5,65\sqrt{f}$ $=10$ cm	$l=11,3\sqrt{f}$ $=20$ cm	$l=20$ cm		
1	P. E. 2	2	1,19	2,60	3,09	20	2 270	3 590	63	3,5	41,7	34,9	34,3	66	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung.
2	P. E. 2	2	1,19	2,59	3,08	20	2 340	3 700	63	4	41,6	33,3	31,3	67	
Mittel			—	—	—	20	2 305	3 645	63	—	41,7	34,1	32,8	67	
3	P. M. 2		1,19	2,58	3,07		2 280	3 600	63	8	41,1	33,5	33,1	66	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung.
4	St. 6	6	1,23	2,61	3,21		— ¹⁾	3 530	—	5	39,3	32,6	32,8	67	
5	St. 6	6	1,25	2,61	3,26		2 430	3 470	70	5,5	40,2	32,7	32,0	68	
Mittel			—	—	—	20	2 430	3 500	70	—	39,8	32,7	32,8	68	
6	St. 6 M.		1,26	2,62	3,30		2 430	3 770	64	6	36,7	29,3	29,0	58	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung.
7	St. 11	11	1,19	2,79	3,32		2 880	4 100	70	5	36,3	29,7	28,6	62	
8	St. 11	11	1,19	2,79	3,32		2 690	4 140	65	9	35,5	28,0	27,8	60	
9	St. 11	11	1,18	2,80	3,30	20	2 760	4 100	67	9	35,3	29,0	29,0	61	
Mittel			—	—	—	20	2 780	4 110	67	—	35,7	28,9	28,5	61	
10	St. 12 S.		1,23	2,65	3,26		2 650	3 980	67	10	36,2	29,6	31,5	56	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, m. Spalten parallel zur Breitseite. Probe II schief zur Achse.
11	St. 12 S.	12 ¹⁾	1,23	2,65	3,26	20	2 630	3 930	67	8,5	41,1	32,7	32,0	60	
Mittel			—	—	—	20	2 640	3 955	67	—	38,7	30,8	31,8	58	
12	St. 12 M.		1,23	2,65	3,26		2 900	4 380	66	10	31,9	25,0	25,1	53	
13	St. 12a		1,28	2,63	3,37		3 110	3 960	76	8	38,6	31,7	31,6	65	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, schief zur Achse. Probe I m. Spalten parallel zur Breitseite.
14	St. 12a	12a	1,27	2,65	3,37	20	2 880	3 950	73	3	39,2	30,8	30,5	70	
Mittel			—	—	—	20	2 995	3 955	75	—	38,9	31,3	31,1	68	
15	St. 12a M.		1,28	2,62	3,35		2 880	4 140	70	4	35,8	31,6	29,0	64	
16	41	41	1,20	3,15	3,78		2 690	4 510	66	8	33,1	25,8	25,5	42	Mattgrau feinschuppig, Trichterbildung, Spalten parallel zur Breitseite.
17	41	41	1,20	3,15	3,78	20	2 810	4 520	62	8	35,5	26,7	26,5	51	
18	41	41	1,20	3,13	3,76	20	2 830	4 520	63	8	33,3	26,1	26,0	48	
Mittel			—	—	—	20	2 777	4 517	64	—	34,0	26,2	26,0	47	
19	St. 41 S.		1,21	2,63	3,18		2 830	3 840	74	6	35,7	28,9	28,0	66	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung.
20	St. 41 S.	41a	1,21	2,63	3,18	20	2 600	3 700	70	9	39,5	31,3	31,1	61	
Mittel			—	—	—	20	2 715	3 770	72	—	37,6	30,1	29,6	64	
21	St. 41 M.		1,24	2,66	3,30		2 680	4 060	66	8	36,5	28,4	28,3	53	Schief z. Achse.

¹⁾ Stab beim Einlegen auf etwa 10 t vorbelastet; Streckgrenze war bereits überschritten.

Zugversuche mit Proben, die aus den Stäben mit 4 Nieten entnommen sind.

Versuch Nr.	Probe entnommen dem Stabe	Abmessungen			Länge der Teilung cm	Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke cm	Dehnung δ bezogen auf Länge			Querschnittsverminderung q %	Angaben über das Aussehen der Oberfläche nach dem Bruch	
		Dicke a cm	Breite b cm	Querschnitt f qcm		Streckgrenze σ_S	Bruchgrenze σ_B			$l=5,65 \sqrt{f}$ je 5,0 cm von der Bruchstelle %	$l=11,3 \sqrt{f}$ 20,0 cm je 10,0 cm %	$l=20,0$ cm %		Bruchfläche	Krispelig, die Proben 1, 2, 1', 2', 3 u. 4 mit Fließfiguren.
1		1,20	2,62	3,14		2 870	3 940	73	7,5	36,2	27,9	27,8	65		
2		1,20	2,62	3,14		2 920	4 150	70	4,0	34,2	32,2	30,7	63		
1"	63	1,19	2,62	3,12		3 100	3 990	78	7,5	35,9	28,1	27,4	63		
2"		1,20	2,62	3,14		3 020	4 160	73	5,5	35,3	29,4	29,1	61		
Mittel		—	—	—		2 980	4 060	74	—	35,4	29,4	28,8	63		
3		1,30	2,62	3,41		2 460	3 850	64	4,5	38,5	32,0	30,4	63		
4	47	1,32	2,62	3,46		2 480	3 820	65	6,5	35,4	28,1	27,8	62		
Mittel		—	—	—		2 470	3 840	65	—	37,0	30,1	29,4	63		
23		1,32	2,70	3,56		2 310	3 650	63	9,5	39,6	30,8	30,8	64		
24	47a	1,30	2,64	3,43	20,0	2 450	3 780	65	7,0	40,4	32,0	31,8	65		
Mittel		—	—	—		2 380	3 720	64	—	40,0	31,4	31,3	65		
9		1,27	2,69	3,42		2 110	3 180	66	10,0	41,6	31,5	31,5	71		
10	9a	1,24	2,69	3,34		2 100	3 220	65	10,0	41,0	31,6	31,6	70		
Mittel		—	—	—		2 110	3 200	66	—	41,3	31,6	31,6	71		
11		1,24	2,68	3,32		2 910	4 000	73	3,0	32,9	29,4	29,2	67		
12	39	1,23	2,68	3,30		2 830	3 990	71	7,0	32,2	28,2	27,5	63		
Mittel		—	—	—		2 870	4 000	72	—	32,6	28,8	28,4	65		
13		1,23	2,64	3,25		2 770	3 940	70	5,0	36,9	28,6	28,2	64		
14	40	1,26	2,64	3,33		2 770	3 940	70	3,0	37,0	28,3	27,5	68		
Mittel		—	—	—		2 770	3 940	70	—	37,0	28,5	27,9	66		

Tabelle 32 (Fortsetzung).

Zugversuche mit Proben, die aus den Stäben mit 4 Nieten entnommen sind.

Versuch Nr.	Probe entnommen dem Stabe	Abmessungen			Länge der Teilung cm	Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_s}{\sigma_B} \cdot 100$	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke cm	Dehnung δ bezogen auf Länge			Querschnittsverminderung %	Angaben über das Aussehen der Bruchfläche	Oberfläche nach dem Bruch
		Dicke <i>a</i> cm	Breite <i>b</i> cm	Querschnitt <i>f</i> qcm		Streckgrenze σ_s	Bruchgrenze σ_B			$l = 5,65 \sqrt{f}$ je 5,0 cm	$l = 11,3 \sqrt{f}$ je 10,0 cm	$l = 20,0$ 20,0 cm			
5	12'	1,20	2,63	3,16	2910	4320	67	3,5	34,2	24,3	25,2	59	Mattgrau, feinschluppig, Trichterbildung. Krispelig, die Proben 5, 6, 7 u. 8 mit Fließfiguren, die Proben 15, 16, 17 und 18 mit Walzhaut.		
Mittel		—	—	—	2910	4440	66	—	33,7	24,5	25,0	57			
6	12'	1,20	2,62	3,14	2900	4560	64	3,5	33,2	24,7	24,8	54			
Mittel		—	—	—	2910	4440	66	—	33,7	24,5	25,0	57			
19	12a	1,24	2,67	3,31	2660	3980	67	3,0	33,6	25,8	25,3	64			
20	12a	1,22	2,69	3,28	2900	4030	72	1,0	30,8	21,9	19,4	65			
Mittel		—	—	—	2780	4010	70	—	32,2	23,9	22,4	65			
15	41	1,22	2,65	3,23	2620	3960	66	4,5	36,2	27,9	29,3	60			
16	41	1,25	2,67	3,34	2520	3930	64	4,0	34,1	28,8	27,6	62			
Mittel		—	—	—	2570	3950	65	—	35,2	28,4	28,5	61			
21	41'	1,20	2,66	3,19	2490	3670	68	8,0	43,9	35,3	35,2	65			
22	41'	1,25	2,65	3,31	2130	3130	68	9,0	44,0	34,5	34,5	74			
Mittel		—	—	—	2310	3400	68	—	44,0	34,9	34,9	70			
7	41a	1,15	2,62	3,01	2130	3270	65	8,5	45,5	35,4	35,5	70			
8	41a	1,18	2,62	3,09	2220	3230	69	6,0	43,4	34,4	34,2	70			
Mittel		—	—	—	2180	3250	67	—	44,5	34,9	34,9	70			
17	42	1,22	2,70	3,29	2530	3900	65	3,0	33,0	23,0	21,9	60			
18	42	1,23	2,73	3,36	2490	3850	65	4,0	33,8	24,1	23,1	64			
Mittel		—	—	—	2510	3880	65	—	33,4	23,6	22,5	62			

Tabelle 34.

I. Dehnung der Winkeleisen ohne Niete.

Gemessen auf 20,0 cm Länge über die Löcher, und zwar a und c an den Schenkelrändern, b im Rücken.

Stab Nr.	Meß- strecke	Abmessungen			D e h n u n g e n							
		Wurzel- maß cm	Längs- abstand der Loch- mitten cm	Netto- Quer- schnitt qcm	in $\frac{1}{10}$ % bei den überschriebenen Belastungen in kg							
					21220	25850	30480	35100	39710	44370	48970	53580
7	a	5,0	4,5	13,5	3	—	—	4	7	10	24	37
	b				1	—	—	2	4	9	23	37
	c				2	—	—	3	4	9	23	38
	Mittel				2,0	—	—	3,0	5,0	9,3	23,3	37,3
13	a	5,0	5,0	13,5	1	1	2	2	6	13	—	—
	b				1	1	2	2	5	13	—	—
	c				1	2	3	3	6	14	—	—
	Mittel				1,0	1,3	2,3	2,3	5,7	13,3	—	—
15	a	5,0	5,5	13,5	1	1	2	2	7	14	38	—
	b				1	2	2	2	7	16	40	—
	c				1	1	2	2	7,5	17	42	—
	Mittel				1,0	1,3	2,0	2,0	7,2	15,7	42,0	—
43	a	5,0	6,0	13,5	2	2	2	2	2	9	—	—
	b				2	2	2	2	6	11	—	—
	c				2	2	2	3	7	13	—	—
	Mittel				2,0	2,0	2,0	2,3	5,0	11,0	—	—
45	a	5,0	6,5	13,5	0	0	0	1	6	13	33	55
	b				0	0	0	0	3	12	30	52
	c				1	1	2	2	5	13	34	55
	Mittel				0,3	0,3	0,7	1,0	4,7	12,7	32,3	54,0
8	a	5,5	4,5	13,5	1	1	1	1	5	9	21	36
	b				1	1	1	2	5	8	21	36
	c				2	2	2	2	4	9	20	38
	Mittel				1,3	1,3	1,3	1,7	4,7	8,7	20,7	36,7
14	a	5,5	5,0	13,5	2	2	2	2,5	6	16	33	—
	b				0	1	1	1	5	16	40	—
	c				0	0	0	1	7	17	40	—
	Mittel				0,7	1,0	1,0	1,5	6,0	16,3	39,3	—
16	a	5,5	5,5	13,5	0	0	1	2	5	12	34	—
	b				1	2	2	2	4	12	33	—
	c				0	2	2	2	6	12	37	—
	Mittel				0,3	1,3	1,7	2,0	5,0	12,0	34,7	—
44	a	5,5	6,0	13,5	0	1	2	3	7	14	33	55
	b				0	0	0	1	4	13	35	55
	c				0	1	1	2	7	15	37	58
	Mittel				0,0	0,7	1,0	2,0	6,0	14,0	35,0	56,0
46	a	5,5	6,5	13,5	1	2	2	2	5	13	31	51
	b				0	0	0	1	2	11	31	51
	c				1	1	2	2	5	13	32	53
	Mittel				0,7	1,0	1,3	1,7	4,0	12,3	31,3	51,7

Tabelle 35.

II. Dehnung der Winkeleisen mit eingezogenen Nieten und Unterlegscheiben.

Gemessen auf 20,0 cm Länge über die Nieten, und zwar a und c an den Schenkelrändern,
b im Rücken.

Stab Nr.	Meß- strecke	Abmessungen			D e h n u n g e n																
		Wurzel- maß cm	Längs- abstand der Loch- mitten cm	Netto- Quer- schnitt qcm	in $\frac{1}{10}$ % bei den überschriebenen Belastungen in kg																
					21220	25850	30480	35100	39700	44370	48970	53580	58130	62630	67140						
48	a	5,0	5,5	17,6	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	4,5	12,5	32						
	b				0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	5	14	34,5						
c	0				0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	2	6,5	15	35							
Mittel	0,3				0,5	0,7	0,7	1,0	1,2	1,3	1,7	5,3	13,8	33,8							
50	a				5,0	6,0	17,6	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	2	2	5	13,5	33			
	b							0	0	0,5	1	1,5	2	2	5,5	18	37,5				
c	0,5							0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	6,5	17	39				
Mittel	0,3							0,3	0,8	1,0	1,5	1,7	1,8	1,8	5,7	16,2	36,5				
52	a							5,0	6,5	17,6	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1,5	4,5	14	31
	b										0	0	0	0	0	0,5	0,5	4,5	15	34	
c	0,5										0,5	0,5	1	1	1	1,5	2	5	14,5	34,5	
Mittel	0,3										0,3	0,3	0,5	0,7	0,7	1,0	1,3	4,7	14,5	33,2	
49	a	5,5	5,5	17,6							Einspannkeile mußten wiederholt nachgetrieben werden; Dehnungsmessungen daher unzuverlässig wegen Verschiebens der Meßstäbe.										
	b																				
c																					
Mittel																					
51	a				5,5	6,0	17,6				0,5	1	1	1	1,5	2	2,5	3	7	12	38
	b										0,5	0,5	0,5	1	1	1,5	2,5	6	17	37	
c	0,5										1	1	1	1,5	2	2	5,5	15,5	34,5		
Mittel	0,5										0,8	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	6,2	14,8	36,5	
53	a							5,5	6,5	17,6	1	1	1	1	1,5	1,5	2	3,5	6,5	14,5	36,5
	b										0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	5,5	15	35	
c	0,5										0,5	0,5	0,5	1	1,5	2,5	3,5	10	18	39	
Mittel	0,7										0,7	0,7	0,7	1,0	1,2	1,8	2,7	7,3	15,8	36,8	

Tabelle 36.

Zugversuche mit durch Nietlöcher geschwächten Winkelisen.

Fig. a.

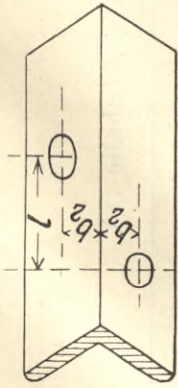
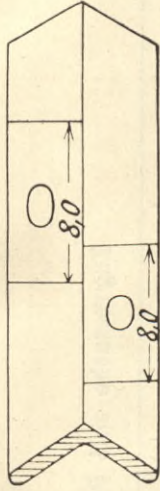


Fig. b.



Proben ohne Nieten.

Proben 48—53 mit eingezogenen Nieten und Unterlegscheiben.

Stab Nr.	Abmessungen (s. obige Skizze Fig. a)				Belastungen		Spannungen		Mittlere Materialfestigkeiten		Verhältnis der Stabfestigkeit zur Materialfestigkeit	
	Abstand b_2 Mitte Loch vom Rücken (Wurzel) cm	Längs-abstand l der Loch-mitten cm	Loch-durch-messer d cm	Quer-schnitt f qcm	Streck-grenze p_s kg	Bruch P_B kg	Streck-grenze $\sigma_s = p_s/f$ kg/qcm	Bruch $\sigma_B = P_B/f$ kg/qcm	Spannungen kg/qcm	Dehnung δ 11,3 %	$\frac{\sigma_s}{\sigma_s} \cdot 100$ %	$\frac{\sigma_B}{\sigma_b} \cdot 100$ %
3		4,0			32 090	45 870	2 380	3 530	2 170	31,3	110	94
7		4,5			37 420	57 180	2 770	4 400	—	—	—	—
13	5,0	5,0	2,1	13,5	35 100	53 670	2 600	3 980	2 720	22,0	96	100
15		5,5			35 100	52 610	2 600	3 900	2 740	24,1	95	98
43		6,0			39 740	55 400	2 940	4 100	2 710	27,7	108	102
45		6,5			35 100	55 510	2 600	4 110	2 710	27,7	96	102
4		4			32 300	46 400	2 390	3 440	2 170	31,3	110	94
8		4,5			39 740	57 010	2 940	4 220	—	—	—	—
14		5,0			38 810	51 820	2 870	3 840	2 720	22,0	105	96
16	5,5	5,5	2,1	13,5	39 740	52 190	2 940	3 870	2 740	24,1	107	97
44		6,0			37 420	56 110	2 770	4 160	2 710	27,7	102	103
46		6,5			39 740	56 920	2 940	4 220	2 710	27,7	108	105
48		5,5			53 580	70 230	3 040	3 990	3 155	20,5	96	98
50	5,0	6,0	2,1	17,6	57 230	71 500	3 250	4 060	2 790	21,7	116	103
52		6,5			57 040	72 500	3 240	4 120	—	—	116	104
49		5,5			53 580	68 670	3 040	3 900	3 155	20,5	96	96
51	5,5	6,0	2,1	17,6	57 450	71 110	3 260	4 040	2 790	21,7	117	102
53		6,5			55 000	70 630	3 130	4 010	—	—	112	102

Tabelle 37.

Zugversuche mit Proben aus den Winkeln (s. Tabelle 36).

Proben Nr.	Material-Prob e		Abmessungen in cm				Spannungen in kg/qcm			Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der Endmarke cm	Dehnung δ in % bezogen auf die Länge			Quer-schnitts-ver-minde-rung q in %	Bruch-ausssehen		
	Zeichen	Nr.	entnommen aus Stab	Lage im Walzstück	Dicke a	Breite b	Quer-schnitt f	Länge der Teilung l	Streck-grenze σ_s		Bruch-grenze σ_B	Ver-hältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_B} \cdot 100$	$l=5,65\sqrt{f}$			$l=11,3\sqrt{f}$	$l=20$ cm
1	W. E.	3	an den Enden		0,87	3,49	3,04	20	2 200	3 750	59	8	40,1	31,8	31,5	56	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung
2	W. E.	3	an den Enden		0,88	3,49	3,07	20	2 050	3 730	55	8	39,3	30,6	30,2	53	
Mittel				in der Mitte	—	—	—		2 125	3 740	57	—	39,7	31,2	30,9	55	
3	W. M.				0,88	3,49	3,07		2 280	3 730	61	8	39,7	31,6	31,3	57	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung
4	St. 13 + 14	13			0,90	3,78	3,40	20	2 720	3 990	68	8	29,1	22,0	21,8	58	
5	W. 15 + 16	13 bis 16			0,90	3,78	3,40	20	2 740	3 990	69	8	30,8	24,1	23,9	56	
Mittel					—	—	—		2 730	3 990	69	—	29,0	23,1	22,9	57	
6		13	43		0,96	3,17	3,04		2 720	4 020	68	8	35,5	27,9	27,7	58	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung
7		14	bis 46		0,95	3,15	2,993	20	2 730	3 990	68	9	38,3	29,3	29,1	55	
8		15	46		0,96	3,15	3,02	20	2 690	4 050	66	10	33,9	25,8	25,8	54	
Mittel					—	—	—		2 710	4 020	67	—	35,9	27,7	27,5	56	
12		48			1,12	2,65	2,97		3 380	4 100	82	9	27,8	19,7	24,1	64	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Probe 12 schief zur Achse.
13	St. 48/49	und 49			1,18	2,64	3,12	20	2 930	4 010	73	10	28,7	21,2	24,3	65	
Mittel					—	—	—		3 155	4 055	78	—	28,3	20,5	24,2	65	
14		50			1,14	2,64	3,01	20	2 810	3 950	71	5	27,0	20,7	24,2	65	Mattgrau, feinschuppig, Trichterbildung, Probe 15 schief zur Achse.
15	St. 50—53	bis 53			1,21	2,64	3,19	20	2 770	3 930	70	5	31,2	22,7	24,9	62	
Mittel					—	—	—		2 790	3 940	71	—	29,1	21,7	24,6	64	

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

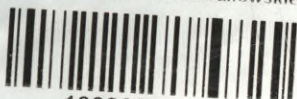


L. inw.

18031

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300781