

DER STAHLBAU

Verantwortliche Schriftleitung: Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin
Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule. — Fernspr.: Steinplatz 0011

Beilage
zur Zeitschrift

DIE BAUTECHNIK

Fachschrift für das ge-
samte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 R.-M. und Postgeld

2. Jahrgang

BERLIN, 13. Dezember 1929

Heft 25

Über die Verteilung einer Kraft auf die einzelnen Niete einer Nietreihe.

Alle Rechte vorbehalten.

Von A. Hertwig und H. Petermann.

(Mitteilungen aus der Versuchsanstalt für Statik an der Technischen Hochschule Charlottenburg.)

Schon vor einer Reihe von Jahren hat der erste der Verfasser Versuche mit einschnittigen Nietverbindungen gemacht, deren Ergebnisse nicht veröffentlicht wurden. Die Belastung der Niete wurde durch Spiegelablesungen gemessen, indem die Winkel zwischen Spiegeln, die auf den Nietköpfen befestigt waren, und Spiegeln, die zu beiden Seiten jedes Kopfes auf dem Blech angebracht waren, vor und nach der Belastung bestimmt wurden. Über das Verfahren ist im „Bauingenieur“ 1922, S. 170, berichtet worden. Bei zwischschnittigen Nietverbindungen hat es Herr Schächtenmeier anwenden wollen, aber keine brauchbaren Ergebnisse erzielt. Wir haben daher die Versuche jetzt wieder aufgenommen. Sie sollen zeigen, wie sich in einer zwischschnittigen Laschenverbindung die Kraft P auf die Niete verteilt.

Zunächst wurden die Ergebnisse der Messung an Nieten sehr unregelmäßig. Die Ursache vermuteten wir in der ungleichmäßigen Form und Lage der Nietköpfe, namentlich der Schließköpfe. Wir benutzten daher bei den weiteren Versuchen sauber eingepaßte Bolzen. Die Spiegelablesung wurde gegen die oben angegebene auch geändert, indem die Verdrehung zweier Spiegel auf den beiden Bolzenenden gemessen wurde. Wie die folgenden Ergebnisse zeigen, ist die Meßgenauigkeit recht befriedigend. Die Versuche wurden durch die Versuchsanstalt für Statik auf einer liegenden 100-t-Werdermaschine ausgeführt¹⁾.

Der zweite der obengenannten Verfasser hat im Anschluß an die Messungen versucht, unter vereinfachenden Annahmen geschlossene Formeln für die Kraftverteilung in der Nietreihe einer Laschenverbindung abzuleiten²⁾. Wie die Zusammenstellung der Meß- und Rechnungsergebnisse zeigt, ist die Übereinstimmung befriedigend.

I. Die Versuche.

A. Die Versuchsstäbe.

Die Versuche erstreckten sich auf die Prüfung der in Abb. 1 dargestellten Versuchsstäbe. Die Nummer jedes Stabes entspricht der Zahl der Niete auf einer Seite des Stoßes.

Nach den Ergebnissen der ersten Versuche mit den Stäben 1 bis 3 wurde auf die Prüfung weiterer Stäbe mit Nietten beiderseits des Stoßes verzichtet; es wurden aus den oben bereits angedeuteten Gründen bei den folgenden Versuchen bei Stab I auf beiden Seiten, bei den Stäben II bis VIII auf einer Seite des Stoßes statt der Niete zylindrische Bolzen angeordnet, die an den überstehenden Enden schwach konisch ausgebildet waren, um sie besser einzuziehen zu können. Sie wurden auf einen Durchmesser, der um einige Hundertstelmillimeter größer war als der Lochdurchmesser, genau geschliffen und in die sauber aufgeriebenen Löcher mit einer Kraft von 1 bis 2 t hineingedrückt.

Zur Unterscheidung wurden die Stäbe mit Nietten beiderseits des Stoßes mit arabischen, die mit Bolzen mit römischen Ziffern bezeichnet. Da in der Regel Parallelversuche gemacht wurden, wurden die Stäbe gleicher Ausbildung noch durch Zusatz von Buchstaben unterschieden.

Geprüft wurden von der ersteren Art die Stäbe 1a, 1b, 2a, 2b und 3a, von der letzteren die Stäbe 1a, 1b, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IVa, IVb, IVc, VIa und VIIIa. Die Niete hatten 20 mm Durchmesser, die Bolzen er-

¹⁾ Die Maschine steht im Festigkeitslaboratorium des Herrn Geheimrat Professor Dr. Eugen Meyer, dem wir auch an dieser Stelle bestens dafür danken, daß er sie uns zeitweise zur Verfügung stellte.

²⁾ Theoretische Untersuchungen dieses Problems von Prof. Dr. Fillingner (Wien) unter der Überschrift „Über die Festigkeit von Löt-, Leim- und Nietverbindungen“ in der Österreichischen Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst 1919, Heft 7/8, und von Dr.-Ing. Bleich in seinem Werke „Theorie und Berechnung der eisernen Brücken“ kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Ebenso ein Versuch von Dr.-Ing. Findeisen, über den er im Heft 229 der Forsch. Arb. des V. D. I. berichtet.

hielten je nach dem mehr oder weniger guten Passen der Löcher Durchmesser von 20 bis 21 mm.

Für alle Stäbe (Abb. 1) ist das Verhältnis μ des Laschenquerschnitts F_L zum Stabquerschnitt F gleich 1:2. Dieses Verhältnis ist von erheblichem Einfluß auf die Verteilung der Kraft auf die einzelnen Niete bzw. Bolzen, so daß auch Stäbe mit anderem μ später noch untersucht werden sollen. Mit Rücksicht darauf wird die zunächst untersuchte Reihe mit $\mu = 1:2$ als „Reihe 1“ bezeichnet.

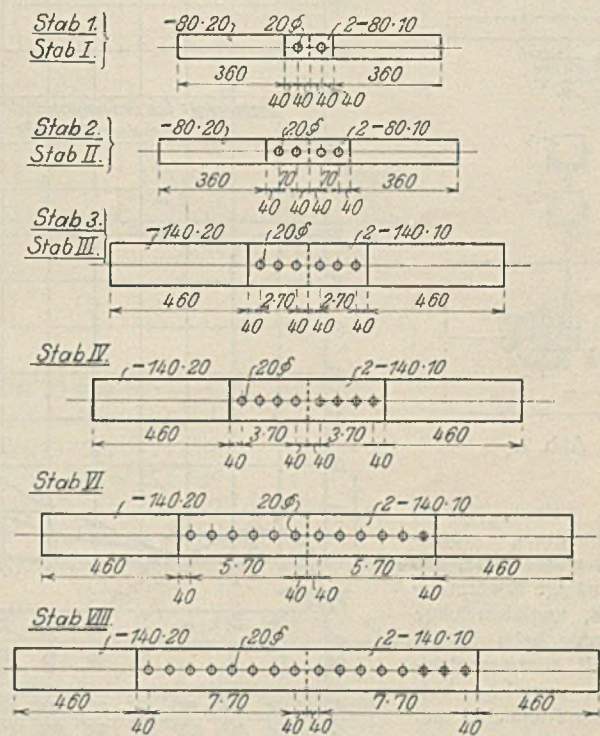


Abb. 1.

B. Meßverfahren und Versuchsausführung.

Solange die Spannungen unterhalb der P -Grenze liegen, sind die Formänderungen der gleichartig gestützten und belasteten Niete den auf sie entfallenden Kraftanteilen als proportional anzunehmen. Es wurde deshalb zur Bestimmung dieser Kraftanteile ein von dem erstgenannten Verfasser bereits früher angewendetes Verfahren benutzt: es wurden die Verdrehungen der Nietköpfe gemessen, und zwar hier die gegenseitigen Verdrehungen der Köpfe desselben Niets bzw. Bolzens.

Zur Messung dieser gegenseitigen Verdrehungen wurden mit den Nietköpfen Spiegel verbunden, die wie bei den bekannten Martensschen Spiegelapparaten zur Ermöglichung genauer Einstellung um zwei Achsen drehbar waren. Dazu wurden die Nietköpfe mit kleinen zentrischen Bohrungen versehen, in die ein Gewinde eingeschnitten wurde, so daß ein kleiner Messingkörper am Nietkopf befestigt werden konnte. Dieser Messingkörper erhielt eine zweite zylindrische Bohrung, in der mit Druckschraube ein Stahlstäbchen festgeklemmt wurde, das am freien Ende den Spiegel trug (s. Abb. 2). Der Spiegel war also gezwungen, die Drehung des Nietkopfes mitzumachen, die in bekannter Weise mittels Fernrohr und Skala gemessen wurde.

Außer den Winkeln, um die sich die Nietköpfe gegeneinander drehen, wurden bei einigen Versuchen auch die Verschiebungen der Laschen gegen den Stab oder die Zunahme der Stoßfugenbreite an kleinen Skalen gemessen, die in Zehntelmillimeter geteilt waren und mit Hilfe von Lupen abgelesen wurden.

Um zu verhindern, daß bei beginnender Biegung der Bolzen die Laschen nach außen abglitten, wurden zwischen den Bolzen und außerhalb der äußersten Bolzen Flacheisenschellen angebracht, deren Schraubenmutter nur leicht angezogen wurden (Abb. 10 u. 11).

C. Die Versuchsergebnisse.

Die Versuche mit den Stäben 1 und 2, bei denen eine gleichmäßige Verteilung der Kraft auf alle Niete zu erwarten war, sollten dem Zweck dienen, festzustellen, ob bei gleichmäßiger Kraftverteilung auch gleiche Verdrehungen auftreten, ob also aus der Messung der Verdrehungen der Köpfe ein sicherer Schluß auf die Kraftverteilung möglich ist. Es war nämlich die Befürchtung nicht von der

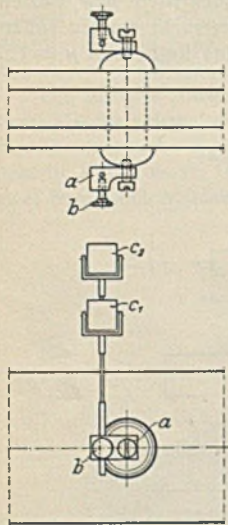


Abb. 2.

Hand zu weisen, obwohl Maschinennietung vorgeschrieben worden war, daß ungleichmäßige Erwärmung der Niete, ungleichmäßige Kraftwirkung beim Nieten und damit zusammenhängend eine ungleiche Ausfüllung der Nietlöcher und ungleiche Anfangsspannungen in den Nieten auch ungleiche Formänderungen unter gleicher Belastung bzw. bei zwei Nieten auch ungleiche Kraftverteilung zur Folge haben könnten.

Diese Befürchtung ist durch die Versuche mit den Stäben 1 a und 1 b und 2 a und 2 b tatsächlich bestätigt worden. Bei den Stäben 1 a und 1 b, bei denen die beiden Niete beiderseits des Stoßes zweifellos die gleiche Last aufzunehmen haben, sind ungleiche Winkeldrehungen gemessen worden (Abb. 3), was auf ungleiches Schlagen der Niete zurückzuführen ist, und ebenso bei den Stäben 2 a und 2 b für die beiden Niete auf einer Seite des Stoßes, was durch dieselbe Ursache und durch ungleiches Ausfüllen der Nietlöcher zu erklären ist. Daß auch hier eine gleichmäßige Verteilung zu erwarten war, ist durch die Versuche mit den Stäben 11 a und 11 b und die Rechnung bestätigt worden. Ferner waren die gemessenen Winkeldrehungen so klein, daß schon die unvermeidlichen Meßfehler zu erheblichen Differenzen führen konnten. Das erklärt sich dadurch, daß bei der Ausbildung der Stäbe mit Doppel-laschen die Niete wie beiderseits eingespannte Stäbe wirken, deren Einspannenden, die Nietköpfe, sich, wenn sie gut anliegen, nur sehr wenig drehen.

Um diesen Übelständen abzuwehren, wurden für die weiteren Versuche, wie bereits oben erwähnt, die Niete auf der einen Seite des Stoßes durch zylindrische Bolzen ersetzt, auf deren saubere Bearbeitung zur Erreichung eines gleichmäßigen Sitzes große Sorgfalt verwandt wurde.

In Abb. 4 sind die Ergebnisse der Versuche mit den Stäben Ia und Ib dargestellt. Als Ordinaten sind die Winkel der gegenseitigen Verdrehung der Bolzenköpfe aufgetragen, die Einheit ist ein Winkel von der Größe $2 \cdot 10^{-5}$. Als Abszissen sind angegeben die Stabbelastung P , die Normalspannung σ in Stab und Laschen, die Scherspannung σ_s und die Leibungsspannung σ_l der Bolzen. Die Kurven weichen wenig von der Geraden ab, die Beziehung zwischen Last und Verdrehungswinkel ist annähernd linear.

In Abb. 5 sind die Ergebnisse der Versuche mit den Stäben 11 a und 11 b dargestellt. Die Ordinaten-einheit ist dieselbe. Hier sind die Kurven etwas gekrümmt, was wohl daher rühren mag, daß nicht genügend Schellen angebracht waren.

Aus beiden Abbildungen geht hervor, daß die Drehwinkel der entsprechenden Bolzen mit ausreichender Genauigkeit übereinstimmen, so daß es zulässig erscheint, bei den weiteren Versuchen aus den Drehwinkeln der Bolzenköpfe auf die Kraftverteilung zu schließen.

Auch bei den weiteren Stäben 111 a bis 11 V b waren nicht in allen Teilungen Schellen angebracht, so daß nur bei 11 V b die Übereinstimmung mit der Rechnung im mittleren Belastungsbereich befriedigend war. Es wurde daher am Schluß noch ein Ergänzungsversuch mit Stab 11 V c gemacht, bei dem ferner zum ersten Male die Laschen auf der genieteten Seite durch je eine im Lichtbogen geschweißte Quernaht mit dem Stabe verbunden waren. Diese Nähte wurden angebracht, um den störenden Stoß zu vermeiden, der jedesmal auftrat, wenn der Gleitwiderstand der auf dieser Seite des Stabstoßes sitzenden Niete überwunden wurde. Bei diesem Versuche wurden auch die

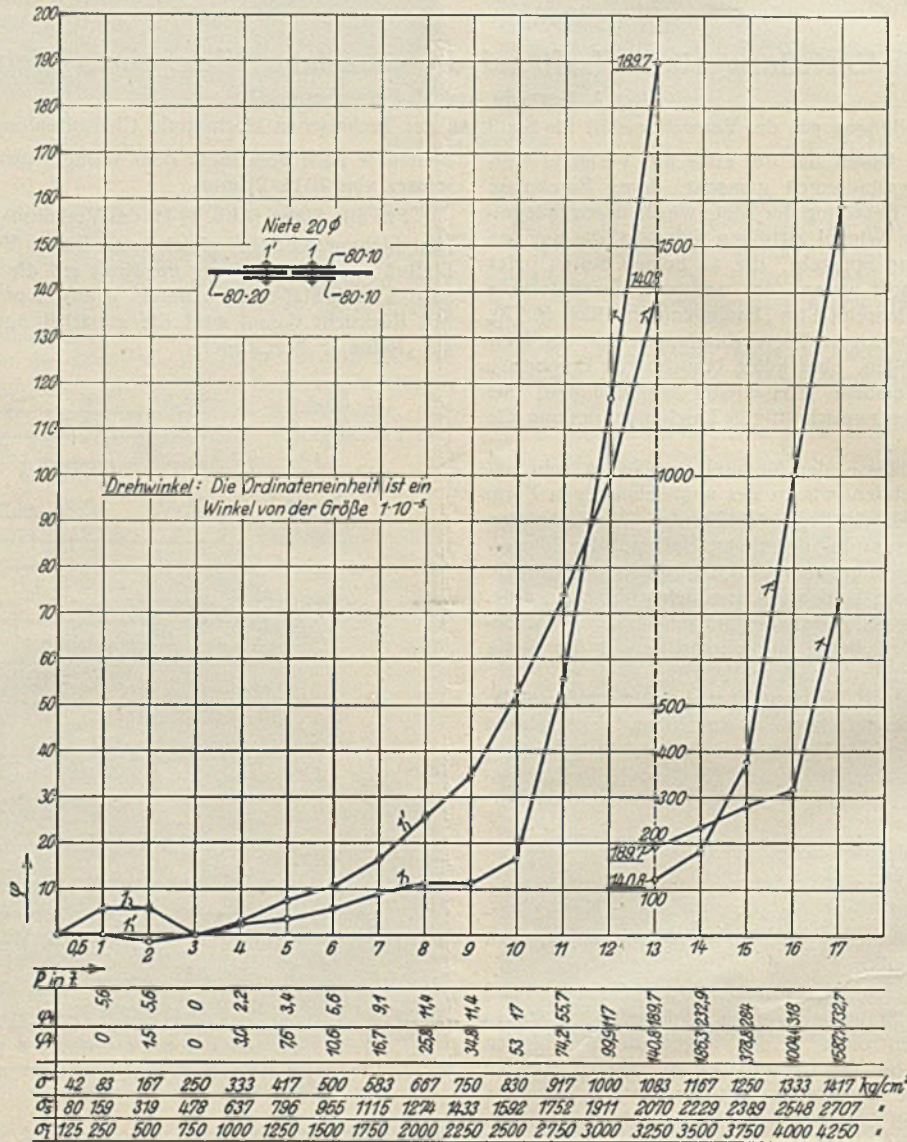


Abb. 3.

bleibenden Formänderungen der Bolzen nach jedesmaliger Entlastung gemessen, während sonst nur die Gesamtformänderungen gemessen wurden, da es ja nur darauf ankam, das Verhältnis der einzelnen Bolzen-drehwinkel zueinander festzustellen. Die Ergebnisse von 11 V b und 11 V c sind in den Abb. 6 u. 7 dargestellt.

Die Ergebnisse der Messungen an Stab 11 V a und 11 V c sind in den Abb. 8 u. 9 dargestellt.

Ferner sind in den Tafeln 1 bis 4 für die Stäbe 11 V b, 11 V c, 11 V a und 11 V c die Drehwinkel φ der einzelnen Niete bei den verschiedenen Laststufen eingetragen in den gemessenen Einheiten und in Prozenten der Summe der Drehwinkel, welchen Zahlen am Schluß die rechnerisch festgestellten Sollwerte (Abschnitt II, Tafel 5) gegenübergestellt sind.

Es wurden nicht sämtliche Stäbe bis zum Bruch belastet. Abb. 10 zeigt Stab 11 V c vor dem Versuch, die Abb. 11 bis 18 zeigen die Stäbe 11 V c, 11 V a und 11 V c nach dem Versuch nach einer Belastung bis 72, 90 und 88 t.

Aus diesen Abbildungen und zum Teil auch aus den Kurven geht hervor, daß mit zunehmender Formänderung der Bolzen gegenüber denen von Stab und Laschen ein Ausgleich einzutreten scheint; der Zustand

Tafel 1. Stab IVb. 4 Bolzen von 21 mm ϕ .
 Nutzbarer Stabquerschnitt $F_n = (14,0 - 2,1) 2,0 = 23,8 \text{ cm}^2$
 Nutzbarer Laschenquerschnitt $2 F_{Ln} = 2(14,0 - 2,1) 1,0 = 23,8 \text{ cm}^2$
 Abscherfläche $F_s = 4 \cdot 2 \cdot 3,46 = 27,7 \text{ cm}^2$
 Lochleibungsfläche $F_l = 4 \cdot 2,1 \cdot 2,0 = 16,8 \text{ cm}^2$.

P t	σ kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	σ_l kg/cm ²	φ_1		φ_2		φ_3		φ_4		$\Sigma \varphi$	$\Delta a^*)$ mm 10^{-1}
				$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%		
2	84	72	119	0		0		0		0		0	0
6	252	216	357	3	24,0	1	8,0	2	16,0	6,5	52,0	12,5	- 1
10	420	361	595	6	21,4	4	14,3	5	17,9	13	46,5	28	0
14	588	506	843	16	30,2	7	13,2	10	18,9	20	37,7	53	0
18	756	650	1070	23	29,1	12	15,2	16	20,3	28	35,4	79	0
22	925	795	1310	31	29,5	18	17,1	22	21,0	34	32,4	105	0
26	1091	939	1546	40	29,4	26	19,1	29	21,3	41	30,2	136	+ 1
30	1260	1082	1785	49	29,0	35	20,7	35	20,7	50	29,6	169	+ 1
2	84	72	119	9	—	6	—	8	—	8	—	31	0
30	1260	1082	1785	50	29,4	34	20,2	36	21,2	50	29,4	170	+ 1
35	1470	1263	2080	61	28,8	46	21,7	45	21,2	60	28,3	212	+ 2
40	1680	1444	2380	75	28,2	60	22,6	58	21,8	73	27,4	266	+ 3
45	1890	1624	2680	90	27,3	76	23,0	76	23,0	88	26,7	330	+ 4
50	2100	1805	2975	109	26,1	105	25,2	105	25,2	98	23,5	417	+ 5
55	2310	1985	3275	129	22,7	157	27,6	171	30,1	111	19,5	568	+ 6
60	2520	2166	3570	164	19,6	228	27,3	268	32,0	176	21,1	836	+ 9
63	2645	2273	3750	201	17,6	302	26,4	374	32,7	267	23,3	1144	+ 10
66	2770	2380	3930										+ 13
69	2900	2490	4110										+ 17
72	3020	2600	4290										+ 23
74	3110	2670	4410										+ 27
76	3190	2740	4530										+ 39
78	3280	2820	4650										+ 54
79	3320	2850	4710										+ 64
80	3360	2890	4770										+ 75
→ 82	3440	2960	4880	→ Bruch durch Abscheren der Bolzen									
Σ von 22 bis 45 t hierauf Mittel					201,6		144,2		150,2		204,0		
Sollwerte					28,8		20,6		21,5		29,1		
					29,1		20,9		20,9		29,1		

*) Δa ist die Zunahme der Stoßfugenbreite.

Tafel 2. Stab IVc. 4 Bolzen 20 mm ϕ .
 Nutzbarer Stabquerschnitt $F_n = (14 - 2) 2 = 24 \text{ cm}^2$
 Nutzbarer Laschenquerschnitt $2 F_{Ln} = 2(14 - 2) 1 = 24 \text{ cm}^2$
 Abscherfläche $F_s = 2 \cdot 4 \cdot 3,14 = 25,1 \text{ cm}^2$
 Lochleibungsfläche $F_l = 4 \cdot 2 \cdot 2 = 16,0 \text{ cm}^2$.
 Laschenenden auf der genieteten Seite mit Stab verschweißt.

P t	σ kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	σ_l kg/cm ²	φ_1		φ_2		φ_3		φ_4		$\Sigma \varphi$	$\Delta a^*)$ mm 10^{-2}
				$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%		
2	83	80	125	0		0		0		0		14	0
6	250	239	375	4	28,6	2	14,3	3	21,4	5	35,7	44	0
10	417	398	625	12	27,3	7	15,9	8	18,2	17	38,6	73	0
14	583	558	875	19	26,0	14	19,2	15	20,6	25	34,2	107	6
18	750	717	1125	28	26,2	22	20,6	21	19,6	36	33,6	143	7
22	917	876	1375	38	26,6	30	21,0	29	20,3	46	32,2	183	11
26	1084	1035	1625	48	26,2	39	21,3	38	20,8	58	31,7	221	13
30	1250	1195	1875	59	26,7	48	21,7	46	20,8	68	30,8	284	21
35	1460	1394	2190	76	26,8	63	22,2	61	21,5	84	29,6	357	21
40	1667	1594	2500	96	26,9	80	22,4	76	21,3	105	29,4	454	31
45	1875	1793	2810	121	26,7	106	23,3	98	21,6	129	28,4	607	33
50	2082	1990	3130	161	26,5	148	24,4	129	21,3	169	27,8	905	43
55	2292	2190	3440	242	26,7	235	26,0	197	21,8	231	25,5	2282	91
60	2500	2390	3750	561	24,6	647	28,3	604	26,5	470	20,6		141
65	2710	2590	4070										291
68	2835	2710	4250										481
70	2920	2790	4380										
Versuch abgebrochen bei:													
72	3000	2870	4500										591
Σ von 22 bis 45 t hierauf Mittel					159,9		131,9		126,3		182,1		
Sollwert					26,7		22,0		21,05		30,35		
					29,1		20,9		20,9		29,1		

*) Δa ist die Zunahme der Stoßfugenbreite.

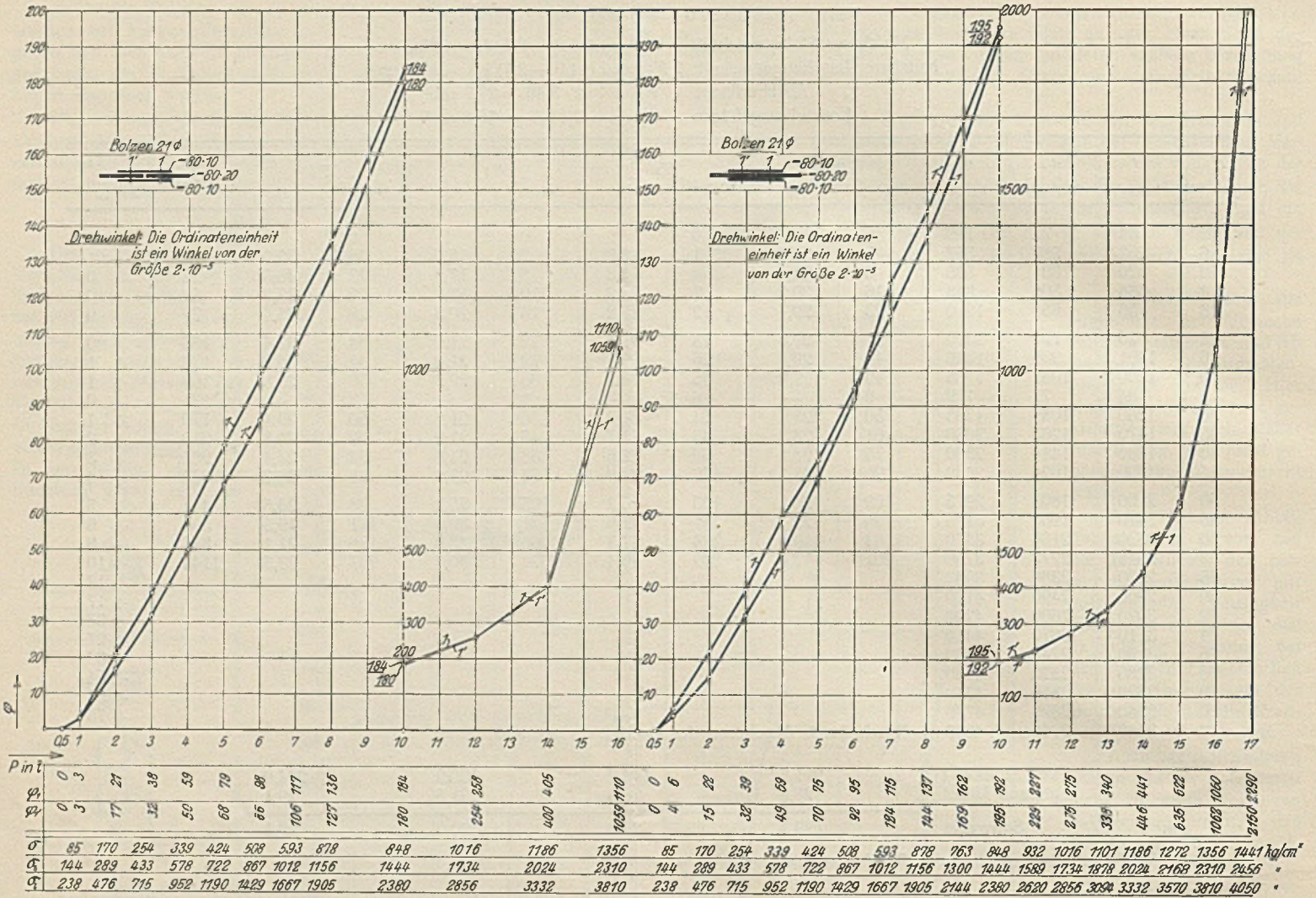
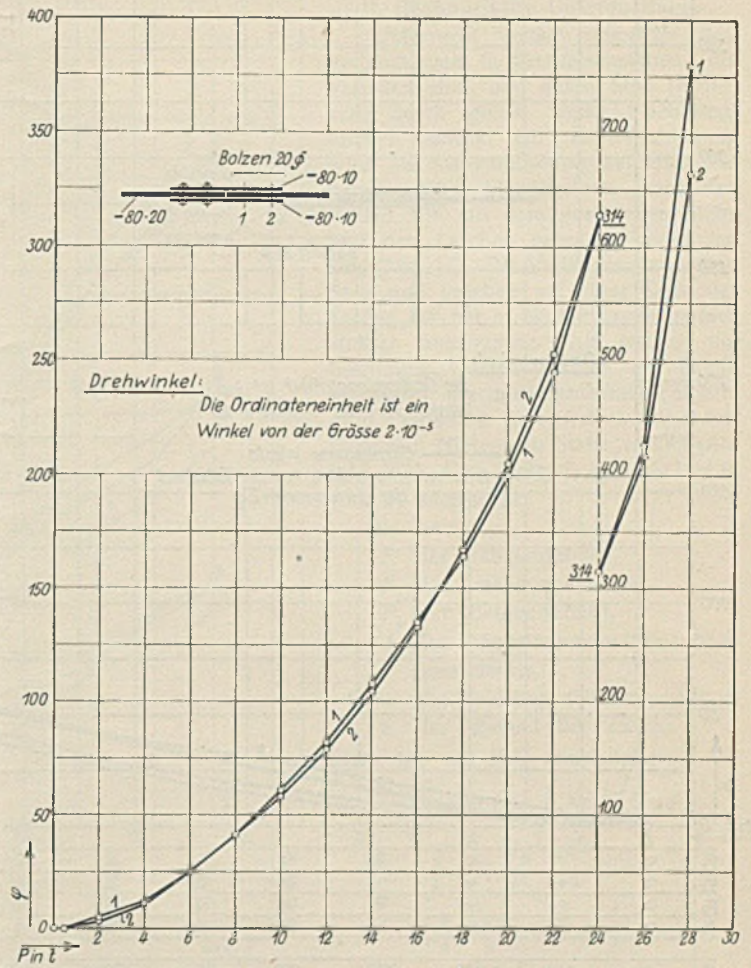
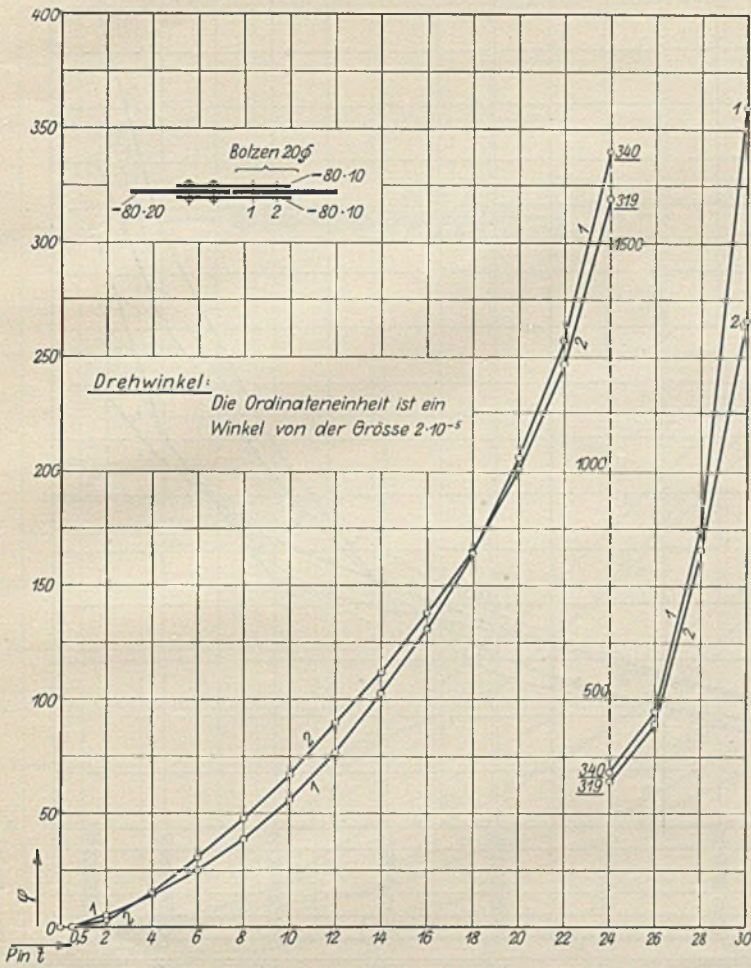


Abb. 4.

Tafel 3. Stab VIa. 6 Bolzen 20 mm ϕ .

Nutzbarer Stabquerschnitt $F_n = (14 - 2) 2 = 24 \text{ cm}^2$
 Nutzbarer Laschenquerschnitt $2 F_{Ln} = (14 - 2) 1 = 24 \text{ cm}^2$
 Abscherfläche $F_s = 2 \cdot 6 \cdot 3,14 = 37,7 \text{ cm}^2$
 Lochleibungsfläche $F_l = 6 \cdot 2 \cdot 2 = 24,0 \text{ cm}^2$.

P t	σ kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	σ_l kg/cm ²	φ_1		φ_2		φ_3		φ_4		φ_5		φ_6		$\Sigma \varphi$	Δa mm 10^{-2}
				$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%		
2	83	53	83	0						0		0		0			
5	208	133	208	3	75	0		0		-1	-25	1	25	1	25	4	0
10	417	265	417	10	35,7	4	14,3	3	10,7	-	3,6	4	14,3	8	28,6	28	0
15	625	398	625	18	30,5	10	16,9	4	6,8	2	3,4	7,5	13,6	17	28,8	58,5	0
20	833	531	833	25	29,1	16	18,6	8	9,3	4	4,7	12	13,9	21	24,4	86	0
25	1042	663	1042	35	28	22	18	10	8	9	7	18	15	30	24	124	0
30	1250	796	1250	45	26,5	29	17,1	16	9,4	13,5	8	26	15,3	40	23,6	169,5	0
35	1458	929	1458	51	24,2	36	17	21	10	19	9	35	16,6	49	23,2	211	0
37,5	1563	995	1563	56	24	40	17	24	10	23	10	38	16	56	24	237	0
40	1667	1062	1667	61	23,6	43	16,7	28	10,9	25	9,7	41	15,9	60	23,2	258	0
42,5	1771	1128	1771	67	23,4	47	16,4	31	10,8	28	9,8	47	16,4	66	23,1	286	0
45	1875	1194	1875														15
50	2083	1327	2083														20
55	2292	1459	2292														—
60	2500	1592	2500														27,5
65	2710	1725	2710														65
70	2920	1860	2920														130
75	3120	1990	3130														195
80	3340	2122	3340														287,5
84	3500	2230	3500														430
Versuch abgebrochen bei:																	
90	3750	2390	3750														
Δ von 25 bis 42,5 t					149,7		102,2		59,1		53,5		95,2		141,1		
hieraus Mittel					24,9		17,0		9,9		8,9		15,9		23,5		
Sollwerte					24,7		14,7		10,6		10,6		14,7		24,7		



P_t	0	3	5	15	31	48	67	90	112	138	166	200	247	319	400	1330/1795
σ	42	167	333	500	667	833	1000	1166	1333	1500	1666	1834	2000	2167	2332	2500 kg/cm ²
σ_s	40	159	319	478	637	797	956	1114	1274	1433	1593	1752	1911	2070	2230	2390 *
σ_l	63	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750 *

P_t	0	3	5	15	31	48	67	90	112	138	166	200	247	319	400	1330/1795
σ	42	167	333	500	667	833	1000	1166	1333	1500	1666	1834	2000	2167	2332	2500 kg/cm ²
σ_s	40	159	319	478	637	797	956	1114	1274	1433	1593	1752	1911	2070	2230	2390 *
σ_l	63	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750 *

Abb. 5.

Tafel 4. Stab VIIIa. 8 Bolzen 20,5 mm ϕ .

Nutzbarer Stabquerschnitt $F_n = (14 - 2,05) 2 = 23,9 \text{ cm}^2$
 Nutzbarer Laschenquerschnitt $2 F_{Ln} = 2(14 - 2,05) 1 = 23,9 \text{ cm}^2$
 Abscherfläche $F_s = 2 \cdot 8 \cdot 3,30 = 52,8 \text{ cm}^2$
 Lochleibungsfläche $F_l = 8 \cdot 2 \cdot 2,05 = 32,8 \text{ cm}^2$.

P t	σ kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	σ_l kg/cm ²	φ_1		φ_2		φ_3		φ_4		φ_5		φ_6		φ_7		φ_8		$\Sigma \varphi$	
				$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%	$5 \cdot 10^{-5}$	%		
2	84	38	61	0		0		0		0		0		0		0		0			
5	209	95	152	2	18,15	2	18,15	0		1	9,1	1	9,1	1	9,1	1	9,1	3	27,3	11	
10	418	189	305	6,5	19,7	4	12,1	1,5	4,5	4	12,1	3	9,1	2	6,1	3	9,1	9	27,3	33	
15	628	284	457	15	25,2	7	11,8	3	5,05	3	5,05	4	6,7	5	8,4	5,5	9,2	17	28,6	59,5	
20	837	373	610	21,5	27,2	9	14,4	2	2,5	3	3,8	4	5,1	7	8,9	7,5	9,5	25	31,6	79	
25	1046	473	762	30,5	28,9	11	10,4	3	2,9	5	4,75	5	4,75	7	6,6	11	10,4	33	31,3	105,5	
30	1255	568	915	38	27,0	18	12,8	6	4,25	6	4,25	7	4,95	10	7,1	15	10,6	41	29,05	141	
35	1464	663	1067	47	26,3	22	12,3	9,5	5,3	9	5,05	9	5,05	14	7,85	19	10,65	49	27,5	178,5	
40	1673	758	1220	55	24,9	29	13,1	13,5	6,1	12	5,4	11	4,9	17	7,7	26	11,7	58	26,2	221,5	
Versuch abgebrochen bei:																					
88 3685 1666 2685																					
Σ von 15 bis 40 t				159,5		74,8		26,1		28,3		31,45		46,55		62,05		174,25			
hierauf Mittel				26,6		12,5		4,4		4,7		5,24		7,76		10,3		29,0			
Sollwerte				23,5		13,1		7,8		5,6		5,6		7,8		13,1		25,5			

nähert sich dem Grenzfall 1 (Abschnitt II). In Abb. 12 erscheinen die über die Streckgrenze und im Vergleich zu Stab und Laschen höher beanspruchten Bolzen annähernd gleich stark verbogen.

Bei den Stäben VIa und VIIIa ist dagegen am Schluß des Versuchs die Beanspruchung von Stab und Laschen anscheinend höher als die der Bolzen. Hier nähert sich der Zustand mehr dem Grenzfall 2. In Abb. 15

und 17 erscheinen die äußersten Bolzen stark verbogen, während bei den Zwischenbolzen mit bloßem Auge eine Krümmung kaum zu erkennen ist.

Abgesehen von den ersten Laststufen, bei denen immer Abweichungen auftreten, stimmten die Versuchsergebnisse mit den rechnerisch festgestellten Werten der Tafel 5 (Abschnitt II) befriedigend, zum Teil sogar recht gut überein, solange die Spannungen unterhalb der Proportionalitäts-

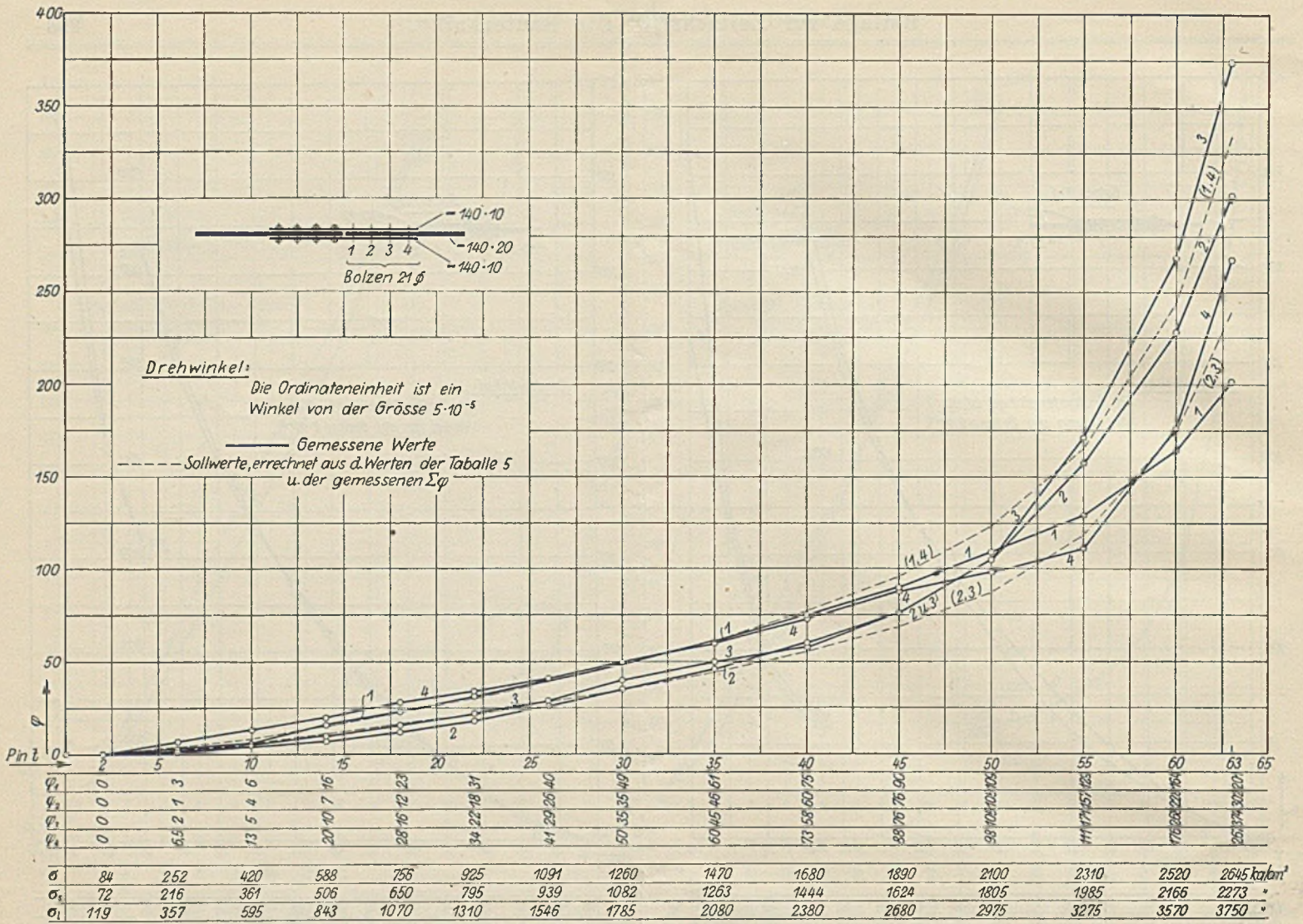


Abb. 6.

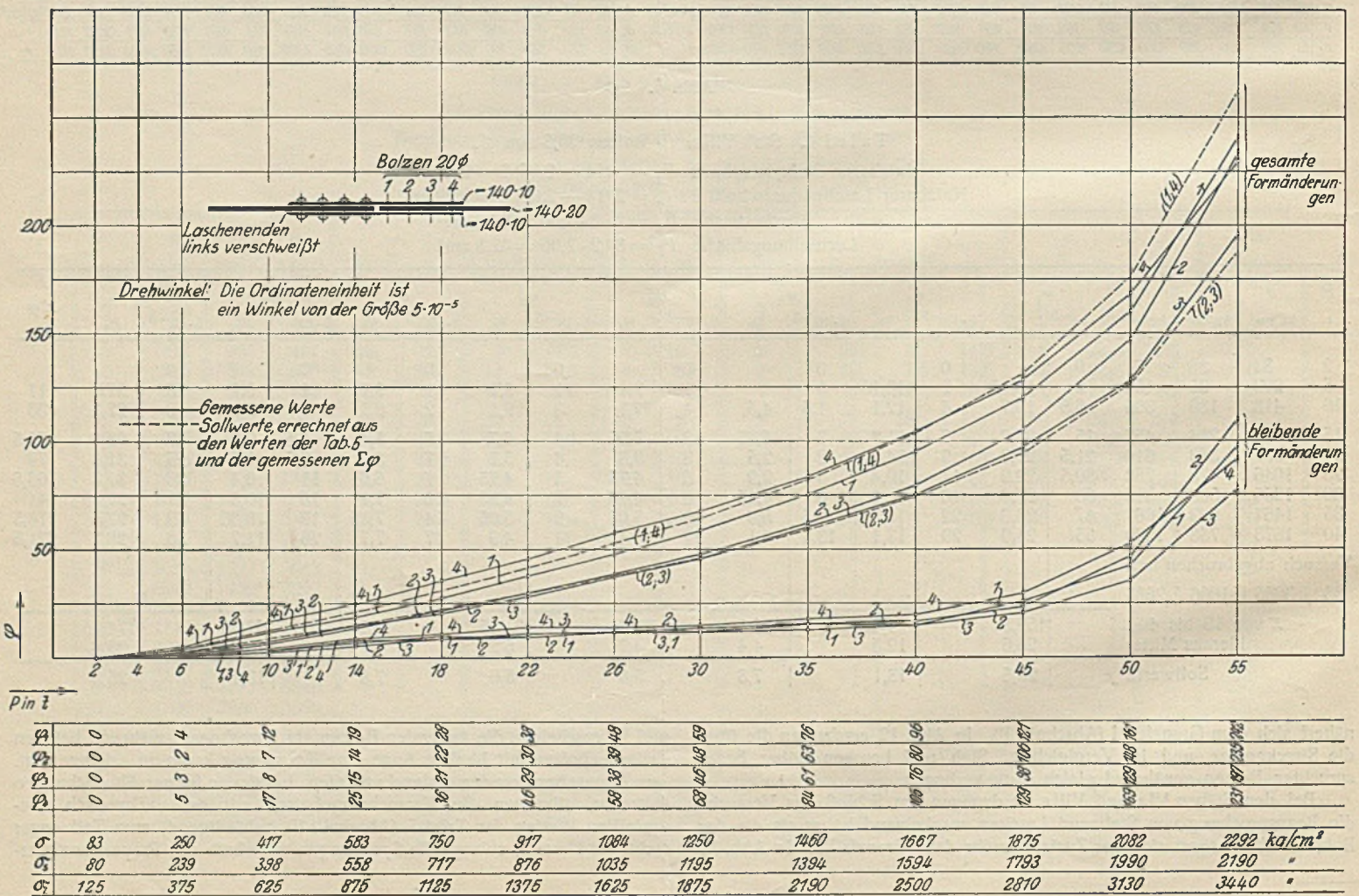


Abb. 7.

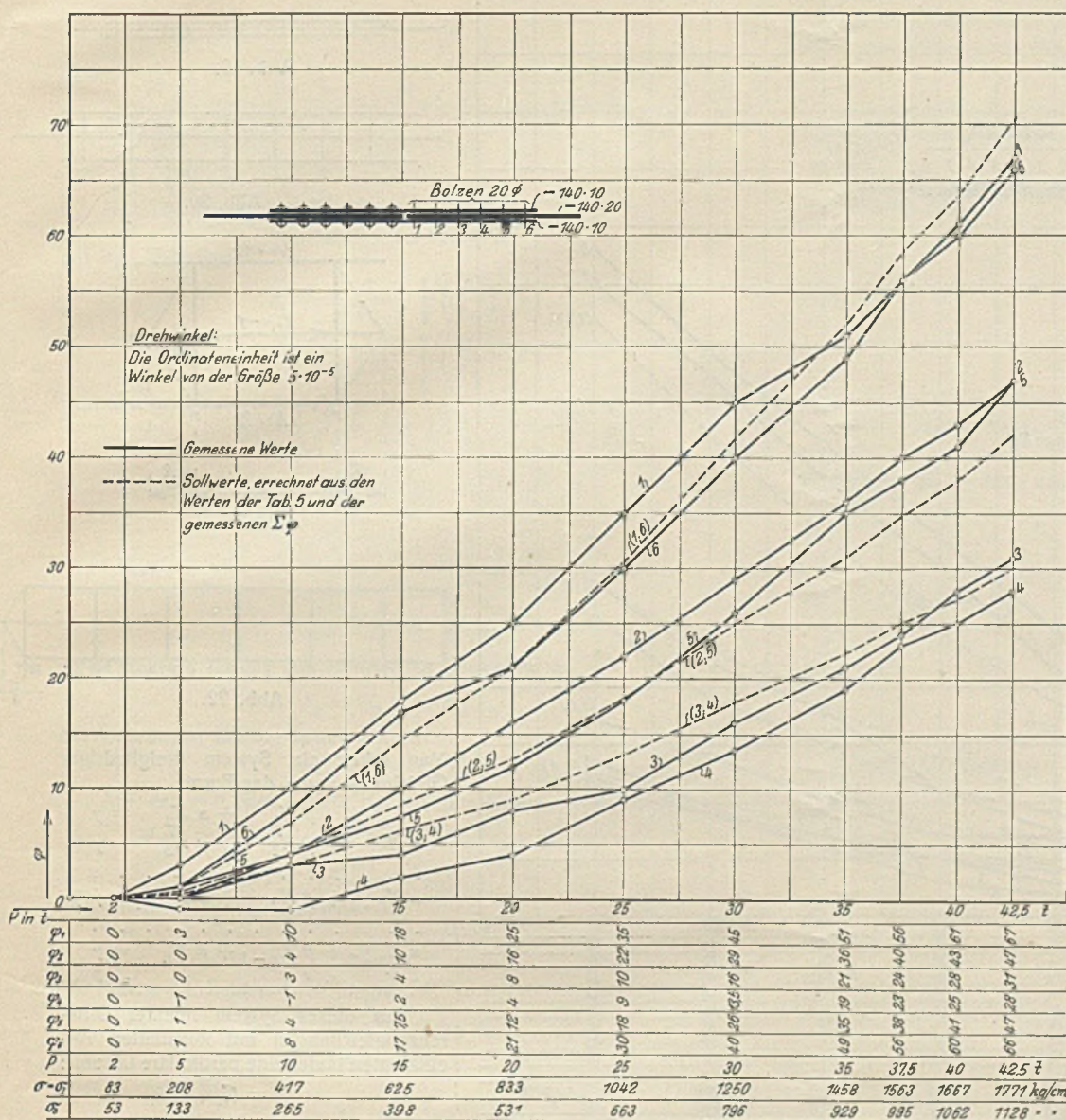


Abb. 8.

bzw. der Streckgrenze lagen. Bei höheren Spannungen war eine Übereinstimmung mit den Werten der Tafel 5 von vornherein nicht zu erwarten, hier tritt eine Annäherung an einen der beiden Grenzfälle ein, je nachdem, ob erst die Beanspruchung der Bolzen oder die der Stäbe und Laschen die Proportionalitäts- bzw. Streckgrenze erreicht.

Es ist beabsichtigt, diese Versuche fortzusetzen und Stäbe mit anderem Verhältnis u und mit nicht konstantem Stab- oder Laschenquerschnitt zu untersuchen, um auch über die Verteilung der Stabkraft auf einen Anschluß am Knotenblech Anschluß zu gewinnen. Über die Ergebnisse wird berichtet werden.

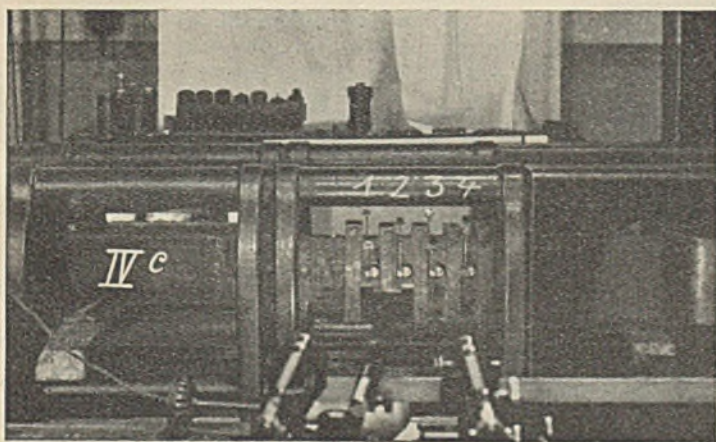


Abb. 10.

II. Rechnerische Untersuchung.

Untersucht werden einreihige Nietverbindungen in Flacheisenstäben, die gestoßen sind, und deren Stoß beiderseits durch gleich starke Flacheisenlaschen gedeckt ist. Die Verbindung wird als Stabverbindung aufgefaßt, in der die Niete biegungsfeste Stäbe darstellen, die mit dem gestoßenen Stabe und den Laschen gelenkig verbunden sind (Abb. 19). Die Verbindung zwischen Stab und Laschen auf einer Seite des Stoßes ist bei n Nietteilungen n -fach statisch unbestimmt. Als statisch unbestimmte Größen werden die Kräfte eingeführt, die in den einzelnen Feldern, d. h. zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Nieten, im Stabe wirken (Abbild. 20). Der Zustand $X_r = -1$ ist in Abb. 21 dargestellt.

- Es sei
- F der Stabquerschnitt,
- F_L der Laschenquerschnitt,
- F_b der Nietquerschnitt,
- J_b das Trägheitsmoment des Nietquerschnitts,
- s die Feldlänge (Nietteilung),
- e der Abstand der Laschen.

Dann ist, mit $E J_b$ multipliziert:

$$\begin{aligned} \delta_{rr} &= \int M_r^2 dx + \int N_r^2 \cdot \frac{J_b}{F} \cdot dx \\ &+ \times \int Q_r^2 \cdot \frac{J_b}{F} \cdot \frac{E}{G} \cdot dx \\ &= 2 \left(\frac{e}{4} \right)^2 \frac{e}{3} + (-1)^2 \frac{J_b}{F} \cdot s \\ &+ 2 \left(+ \frac{1}{2} \right)^2 \frac{J_b}{F_L} \cdot s \\ &+ 2 \times \frac{E}{G} \left(\frac{1}{2} \right)^2 \frac{J_b}{F_b} \cdot e \\ &= \frac{e^3}{24} + \left(\frac{J_b}{F} + \frac{J_b}{2 F_L} \right) s \\ &+ \frac{1}{2} \times \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e \\ &= \beta \end{aligned}$$

Dementsprechend wird

$$\begin{aligned} \delta_{r_1(r+1)} &= \left(+ \frac{e}{4} \right) \left(- \frac{e}{4} \right) \frac{e}{3} + \times \cdot \frac{E}{G} \left(+ \frac{1}{2} \right) \left(- \frac{1}{2} \right) \frac{J_b}{F_b} \cdot e \\ &= - \frac{e^3}{48} - \frac{1}{4} \times \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e \\ &= \alpha \\ \delta_{r_1(r+2)} &= 0. \end{aligned}$$

Der Zustand $X=0$ ist für eine Kraft 1 im Stabe in Abb. 22 dargestellt. Für $r=1$ bis $(n-1)$ ist dann

$$\begin{aligned} \delta_{0r} &= 2 \left(+ \frac{1}{2} \right)^2 \frac{J_b}{F_L} \cdot s \\ &= + \frac{1}{2} \cdot \frac{J_b}{F_L} \cdot s \\ &= \gamma. \end{aligned}$$

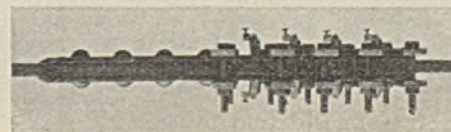


Abb. 11.

Für $r = n$ ist

$$\begin{aligned} \delta_{0n} &= \left(+ \frac{e}{4} \right)^2 \frac{e}{3} + 2 \left(+ \frac{1}{2} \right)^2 \frac{J_b}{F_L} \cdot s + \left(\frac{1}{2} \right)^2 \times \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e \\ &= \frac{e^3}{48} + \frac{1}{2} \cdot \frac{J_b}{F_L} \cdot s + \frac{1}{4} \times \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e \\ &= \delta. \end{aligned}$$

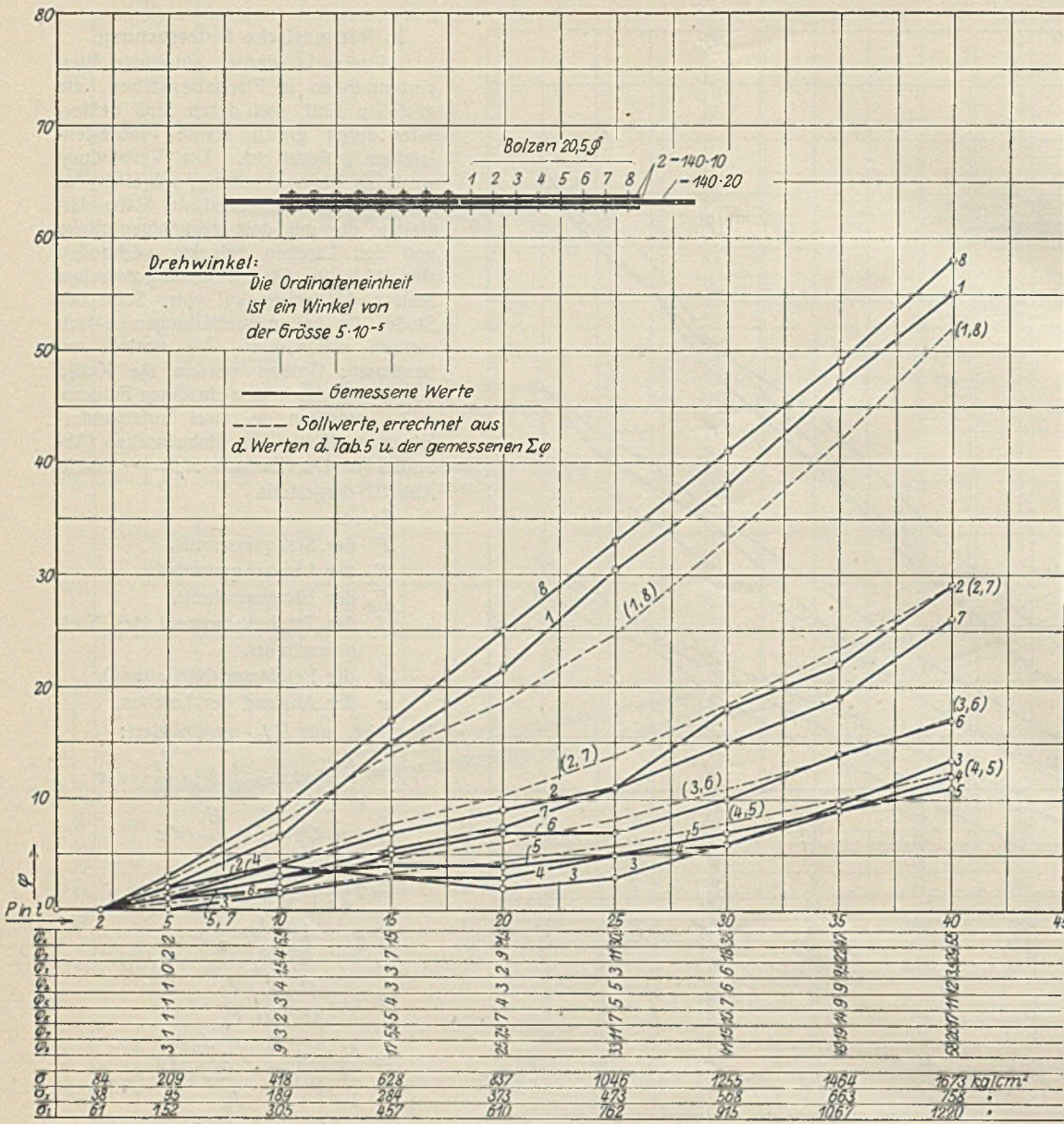


Abb. 9.

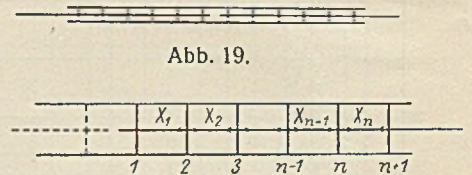


Abb. 19.

Abb. 20.

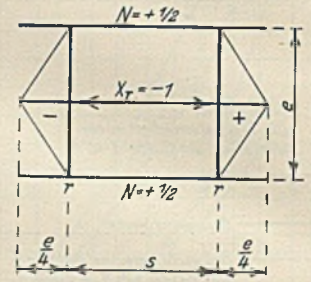


Abb. 21.

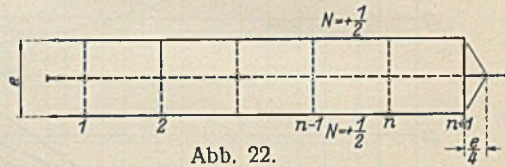


Abb. 22.

Man erhält ein System dreigliedriger Gleichungen von der Form:

$$\begin{aligned} \beta X_1 + \alpha X_2 &= \gamma \\ \alpha X_1 + \beta X_2 + \alpha X_3 &= \gamma \\ \dots & \dots \\ \alpha X_{r-1} + \beta X_r + \alpha X_{r+1} &= \gamma \\ \dots & \dots \\ \alpha X_{n-2} + \beta X_{n-1} + \alpha X_n &= \gamma \\ \alpha X_{n-1} + \beta X_n &= \delta. \end{aligned}$$

Für dieses System linearer Differenzgleichungen mit konstanten Koeffizienten lautet eine partikuläre Lösung:

$$X_r = C_1$$

$$C_1 = \frac{\gamma}{2\alpha + \beta}$$

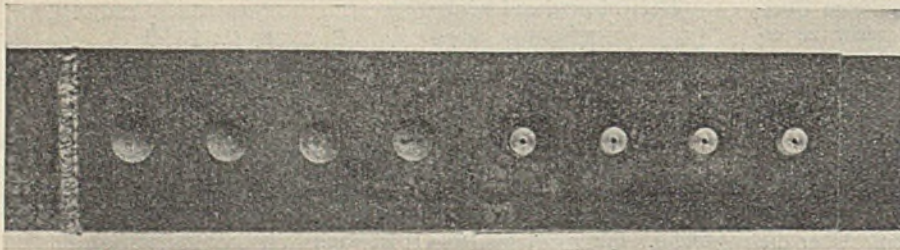


Abb. 13.

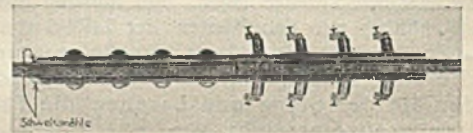


Abb. 12.

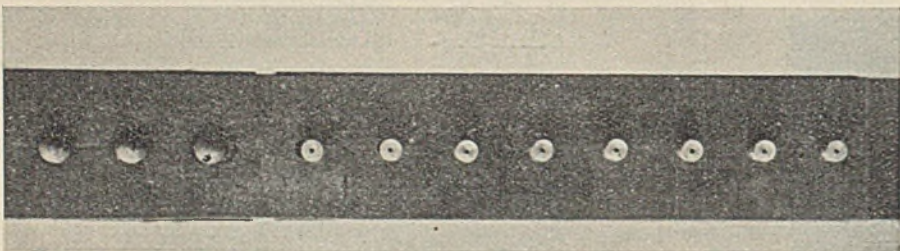


Abb. 18.



Abb. 14.

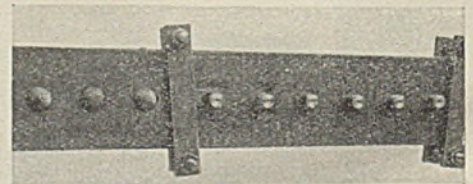


Abb. 16.

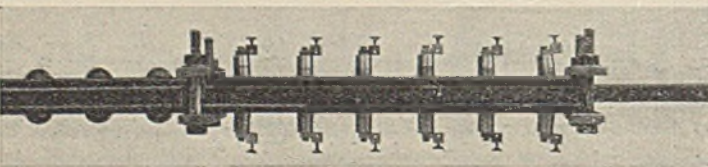


Abb. 15.

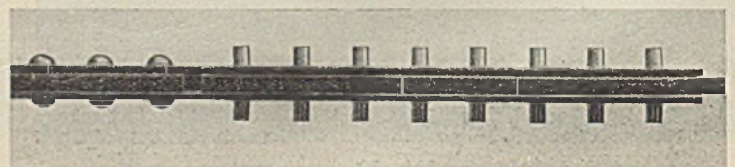


Abb. 17.

$$C_1 = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{J_b}{F_L} \cdot s}{-\frac{e^3}{24} - \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e + \frac{e^3}{24} + \left(\frac{J_b}{F} + \frac{J_b}{2F_L}\right) s + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e}$$

$$= \frac{F}{F + 2F_L}$$

Nach Auflösung der Gleichung:

$$\alpha z^2 + \beta z + \alpha = 0$$

mit den Wurzeln:

$$z_1 = -\frac{\beta}{2\alpha} + \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - 1}$$

$$z_2 = -\frac{\beta}{2\alpha} - \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - 1}$$

worin

$$\frac{\beta}{2\alpha} = \frac{\frac{e^3}{24} + \left(\frac{J_b}{F} + \frac{J_b}{2F_L}\right) s + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e}{-\frac{e^3}{24} - \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e}$$

$$= -1 - \frac{\left(\frac{J_b}{F} + \frac{J_b}{2F_L}\right) \cdot s}{\frac{e^3}{24} + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e}$$

ergibt sich die Lösung der homogenen Gleichung zu

$$X_r = C_2 z_1^r + C_3 z_2^r$$

Die allgemeine Lösung lautet danach:

$$X_r = C_1 + C_2 z_1^r + C_3 z_2^r$$

Auf den r ten Niet entfällt danach eine Kraft von der Größe:

$$\Delta X_r = X_r - X_{r-1} = C_2 (z_1^r - z_1^{r-1}) + C_3 (z_2^r - z_2^{r-1})$$

$$= C_2 (z_1 - 1) z_1^{r-1} + C_3 (z_2 - 1) z_2^{r-1}$$

Die Grenzbedingungen lauten:

$$X_0 = 0$$

$$X_{n+1} = 1$$

Sie liefern die beiden Gleichungen:

$$0 = C_1 + C_2 \cdot z_1^0 + C_3 \cdot z_2^0$$

$$1 = C_1 + C_2 \cdot z_1^{n+1} + C_3 \cdot z_2^{n+1}$$

Daraus ergibt sich

$$C_2 = \frac{C_1 (z_2^{n+1} - 1) + 1}{z_1^{n+1} - z_2^{n+1}}$$

$$C_3 = -\frac{C_1 (z_1^{n+1} - 1) + 1}{z_1^{n+1} - z_2^{n+1}}$$

Setzt man:

$$\frac{C_1 (z_2^{n+1} - 1) + 1}{z_1^{n+1} - z_2^{n+1}} (z_1 - 1) = A_n$$

$$-\frac{C_1 (z_1^{n+1} - 1) + 1}{z_1^{n+1} - z_2^{n+1}} (z_2 - 1) = B_n$$

so erhält man den auf den r ten Niet entfallenden Kraftanteil in der Form

$$\Delta X_r = A_n z_1^{r-1} + B_n z_2^{r-1}$$

Theoretisch sind zwei Grenzfälle denkbar:

Fall 1: Stab und Laschen sind starr, Niete elastisch.

Fall 2: Stab und Laschen sind elastisch, Niete starr.

In Fall 1 wird:

$$\delta_{rr} = \frac{e^3}{24} + \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e = \beta$$

$$\delta_{r(r+1)} = -\frac{e^3}{48} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e = \alpha = -\frac{\beta}{2}$$

$$\delta_{r(r+2)} = 0,$$

für $r=1$ bis $(n-1)$:

$$\delta_{or} = 0,$$

für $r=n$:

$$\delta_{on} = \frac{e^3}{48} + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \frac{E}{G} \cdot \frac{J_b}{F_b} \cdot e = -\alpha = +\frac{\beta}{2}$$

Daraus ergibt sich

$$z_1 = +1$$

$$z_2 = +1.$$

Die charakteristische Gleichung hat Doppelwurzeln, die Lösung der Differenzgleichung lautet danach hier

$$X_r = A + B r.$$

Die Grenzen $X_0 = 0$ und $X_{n+1} = 1$ liefern die Bedingungen zur Errechnung von A und B :

$$0 = A + B \cdot 0$$

$$1 = A + B(n+1)$$

und hieraus folgt:

$$A = 0$$

$$B = \frac{1}{n+1}$$

Also

$$X_r = \frac{r}{n+1}$$

$$\Delta X_r = \frac{1}{n+1}$$

Die Kraft 1 verteilt sich also gleichmäßig auf alle Niete.

Fall 2:

In diesem Fall — Stab und Laschen elastisch, Niete starr — wird:

$$\delta_{rr} = \left(\frac{J_b}{F} + \frac{J_b}{2F_L}\right) s = \beta$$

$$\delta_{r(r+1)} = 0,$$

für $r=1$ bis $(n-1)$:

$$\delta_{or} = \frac{1}{2} \cdot \frac{J_b}{F_L} \cdot s = \gamma,$$

für $r=n$:

$$\delta_{on} = \frac{1}{2} \cdot \frac{J_b}{F_L} \cdot s = \delta = \gamma.$$

Aus den dreigliedrigen Gleichungen werden eingliedrige von der Form

$$\beta X_r = \gamma.$$

Daraus

$$X_r = \frac{\gamma}{\beta} = \text{konst.}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{J_b}{F_L}}{\frac{J_b}{F} + \frac{J_b}{2F_L}} = \frac{F}{F + 2F_L}$$

$$\Delta X_r = 0 \text{ für } r=2 \text{ bis } n$$

$$\Delta X_1 = \frac{F}{F + 2F_L}$$

$$\Delta X_{n+1} = 1 - \frac{F}{F + 2F_L} = \frac{2F_L}{F + 2F_L}$$

Es sind also nur das erste und das letzte Niet der Nietreihe beansprucht, alle dazwischenliegenden sind spannungslos.

Zahlenbeispiel. Es sind die oben beschriebenen Versuchsstäbe berechnet worden, für die das Verhältnis $\mu = F_L : F = 1 : 2$ ist. Da später noch Reihen mit anderen Querschnittsverhältnissen geprüft werden sollen, wird diese Reihe als „Reihe 1“ bezeichnet.

Reihe 1.

$$\mu = F_L : F = 1 : 2$$

Stabquerschnitt $\varnothing 140 \cdot 20$

Laschenquerschnitt $\varnothing 140 \cdot 10$

$$F = 28 \text{ cm}^2$$

$$F_L = 14 \text{ cm}^2.$$

Statt der Niete Bolzen von 21 mm \varnothing :

$$F_b = 3,46 \text{ cm}^2$$

$$J_b = 0,96 \text{ cm}^4$$

$$s = 7 \text{ cm}$$

$$e = 3 \text{ cm.}$$

Für den Kreisquerschnitt ist:

$$\pi = \frac{32}{27},$$

Ferner ist angenommen

$$\frac{E}{G} = \frac{8}{3},$$

Damit ergibt sich

$$\frac{\beta}{2\alpha} = 1,196 689$$

$$z_1 = 1,854 005$$

$$z_2 = 0,539 373.$$

In der folgenden Tafel 5 sind für Felderzahlen $n = 1$ bis 7 die Werte ΔX_r , also die auf die einzelnen Niete entfallenden Anteile der Kraft 1, zusammengestellt.

Tafel 5. Reihe 1. $F_L:F=1:2$.

n	r	ΔX_r	n	r	ΔX_r	n	r	ΔX_r	n	r	ΔX_r
1	1	0,500 000	4	1	0,261 756	6	1	0,239 161	7	1	0,235 056
	2	0,500 000		2	0,168 036		2	0,136 552		2	0,130 833
2	1	0,352 654		3	0,140 417		3	0,087 661		3	0,078 077
	2	0,294 692		4	0,168 036		4	0,073 253		4	0,056 034
	3	0,352 654		5	0,261 756		5	0,087 661		5	0,056 034
3	1	0,291 090	5	1	0,246 907		6	0,136 552		6	0,078 077
	2	0,208 910		2	0,147 346		7	0,239 161		7	0,130 833
	3	0,208 910		3	0,105 747					8	0,235 056
	4	0,291 090		4	0,105 747						
				5	0,147 346						
				6	0,246 907						

Zweigleisige Straßenbahn-Überführung in Stahlkonstruktion über die Oker am Hauptbahnhof in Braunschweig.

Alle Rechte vorbehalten.

Von H. Maushake.

Die bestehende eingleisige Straßenbahnbrücke über die Oker genügt dem immer größer werdenden Verkehr nicht mehr, sie mußte daher durch eine zweigleisige stärkere Überführung ersetzt werden.

Die Form der neuen Brückenhauptträger hat sich mit Rücksicht auf die gestellten Bedingungen ergeben. In Brückenmitte war das Maß 0,4 m zwischen dem höchsten Wasserstande und der Konstruktionsunterkante vorgeschrieben und bis Oberkante Schiene $0,4 + 0,7 = 1,1$ m, so daß für die Fahrbahn nur die geringe Bauhöhe von 70 cm zur Verfügung stand. Außerdem sollte die neue Konstruktion möglichst wenig aus dem Bahnhofsgelände hervortreten. Um diesen Forderungen zu entsprechen, mußten die Gurtungen der Hauptträger mit ungleich laufenden Bogenlinien zur Ausführung kommen (Abb. 1). Die Pfeilhöhe beträgt für den Obergurt rd. 40 cm und für den Untergurt rd. 85 cm bei einer Stützweite von 21,8 m. Die Systemhöhe der Brückenhauptträger ist in der Mitte etwa 1,8 m und an den Auflagern etwa 2,26 m. Die Schrägstäbe sind nach der Mitte fallend gewählt, die Vertikalstäbe werden im Abstände von 2,18 m angeordnet.

Die Brückenbreite von 8,4 m ist bedingt durch den zweigleisigen Verkehr und dadurch, daß von der Stadtseite aus die Brücke noch die Gleiskrümmungen teilweise aufzunehmen hat. (Bei der alten Brücke betrug die Breite 2,8 m.)

Die Fahrbahn ist aus Quer- und Längsträgern mit darauf ruhenden Eichenschwellen zur Aufnahme der Gleise gebildet. Die Abdeckung mit 5 cm starken Kiefernbohlen auf Lagerhölzern besteht bis auf den Weichenenteil aus abnehmbaren Tafeln mit Verschraubung, damit die Fahrbahnkonstruktion für Anstrich und andere Zwecke bequem zugänglich ist. Die Fahrbahn-Quer- und Längsträger wurden aus Peiner Breitflanschträgern hergestellt. Unterhalb der Fahrbahnträger ist ein waagerechter Verband zur Aufnahme der Wind- und Bremskräfte angeordnet. Das Material der Brücke ist Flußstahl St 37, das der Stahlgußauflager St 52. Mit Ausnahme der beiden Hauptträgergurtungen und des waagerechten Verbandes sind für das Bauwerk Peiner Breitflanschträger verwandt worden, weil diese für die Ausführung von derartigen Bauwerken Vorteile bieten, die im allgemeinen mit zusammengesetzten Profilen nicht zu erreichen sind. Bei der beschränkten Bauhöhe stand beispielsweise für die mittleren Querträger nur eine Höhe von 50 cm zur Verfügung, wodurch sich das ungewöhnliche Verhältnis $h:l = 1:16,8$ ergab. Trotzdem genügte auch hier mit Berücksichtigung der zulässigen Durchbiegung ein Peiner Breitflanschprofil.

Der statischen Berechnung wurde ein Lastenzug für ein Gleis, bestehend aus zwei Motorwagen mit Anhänger, zugrunde gelegt und die Achslast für den Motorwagen mit je 10 t und für den Anhänger mit je 6,2 t bei zwei Achsen je Wagen angenommen. Die Berechnung ist aufgestellt nach den Vorschriften für Eisenbauwerke der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom Jahre 1925 mit einer zulässigen Baustoffbeanspruchung für Hauptkräfte von 1400 kg/cm^2 und für Haupt-, Wind- und Zusatzkräfte von 1600 kg/cm^2 .

Für die Aufstellung wurde die alte abzubauenende Brücke als Rüstung benutzt und damit eine wesentliche Ersparnis bei dem Bau der Brücke erreicht. Großer Wert mußte auch auf eine möglichst kurze Unterbindung des Straßenbahnverkehrs gelegt werden. Daher wurde die alte Brücke erst außer Verkehr gesetzt, als der erste außerhalb der alten Brücke liegende Teil der neuen Widerlager fertiggestellt war. Auf diesen ersten neuen Widerlagerteil wurde die alte Brücke unter Anheben geschoben, dann konnten die alten Widerlager abgebrochen und die neuen Lager auf der ganzen Breite vollendet werden. Die eigentliche Aufstellung der neuen Brücke wurde nun begonnen, indem die Hauptträger auf dem alten Brückengerüst zusammengebaut und auf die Lager abgesetzt wurden unter Sicherung durch Verankerung nach den Böschungen (Abb. 2). Nachdem die ersten Querträger zwischen den Hauptträgern eingezogen waren, konnte das alte Gerüst auf der neuen Brücke entsprechend dem Baufortschritt abgestützt und in einzelnen Stücken weggeschafft werden. Die Aufstellung der Brücke wurde am 12. August begonnen und bis auf Anordnung des Geländers am 14. September, also innerhalb fünf Wochen, beendet.

Zeichnungen oder Unterlagen für das bestehende alte Widerlager waren nicht vorhanden. Es war also auch nicht vorauszusehen, ob es zur Aufnahme der neuen Brücke genügte.

Aus Sicherheitsgründen wurde beschlossen, die alten Auflager zu entfernen und das Widerlager vollständig neu herzustellen. Da der Betrieb zunächst aufrechterhalten werden mußte, war man gezwungen, in zwei Bauabschnitten zu arbeiten. Bei der Bodenuntersuchung stellte sich heraus, daß unter dem Bauwerk eine starke Schicht Schwemmsand vorhanden war. Aus diesem Grunde wurden etwa 6 bis 7 m lange Holzpfähle angeordnet und bei der Untersuchung des Widerlagers so vorgegangen, daß der Boden mit $1,1 \text{ kg/cm}^2$ belastet und der Rest durch Pfähle aufgenommen wurde.

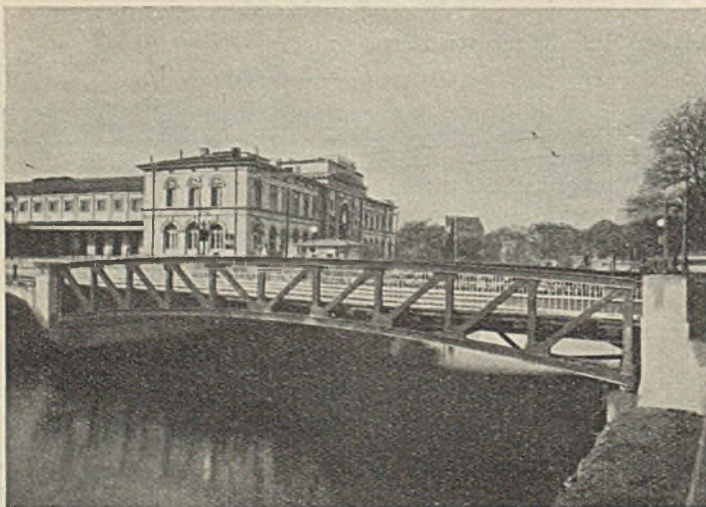


Abb. 1.

Neue zweigleisige Straßenbahnbrücke am Braunschweiger Bahnhof.

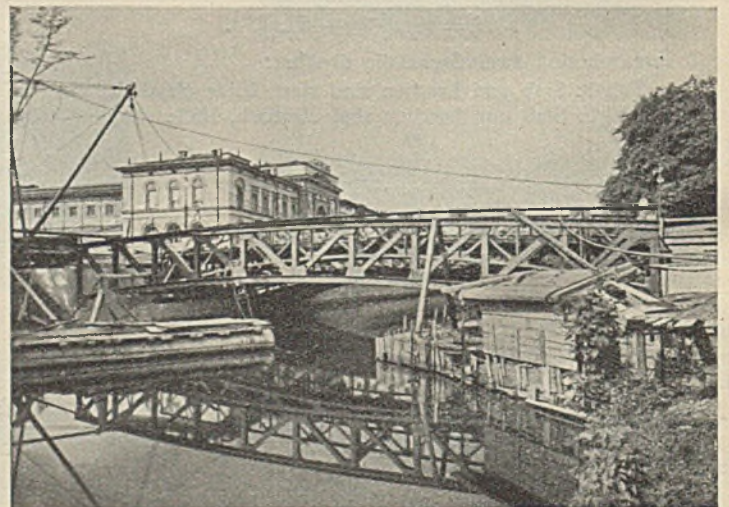


Abb. 2.

Montage der neuen Straßenbahnbrücke über die Oker.

Die vier Auflager der beiden Hauptträger wurden durch eine Spiralbewehrung gesichert. Um bei einem ungleichmäßigen Setzen eine Ribbildung im Widerlager zu vermeiden, wurden beide Hälften durch eine starke, in Höhe der Auflager angeordnete Eisenbetondecke verbunden.

Die beiden Baugruben wurden durch Fangedämme eingefasst. Das Schlagen von Spundwänden erschien nicht ratsam, da auf und in der Sohle große Steine vorhanden waren. Trotzdem war man später gezwungen, noch eiserner Spundwände vorzusehen, da unter den Fangedämmen verschiedentlich Wassereintrüche erfolgten. Der Wasserandrang durch in der Baugrube vorhandene Quellen war so stark, daß drei Zentrifugalpumpen von 125 bis 175 mm Durchmesser erforderlich waren,

um das Wasser zu halten und die Drainage legen zu können. — Mit den Arbeiten wurde am 22. Mai 1929 begonnen. Am 15. August 1929 waren die Widerlager fertiggestellt.

Die Prüfung der statischen Berechnung und Ausführungsunterlagen, sowie die Abnahme wurden Herrn Professor Dr. techn. Schönhofer an der Technischen Hochschule in Braunschweig übertragen. Die Belastungsprobe ergab die günstige Durchbiegung von nur 12 mm. In der statischen Berechnung war sie mit 15,8 mm festgelegt.

Mit der Lieferung der Brücke wurde die Firma Gasometer-Wilke A.-G., Braunschweig, betraut und mit den Gründungsarbeiten die am gleichen Platze ansässige Firma Drenckhahn & Sudhop A.-G.

Verschiedenes.

Schweißung von Stahlkonstruktionen bei einer Krafthaus-erweiterung. (Nach Eng. News-Record, Bd. 103 (29), Nr. 10, S. 376/78.) Einen neuen Beweis für das Vertrauen, das man in Amerika der Sicherheit geschweißter Verbindungen entgegenbringt, liefert der umfangreiche Erweiterungsbaue des Krafthauses des Haddon Hall and Chalfonte Hotel, Atlantic City, N. J., das kürzlich unter Anwendung der Lichtbogenschweißung ausgeführt wurde. Maßgebend für die Wahl dieses Verfahrens war — wie auch schon in anderen Fällen — der Wunsch, die Belästigung der Hotelgäste durch den Lärm der Nietarbeiten zu vermeiden.

Der Erweiterungsbau schließt sich unmittelbar an den alten Teil des Krafthauses an. Er hat bei einer Grundfläche von 22,66 x 24,38 m die beträchtliche Höhe von 40,85 m über dem Gelände, also etwa die Höhe eines zehnstöckigen Bürohauses. Bemerkenswert sind auch die zum Teil außerordentlich hohen Deckenbelastungen (Abb. 1 u. 2).

Das Krafthaus ist in 6 Stockwerke aufgeteilt; außerdem sind zwei weitere Zwischengeschosse vorgesehen. Im ersten Geschoß sind die Maschinen und Kompressoren untergebracht, darüber liegt der Aschenraum und die Werkstatt, das dritte Stockwerk enthält die Kessel, das vierte die Eismaschinenanlage, im fünften befindet sich die Wäscherei und im sechsten Räume für das Personal. In einem Dachaufbau sind die Tanks untergebracht.

Der Berechnung der Schweißnähte wurden folgende Höchstbeanspruchungen zugrundegelegt:

Zug in der Schweißnaht	980 kg/cm ²	} in Stumpfnähten,
Druck	1260 "	
Scherung	790 "	

Das heißt:

357 kg/cm ² für 1/4" starke Kehlnähte,
536 " " " 3/8" " " "
715 " " " 1/2" " " "

Mit Rücksicht auf den am Anfang und Ende einer Schweißung sich bildenden Krater erhielten sämtliche Nähte zur berechneten Länge einen Zuschlag von 1/2". Weiterhin wurde Wert darauf gelegt, die Schweißnähte so anzuordnen, daß sie nur Scher- oder reine Druckkräfte aufzunehmen hatten, während Zugbeanspruchungen, ausgenommen bei sekundären Verbindungen, nach Möglichkeit vermieden werden sollten.

Der ausführenden Firma, der Bethlehem Steel Co., war ausdrücklich vorgeschrieben worden, sämtliche auf der Baustelle herzustellenden Verbindungen ausschließlich durch Lichtbogenschweißung auszuführen. Bolzenverbindungen wurden nur für Montagezwecke zugelassen. Dagegen war es freigestellt, in der Werkstatt auch von Nieten Gebrauch zu machen, soweit sich dadurch eine bequemere Ausführung ermöglichen ließ. Außer bei einigen Verbindungen der Deckenträger mit den Unterzügen wurde jedoch überall die Schweißung bevorzugt. — Um die Verunreinigung der Schweißnähte durch verbrannte Farbe zu verhindern, erhielten die einzelnen Stahlteile keinen Werkstattanstrich, sondern nur einen Überzug mit Leinöl.

Die Montagewinkel und Konsolen wurden, ebenso wie die Trägerenden, mit Bohrungen zur Aufnahme der Montagebolzen versehen und sämtlich in der Werkstatt an die Stützen geschweißt. Die auf der Baustelle herzustellenden Schweißnähte waren von vornherein so angeordnet, daß die Schweißer bequem arbeiten konnten. Infolgedessen genügte eine leichte schwebende Rüstung für alle Schweißarbeiten.

Der Anschluß an den bestehenden Gebäudeteil gestaltete sich sehr einfach (Abb. 3). Die Verkleidung der alten Stützen brauchte nur an den Stellen entfernt zu werden, an denen die Unterzüge des neuen Teils angebracht werden sollten, und nur soweit, daß der Schweißer unbehindert arbeiten konnte. Die neuen Unterzüge wurden länger als nötig angeliefert und erst auf der Baustelle mit dem Brenner abgeschnitten.

Abb. 4 zeigt den Fuß der schwersten Stütze, die eine Last von 760 t auf den Untergrund überträgt. Die Fußwinkel wurden in der Werkstatt an die Grundplatte geschweißt und dann mit vier Löchern für die Ankerbolzen versehen.

Die Stütze selbst wurde sowohl mit den Fußwinkeln als auch mit der Grundplatte direkt verschweißt.

Die in Abb. 5 u. 6 dargestellten verschiedenen Anschlüsse der Unterzüge an die Säulen sind insofern interessant, als die bei Nietkonstruktionen geltenden Regeln hier vollkommen umgestoßen sind. Die Auflagerung eines — noch dazu hochbelasteten — Trägers auf einen einfachen Auflagerwinkel z. B. wäre bei Verwendung von Nieten ganz undenkbar.

Irgendwelche Schwierigkeiten bei der Montage haben sich nicht ergeben, so daß die ganze 560 t wiegende Stahlkonstruktion in einem Monat errichtet werden konnte.

Deckenbelastungen		beweglich		ruhend	
Tanks (15000 gal)	195	390	195	390	
Dach	195	490	195	490	
6. Gesch.	735	490	735	490	
5. " "	735	490	735	490	
4. " "	1600	610	1600	610	
spät. Zwisch-Gesch.	585	390	585	390	
3. Gesch.	975	585	975	585	
2. " "	975	540	975	540	
spät. Zwisch-G.	585	390	585	390	
1. Gesch.	976	540	976	540	
Pumpenraum	4270		4270		

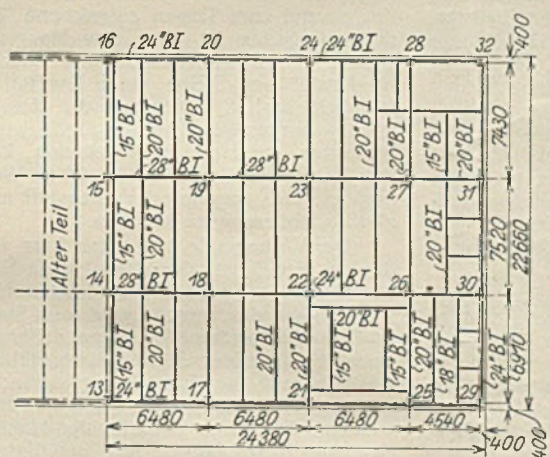


Abb. 2. Grundriß des 2. Geschosses.

Abb. 1. Geschoßhöhen und Deckenbelastungen.

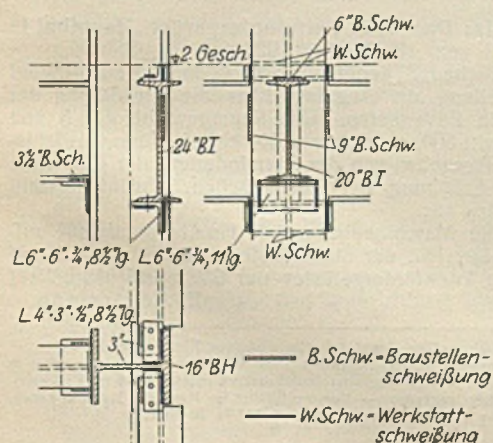


Abb. 5. Anschluß der Unterzüge an die äußeren Stützen.

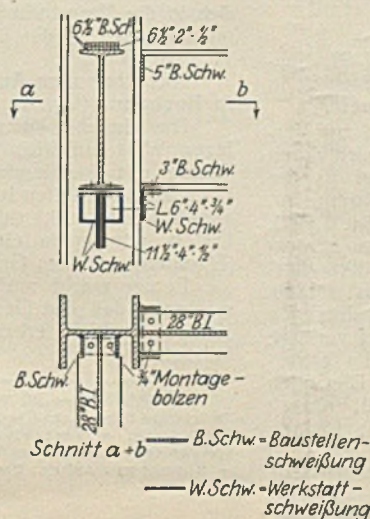


Abb. 6. Regelanßluß.

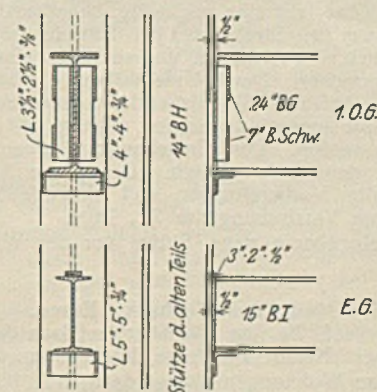


Abb. 3. Anschluß an die bestehenden Stützen.

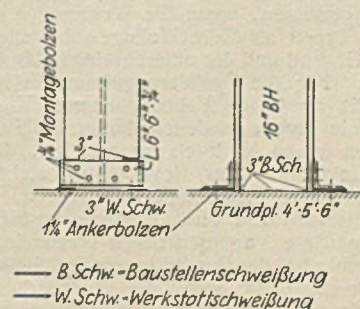


Abb. 4. Stützenfuß.

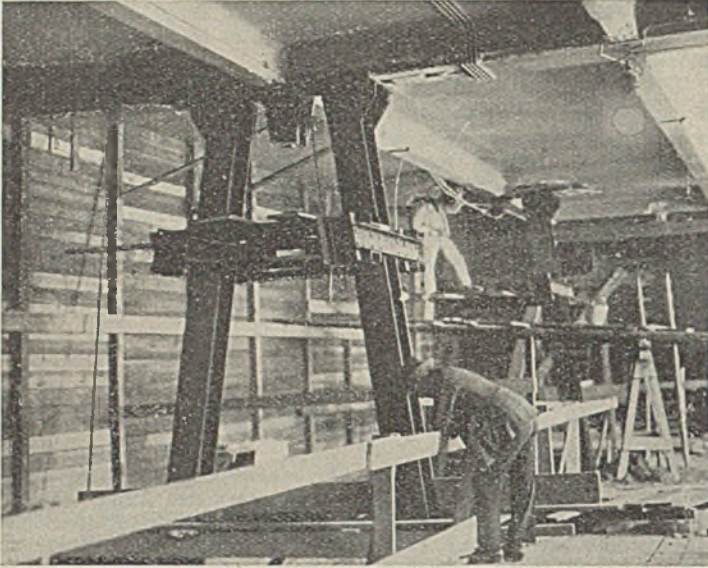


Abb. 1. Die Stützung des Unterzugs während der Stützensauswechslung.

Umbau eines Druckereigebäudes. In Heft 18 des laufenden Jahres dieser Zeitschrift wurde bereits über den Bau des großen Druckereigebäudes Knorr & Hirth in München berichtet. Von sachkundiger Seite wurden hierbei insbesondere die schwierigen und beengten Verhältnisse eingehend beschrieben und dargetan, daß im Hinblick auf die knappe Fertigstellungsfrist und die sonstigen äußersten Anforderungen, nicht zuletzt solche der Wirtschaftlichkeit, der Ausbau nur in Stahlkonstruktion in Betracht kam.

Ähnlich lagen die Verhältnisse bei dem im Jahre 1927 von der Firma Breslauer Träger- und Baueisen-Gesellschaft m. b. H. ausgeführten Um- und Erweiterungsbau der „Breslauer Neuesten Nachrichten“, also ebenfalls einem großen Druckereibetriebe. Das alte Gebäude war bereits als Stahlskelettbau errichtet, wodurch sich für den Um- und Erweiterungsbau besonders günstige Verhältnisse ergaben. Weitgehendes Interesse durfte die hierbei vorgenommene Auswechslung von Stahlstützen bieten. In dem bestehenden Gebäude war lediglich das Erdgeschoß zur Aufnahme von Rotationsmaschinen bestimmt. Da die neu aufzustellenden Maschinen erheblich größere Höhe aufwiesen, mußte für ihre Aufstellung noch das Kellergeschoß hinzugenommen und die zwischen beiden Geschossen befindliche Decke ausgebaut werden. Die im Erdgeschoß vorhandenen Stützen reichten dort nur bis zum Fußboden und mußten infolgedessen durch neue längere, bis zum Kellergeschoßboden hinreichende Stützen ersetzt werden. Da die alten Stützen in einem Strang durch mehrere Geschosse reichten und je 350 t Gesamtlast aufzunehmen hatten, und da ferner der Geschäftsbetrieb des Hauses durch den Umbau nicht gestört werden durfte, waren besondere Maßnahmen für die Auswechslung erforderlich.

Wie Abb. 1 zeigt, wurde seitlich der alten Stützen im Erdgeschoß eine besondere bis zum Kellerfußboden reichende, behelfsmäßige Abfangkonstruktion, bestehend aus zwei Streben aus Breitflanschträgern, eingebaut. Beide Streben waren durch eine leicht ein- und auszubauende waagerechte Aussteifung besonders gesichert. Durch Unterkeilung der beiden Streben wurden nun die auszuwechselnden Stützen entlastet und unter dem Kopf kurzerhand abgebrannt. Sie konnten dann sofort entfernt und die alte Kopfkonstruktion ausgebaut werden. Das Einziehen der neuen 6 m langen Stützen gestaltete sich dann sehr einfach. Der ganze Arbeitsvorgang dauerte einschließlich aller Vorbereitungen und einschließlich des Aufbaues der behelfsmäßigen Verstrebung nur 2 1/2 Tage.

Abb. 2 zeigt die eingebaute neue Stütze vor der Wegnahme der Verstrebung.

Vortrag Siedler im Haus der Technik, Essen. Am 22. September 1929 hielt Herr Prof. Dr.-Ing. Siedler im Haus der Technik in Essen einen Vortrag über „Neuere Probleme des Wohnungsbaues“.

Der Massenbedarf an Wohnungen zwingt dazu, alle Mittel zur Verbilligung dieses Bedarfs zu prüfen. Eine Verbilligung ist möglich durch „Industrialisierung“ des Wohnungsbaues. Voraussetzung dabei ist der Großauftrag auf Serienbauten mit weitgehender Normung. Eine Normung kann erst einsetzen, wenn die Wohnungen typisiert sind. Bei der Aufstellung von Typen sind die Wohngewohnheiten zu berücksichtigen, die je nach der Gegend und der unterzubringenden Bevölkerungsklassen verschieden sind. Für die Typisierung kommen in erster Linie die Kleinstwohnungen bis zu 45 m² Wohnfläche und Kleinwohnungen bis zu 55 m² Wohnfläche in Frage, an denen der größte Bedarf vorliegt, um für diese Wohnungen einen Mietpreis zu erzielen, der im erträglichen Verhältnis zum Einkommen der Bevölkerung steht. Die allen Wohnungen gemeinsamen Einrichtungsräume wie Küche, Bad, Klosett lassen sich mit allen Ausstattungen ohne weiteres typisieren; für alle anderen Räume ist eine gewisse Veränderlichkeit vorzusehen.

Ein wirtschaftlicher Erfolg bei der Durchführung des „Industrialisierten“ Wohnungsbaues wird sich einstellen, wenn die Planbearbeitung und die Vorbereitung der Baustellenarbeit mit wesentlich größerer Sorgfalt durchgeführt wird, als es bisher bei vielen Architekten üblich ist. Vor dem

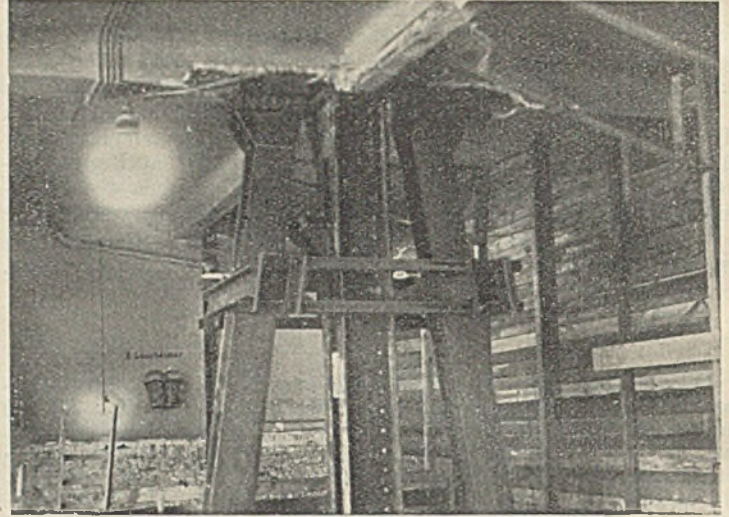


Abb. 2. Einbau der neuen Stütze.

ersten Spatenstich muß jede Einzelheit planmäßig durchdacht und zeichnerisch festgelegt sein, da jede spätere Änderung zu einer Verteuerung führt. Ein alle Einzelheiten umfassender Arbeitsplan ist so aufzustellen, daß alle Arbeiten reibungslos ineinandergreifen.

Die wirtschaftlichste Form des Wohnungsbaues ist das Reihenhaus, das den Wohnblock verdrängt. Das mehrstöckige Haus ist dem Flachbau vorzuziehen, weil die anteiligen Kosten für Treppenhaus, Waschküche, Keller, Trockenraum, Dach und Grunderwerb sich auf eine größere Anzahl Wohnungen verteilen. Es ist jedoch nicht zu empfehlen, über fünf Stockwerke hinauszugehen, da dann die Kosten für die Treppenhäuser steigen. Der Vortragende riet dringend, schiefe Grundrisse, zurückspringende und vorspringende Ecken, schräge Winkel und alle Unregelmäßigkeiten zu vermeiden, da sie den Bau nur verteuern.

Die technische Rationalisierung des Wohnungsbaues hat einige bautechnische Fragen in den Vordergrund geschoben, an deren Lösung zur Zeit gearbeitet wird. Für ein Bauwerk ist zu unterscheiden zwischen tragenden und dichtenden Teilen. Für den Flachbau ist eine 25 cm starke Ziegelwand zum Tragen ausreichend, zur Dichtung aus wärmewirtschaftlichen Gründen ist aber eine Mauerstärke von 38 cm nötig. Das Bestreben der Ziegelindustrie und anderer Baustoffindustrien geht dahin, für Mörtel und Steine einen Baustoff zu schaffen, der größere Isolierfähigkeit besitzt. Dazu werden Ziegel von größerer Form mit Hohlräumen hergestellt. Andere Stoffe wie Bimsbeton, Lavabeton, künstliche Schlacken der Hochöfen, Gasbeton, Zellenbeton, Schimabeton sind mit den Normalziegeln in erfolgreichen Wettbewerb getreten, alles mit dem Endziel, mit vermindertem Baustoff und geringerem Arbeitsaufwand die gleiche Isolierung zu schaffen.

Der Vortragende kam dann kurz auf den Stahlskelettbau zu sprechen, der ein Nachfolger des alten Holzfachwerkbau sei, und führt kurz die verschiedenen Systeme wie Stahllamellen- und Stahlskelettbauweisen an. Die Aufgabe des Tragens wird vom Stahlskelett übernommen; die Wände sind nur Füllwerk und können daher auch wesentlich dünner, aber mit besser isolierenden Stoffen hergestellt werden als bisher. Nach seiner Ansicht geht die Entwicklung dahin, daß die Außenstützen des Stahlskeletts auf beiden Seiten mit einer Haut oder einem Gewebe bekleidet werden. In den so entstehenden Hohlraum wird dann ein gut isolierender Füllbaustoff gestampft. Alle Beteiligten — Architekt, Stahlindustrie und nicht zuletzt die Baupolizei — müßten sich auf die neue Bauweise einstellen, um ihr zu weiterem Erfolg zu verhelfen.

Zum Schluß forderte der Vortragende die anwesenden Architekten auf, den bautechnisch-wirtschaftlichen Fragen Aufmerksamkeit zu schenken und sich in die Verwendungsmöglichkeiten der Baustoffe zu vertiefen und so mitzuarbeiten an der Lösung der Wohnungsfrage. Dr.-Ing. Sch.

Nachtrag zum Aufsatz: Das neue Turmfördergerüst „Hannibal I“ in Bochum. (Vgl. Heft 21 vom 18. Oktober 1929.)

Die Rheinisch-Westfälischen Zellenbetonwerke G. m. b. H. Dortmund legen Wert auf Richtigstellung der Angaben über die Ausbildung der Wände des Turmkopfes in Zellenbeton. Das Raumgewicht der 8 und 10 cm starken Platten ist nicht 600, sondern nur 400 kg/m³. Jede Gewichtsverminderung wirkt sich, abgesehen von der Verminderung der lotrechten Lasten, günstig in einer Erhöhung der mechanischen Schwingungszahl (Eigenfrequenz) des Gerüstes aus.

Ferner macht mich die Maschinenbauanstalt Humboldt darauf aufmerksam, daß das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion des von ihr auf Königsborn III/IV erbauten Turmfördergerüstes nur 650 t und nicht 950 t beträgt. E. Ackermann.

INHALT: Über die Verteilung einer Kraft auf die einzelnen Niete einer Nietreihe. — Zweigleisige Straßenbahn-Überführung in Stahlkonstruktion über die Oker am Hauptbahnhof in Braunschweig. — Verschiedenes: Schweißung von Stahlkonstruktionen bei einer Krafthaus-erweiterung. — Umbau eines Druckereigebäudes. — Vortrag Siedler im Haus der Technik, Essen. — Nachtrag zum Aufsatz: Das neue Turmfördergerüst „Hannibal I“ in Bochum.