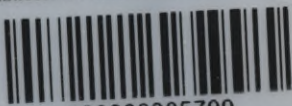


Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305799





# Druckversuche

---

mit

---

# Eisenbetonkörpern.

---

Von

C. Bach.

*17. No. 26407*



---

Berlin 1905.

Buchdruckerei A. W. Schade, Berlin N., Schulzendorfer Str. 26.

xxx  
118



# Druckversuche mit Eisenbetonkörpern.

Von C. Bach.

## Versuche A.

### Die Betonkörper enthalten in Richtung der Stabachse Eisenstangen, welche durch Bügel verbunden sind.

Die Versuche, über welche im nachstehenden berichtet wird, gehören zu denjenigen Untersuchungen, die gemäß des vom Eisenbeton-Ausschuß der Jubiläumstiftung der deutschen Industrie aufgestellten Programms vorzunehmen waren und deren Ausführung der Ausschuß der Materialprüfungsanstalt der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart übertragen hatte<sup>1)</sup>.

#### I. Bauart, Material und Zusammensetzung der Versuchskörper.

Die Bauart der für die Hauptversuche bestimmten Körper ist aus den Figuren 1 bis 6 ersichtlich. Sie sind rd. 1000 mm hoch und besitzen quadratischen Querschnitt von rd. 250 mm Seite.

Die Prismen, Fig. 1, wurden ohne Eiseneinlage hergestellt, während die übrigen in Richtung der Achse je 4 Eisenstangen besitzen, die durch Bügel von 7 mm Rundeisen in der üblichen Weise verbunden werden. Fig. 7 zeigt zwei solche Bügel.

Es beträgt

	der Durchmesser der Eisenstäbe	die mittlere Entfernung der Bügel in Richtung der Stabachse
in Fig. 2 . . . . .	15 mm	250 mm
» » 3 . . . . .	15 »	125 »
» » 4 . . . . .	15 »	62,5 »
» » 5 . . . . .	20 »	250 »
» » 6 . . . . .	30 »	250 »

Zur Feststellung der Würfelfestigkeit sind Würfel von 300 mm Seitenlänge angefertigt worden.

Ueberdies wurden, insbesondere zur Ermittlung der Zugelastizität und der Zugfestigkeit des Betons, noch Körper nach Fig. 8 hergestellt.

Die Materialien der Betonkörper (Zement, Sand und Kies) sind genau die gleichen, wie diejenigen der Körper zur Bestimmung des Gleitwiderstandes ein-

<sup>1)</sup> Vergl. C. Bach, Versuche über den Gleitwiderstand einbetonierten Eisens oder auch „Mitteilungen über Forschungsarbeiten“ Heft 22.

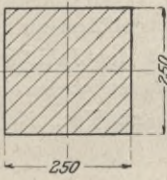
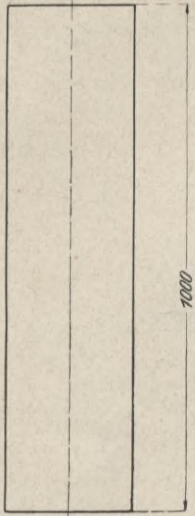


Fig. 1.

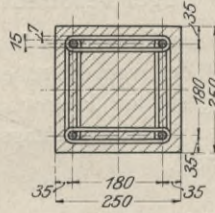
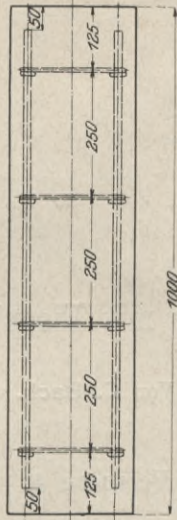


Fig. 2.

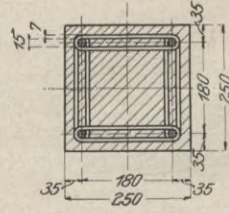
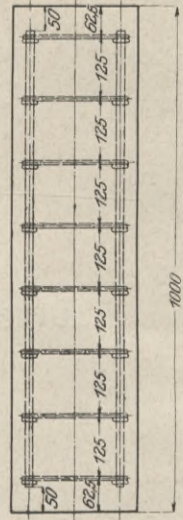


Fig. 3.

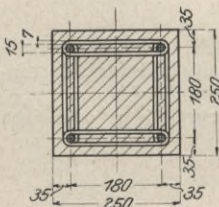
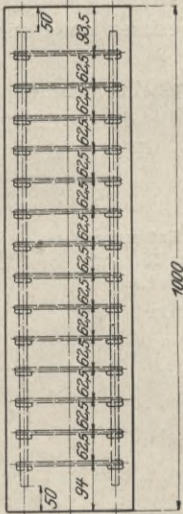


Fig. 4.

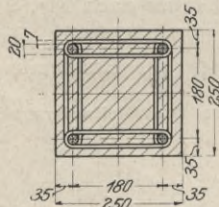
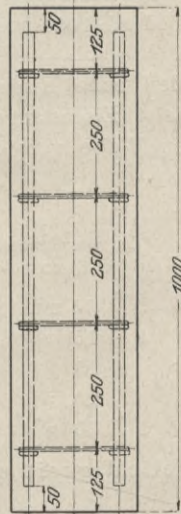


Fig. 5.

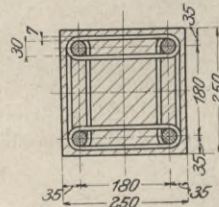
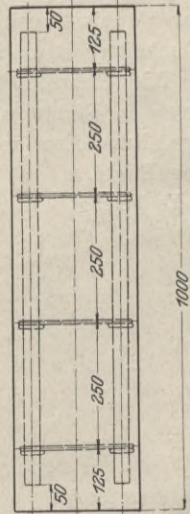


Fig. 6.



betonierten Eisens. Es darf deshalb auf die Veröffentlichung über diese Körper (siehe Fußbemerkung S. 1) verwiesen werden.

Das zur Einbetonierung verwendete Eisen war Handelsflußeisen.

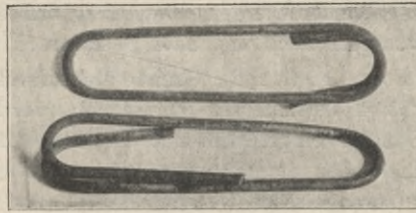


Fig. 7.

Die Zusammensetzung sämtlicher Körper betrug  
1 Raumteil Portlandzement,  
4 Raumteile Sand und Kies in dem Mischungsverhältnis von 3 Raumteilen Sand und 2 Raumteilen Kies, und  
15 vH Wasser<sup>1)</sup>.

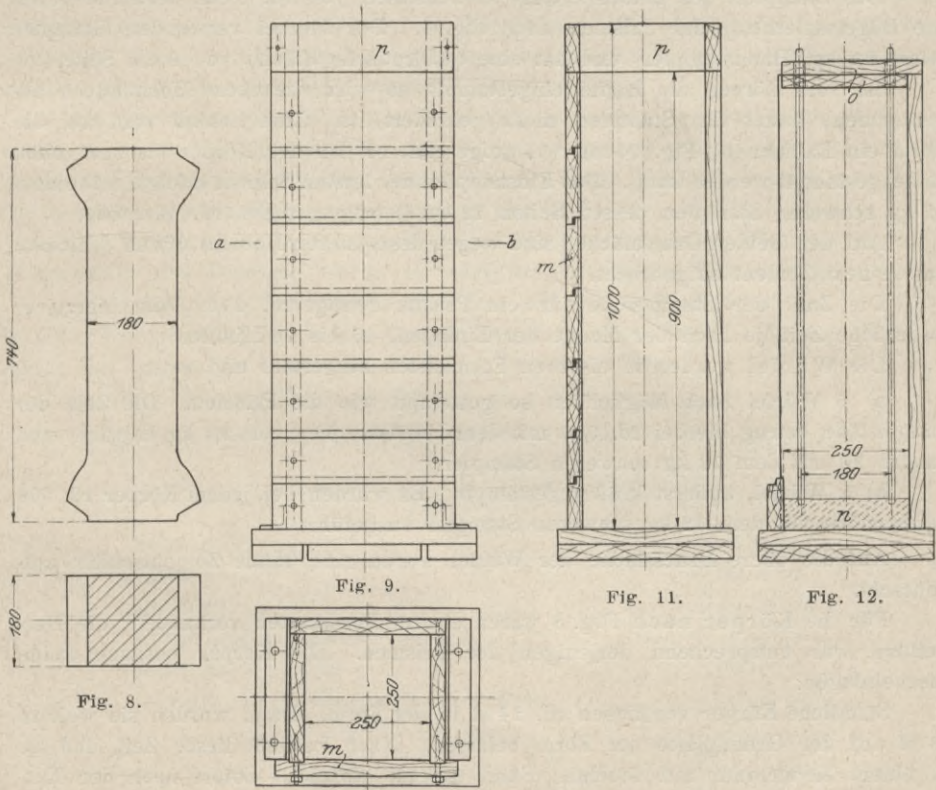


Fig. 9.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 8.

Fig. 10. Schnitt a-b.

## II. Herstellung der Versuchskörper.

Die Versuchskörper wurden in der Zeit vom 20. Oktober bis 14. November 1904 durch geschulte Arbeiter unter steter Aufsicht in der Anstalt hergestellt.

<sup>1)</sup> Weiteres hierüber siehe die in Fußbemerkung S. 1 angegebene Veröffentlichung, insbesondere S. 7 und 8, sowie S. 20 daselbst.

Die Verarbeitung der Materialien erfolgte genau in derselben Weise wie in der Veröffentlichung über den Gleitwiderstand einbetonierten Eisens S. 8 angegeben.

Zur Herstellung der Prismen wurden Formen aus Eichenholz, Fig. 9 bis 11, verwendet. Wie aus Fig. 9 und 11 ersichtlich, besteht die Vorderwand  $m$  aus einzelnen Brettern, die weggenommen werden können, so daß die Form entsprechend dem Fortschreiten des Stampfens nach und nach geschlossen werden kann.

Zuerst wird in die Form, Fig. 12, im Grunde eine ausreichend erhärtete Betonplatte  $n$  eingesetzt, die mit 4 Vertiefungen zur Führung der Eisenstangen versehen ist; sodann werden die Stangen eingebracht und die Hälfte der einzubetonierenden Bügel an dem oberen Ende der Stangen mit Bindedraht angehängt, so daß die Bügel später nach Bedarf herabgelassen werden können. Auf der Form wird hierauf ein Doppelbrett  $o$  mit Bohrungen befestigt, das die obere Führung der Eisenstangen übernimmt.

Hinsichtlich der Eiseneinlagen wurde darauf geachtet, daß sie frei von Schmutz und Oel waren.

Die beabsichtigte Bügelentfernung ist durch Körnermarken an den Stangen bezeichnet.

Das Stampfen des Betons erfolgt in Schichten von rd. 6 cm, bestimmt durch die Bügelentfernung der Prismen nach Fig. 4. Der hierbei verwendete Stampfer wiegt 2,4 kg (Handstampfer) und hat eine quadratische Fläche von 8 cm Seite.

Ist vom Körper die Hälfte eingestampft, so wird die obere Holzplatte  $o$  abgenommen, damit das Stampfen nicht gehindert ist. Zum Schluß wird auf die Form ein Rahmen  $p$ , Fig. 9 und 11, aufgesetzt, so daß der Körper bis zur vollen Höhe gestampft werden kann. Das Einstampfen der letzten Schicht erfolgte mit einem 12 kg schweren Stampfer, dessen Seiten 12 cm betragen, durch rd. 40 Stöße.

Auf den beiden Druckflächen sind wegen des späteren Hobelns dünne Schichten aus reinem Zement aufgebracht.

Die Zahl der Stampfstöße für ein Prisma beträgt rd. 2100, die hierzu erforderliche Zeit, je nach der Menge der Einlagen, 45 bis 70 Minuten.

Die Würfel wurden in eisernen Formkasten hergestellt und zwar

a) 5 Würfel nach Möglichkeit so gestampft wie die Prismen. Die Zahl der Stampfstöße betrug hierbei rd. 900 mit dem Handstampfer von 2,4 kg Gewicht und zuletzt 20 mit dem 12 kg schweren Stampfer.

b) 5 Würfel, äußerst kräftig gestampft. Es wurden bei jedem Körper rd. 800 Stampfstöße mit dem 12 kg schweren Stampfer ausgeführt.

Auf die obere Druckfläche der Würfel wurde eine dünne Zementschicht aufgebracht.

Für die Körper nach Fig. 8 waren eiserne Formkasten vorhanden; die Herstellung war entsprechend derjenigen der Prismen. Die Körper besitzen keine Eiseneinlagen.

Sämtliche Körper verblieben rd. 24 st in der Form. Dann wurden sie weitere 48 st auf der Grundplatte der Form belassen. Nach Verfluß dieser Zeit sind sie in einem Kellerraum auf feuchten Sand gesetzt worden. Sofort nach der Entformung wurden die Körper mit feuchten Säcken bedeckt. Die Säcke wurden bis rd. 3 Tage vor der Prüfung feucht erhalten.

### III. Durchführung der Versuche.

Die Prüfung erfolgte in einer stehenden Maschine.

Die Versuchskörper waren durch Hobeln mit genau parallelen Stirnflächen (Druckflächen) versehen worden, so daß bei der vorhandenen Kugellagerung der

Druckplatten eine gleichmäßige Druckverteilung zu erwarten stand, soweit von einer solchen bei der eigenartigen Zusammensetzung der Körper überhaupt gesprochen werden kann.

Für die in den Figuren 1 bis 6 dargestellten Prismen wurden ermittelt:

a) an je mindestens 2 Körpern die gesamten, bleibenden und federnden Zusammendrückungen,

b) an allen Körpern die Höchstbelastung.

Die Zusammendrückungen wurden auf eine ursprüngliche Länge von rd. 75 cm gemessen. Die hierzu benutzte Meßvorrichtung findet sich beschrieben in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1895 S. 489 u. f., sowie in derselben Zeitschrift 1898 S. 35 u. f. und in C. Bach, »Elastizität und Festigkeit«, 4. Aufl. S. 112 u. f. Belastung und Entlastung (von je 2 min Dauer) wurden für die unterste Belastungsstufe so oft wiederholt, bis sich die gesamten, die bleibenden und die federnden Zusammendrückungen nicht mehr änderten, also je einen bestimmten Grenzwert erreicht hatten. Diese Grenzwerte sind in die Zusammenstellungen eingetragen.

Für die höheren Belastungsstufen wäre die Erreichung bestimmter Grenzwerte für die gesamten, bleibenden und federnden Zusammendrückungen meist erst nach einer sehr großen Anzahl von Wiederholungen zu erreichen gewesen, weshalb festgesetzt wurde, daß bei Nichterreichung des bezeichneten Ausgleiches diejenigen Werte in die Zusammenstellungen aufzunehmen waren, welche sich nach zehnmaligem Belastungswechsel ergaben.

Als geringste Belastung wird für den mittleren Querschnitt des Körpers erhalten: das halbe Eigengewicht des Körpers vermehrt um das Gewicht der angebrachten Instrumente mit dem oberen Bügel. Diese Mindestbelastung schwankte bei den untersuchten Körpern zwischen 90 und 98 kg.

Die Untersuchung nach a) erfolgte in der Regel an zwei Prismen; im Falle bedeutender Abweichungen wurde sie auch an dem dritten Körper vorgenommen.

Um vollständige Klarheit zu gewähren, soll an einem Beispiel das Vorgehen bei der Untersuchung bis in die Einzelheiten angegeben werden. Zu dem Zwecke werde der Körper Nr. 2 der Bauart Fig. 2 herausgegriffen.

Querschnittsabmessungen, genommen an 8 Stellen:

$$a = \frac{25,00 + 24,98 + 24,97 + 24,94 + 24,91 + 24,84 + 24,82 + 24,91}{8} = 24,92 \text{ cm}$$

$$b = \frac{25,09 + 25,10 + 25,05 + 25,12 + 24,81 + 24,74 + 24,68 + 24,57}{8} = 24,90 \text{ »}$$

$$a \cdot b = 24,92 \cdot 24,90 \dots \dots \dots = 620,5 \text{ qcm}$$

$$\text{Höhe } h \dots \dots \dots = 100,90 \text{ cm}$$

$$\text{Gewicht} \dots \dots \dots = 146,65 \text{ kg}$$

$$\text{wovon auf das Eisen entfallen} \dots \dots \dots = 8,25 \text{ »}$$

$$\text{somit Betongewicht} \dots \dots \dots = 138,40 \text{ »}$$

Gewicht der Raumeinheit des Betons

$$\frac{138,40}{6,205 \cdot 10,09 - \frac{8,25}{7,8}} = 2,25$$

Belastung des mittleren Querschnittes ohne Druck:

$$\frac{1}{2} \text{ Eigengewicht des Versuchskörpers} \dots \dots \dots = 73,325 \text{ kg}$$

$$\text{Instrumente und oberer Bügel} \dots \dots \dots = 19,275 \text{ »}$$

$$92,600 \text{ kg}$$

Entsprechend dem Genauigkeitsgrad, welcher überhaupt bei der ganzen Untersuchung zu erreichen ist, wurde diese Belastung später auf 0,1 kg/qcm in die Rechnung eingeführt.

Herstellungstag . . . . . 21. Oktober 1904  
 Untersuchungstag . . . . . 26. Januar 1905  
 Alter . . . . . 97 Tage  
 Meßlänge . . . . . 74,97 cm.

Die Versuchsergebnisse sind bis zur Belastung von 60 000 kg in der folgenden Zusammenstellung A niedergelegt. Wie ersichtlich, trat auf der ersten Belastungsstufe der Ausgleich bereits nach dreimaligem Belastungswechsel ein. Auf der zweiten Belastungsstufe wurde er nach 9maligem Wechsel hinsichtlich der federnden Zusammendrückungen erreicht, auf den folgenden Belastungsstufen bei zehnmaligem Wechsel überhaupt nicht mehr.

Zusammenstellung A.

Belastung in kg		Ablesung in $\frac{1}{600}$ cm		Summe der Ab- lesungen	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm			Bemerkungen
gesamte	kg/qcm	links	rechts		gesamte	bleibende	federnde	
93	0,1	29,12	29,15	58,27	—	—	—	Temperatur im Versuchsraum 14,0° C
10 000	16,1	26,29	27,32	53,61	4,66	—	—	
93		29,05	29,08	58,13	—	0,14	4,52	
10 000		26,28	27,29	53,57	4,70	—	—	
93		29,04	29,07	58,11	—	0,16	4,54	
10 000		26,31	27,25	53,56	4,71	—	—	
93		29,03	29,07	58,10	—	0,17	4,54	13,9° C
10 000		26,32	27,24	53,56	4,71	—	—	
93		29,03	29,07	58,10	—	0,17	4,54	
20 000	32,2	23,32	25,08	48,40	9,87	—	—	
93	0,1	28,93	29,01	57,94	—	0,33	9,54	
20 000		23,51	24,70	48,21	10,06	—	—	
93		28,91	28,96	57,87	—	0,40	9,66	
20 000		23,47	24,65	48,12	10,15	—	—	
93		28,91	28,93	57,84	—	0,43	9,72	
20 000		23,42	24,64	48,06	10,21	—	—	
93		28,91	28,91	57,82	—	0,45	9,76	
20 000		23,40	24,62	48,02	10,25	—	—	
93		28,90	28,90	57,80	—	0,47	9,78	
20 000		23,37	24,61	47,98	10,29	—	—	
93		28,88	28,89	57,77	—	0,50	9,79	
20 000		23,34	24,61	47,95	10,32	—	—	
93		28,88	28,88	57,76	—	0,51	9,81	
20 000		23,32	24,60	47,92	10,35	—	—	
93		28,88	28,87	57,75	—	0,52	9,83	
20 000		23,30	24,60	47,90	10,37	—	—	
93		28,87	28,87	57,74	—	0,53	9,84	
20 000		23,30	24,59	47,89	10,38	—	—	
93		28,87	28,86	57,73	—	0,54	9,84	14,0° C
30 000	48,3	20,53	21,85	42,38	15,89	—	—	13,9° C
93	0,1	28,78	28,79	57,57	—	0,70	15,19	
30 000		20,35	21,77	42,12	16,15	—	—	
93		28,71	28,73	57,44	—	0,83	15,32	
30 000		20,22	21,68	41,90	16,37	—	—	
93		28,63	28,70	57,33	—	0,94	15,43	
30 000		20,65	21,10	41,75	16,52	—	—	
93		28,61	28,66	57,27	—	1,00	15,52	
30 000		20,60	21,00	41,60	16,67	—	—	
93		28,58	28,61	57,19	—	1,08	15,59	
30 000		20,51	21,00	41,51	16,76	—	—	
93		28,54	28,58	57,12	—	1,15	15,61	
30 000		20,40	21,01	41,41	16,86	—	—	
93		28,50	28,55	57,05	—	1,22	15,64	
30 000		20,31	21,00	41,31	16,96	—	—	
93		28,50	28,51	57,01	—	1,26	15,70	
30 000		20,30	20,97	41,27	17,00	—	—	
93		28,50	28,50	57,00	—	1,27	15,73	
30 000		20,28	20,96	41,24	17,03	—	—	
93		28,50	28,49	56,99	—	1,28	15,75	

Belastung in kg		Ablesung in $\frac{1}{600}$ cm		Summe der Ablesungen	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm			Bemerkungen
		links	rechts		gesamte	bleibende	federnde	
gesamte	kg/qcm							
40 000	64,5	17,50	17,92	35,42	22,85	—	—	Temperatur im Versuchsraum
93	0,1	28,37	28,42	56,79	—	1,48	21,37	
40 000		17,30	17,81	35,11	23,16	—	—	
93		28,29	28,40	56,69	—	1,58	21,58	
40 000		17,12	17,71	34,83	23,44	—	—	
93		28,20	28,32	56,52	—	1,75	21,69	
40 000		16,97	17,60	34,57	23,70	—	—	
93		28,12	28,27	56,39	—	1,88	21,82	
40 000		16,82	17,51	34,33	23,94	—	—	
93		28,07	28,20	56,27	—	2,00	21,94	
40 000		16,73	17,44	34,17	24,10	—	—	
93		28,03	28,16	56,19	—	2,08	22,02	
40 000		16,75	17,30	34,05	24,22	—	—	
93		28,01	28,14	56,15	—	2,12	22,10	
40 000		16,70	17,28	33,98	24,29	—	—	
93		28,00	28,12	56,12	—	2,15	22,14	
40 000		16,60	17,28	33,88	24,39	—	—	
93		27,95	28,11	56,06	—	2,21	22,18	
40 000		16,55	17,22	33,77	24,50	—	—	
93		27,90	28,10	56,00	—	2,27	22,23	
								13,0° C
50 000	80,6	13,60	13,97	27,57	30,70	—	—	
93	0,1	27,74	27,90	55,64	—	2,63	28,07	
50 000		13,25	13,68	26,93	31,34	—	—	
93		27,61	27,75	55,36	—	2,91	28,43	
50 000		12,99	13,50	26,49	31,78	—	—	
93		27,52	27,67	55,19	—	3,08	28,70	
50 000		12,98	13,20	26,18	32,09	—	—	
93		27,45	27,58	55,03	—	3,24	28,85	
50 000		12,82	13,05	25,87	32,40	—	—	
93		27,39	27,51	54,90	—	3,37	29,03	
50 000		12,70	12,88	25,58	32,69	—	—	
93		27,31	27,46	54,77	—	3,50	29,19	
50 000		12,52	12,77	25,29	32,98	—	—	
93		27,23	27,37	54,60	—	3,67	29,31	
50 000		12,31	12,61	24,92	33,35	—	—	
93		27,15	27,25	54,40	—	3,87	29,48	
50 000		12,23	12,50	24,73	33,54	—	—	
93		27,09	27,22	54,31	—	3,96	29,58	
50 000		12,17	12,41	24,58	33,69	—	—	
93		27,04	27,17	54,21	—	4,06	29,63	
								14,0° C
60 000	96,7	9,20	9,12	18,32	39,95	—	—	
93	0,1	26,89	27,05	53,94	—	4,33	35,62	
60 000		8,72	8,58	17,30	40,97	—	—	
93		26,69	26,82	53,51	—	4,76	36,21	
60 000		8,31	8,21	16,52	41,75	—	—	
93		26,52	26,67	53,19	—	5,08	36,67	
60 000		8,08	7,95	16,03	42,24	—	—	
93		26,42	26,52	52,94	—	5,33	36,91	
60 000		7,79	7,63	15,42	42,85	—	—	
93		26,30	26,37	52,67	—	5,60	37,25	
60 000		7,61	7,40	15,01	43,26	—	—	
93		26,19	26,23	52,42	—	5,85	37,41	
60 000		7,40	7,15	14,55	43,72	—	—	
93		26,09	26,10	52,19	—	6,08	37,64	
60 000		7,21	6,90	14,11	44,16	—	—	
93		25,98	25,98	51,96	—	6,31	37,85	
60 000		6,75	6,90	13,65	44,62	—	—	
93		25,89	25,88	51,77	—	6,50	38,12	
60 000		6,39	6,90	13,29	44,98	—	—	
93		25,75	25,78	51,53	—	6,74	38,34	
								14,0° C



Fig. 13. Körper 2 und 1 nach Fig. 1.



Fig. 14. Körper nach Fig. 2.



Fig. 15. Körper nach Fig. 3.



Fig. 16. Körper nach Fig. 4.



Fig. 17. Körper nach Fig. 5.

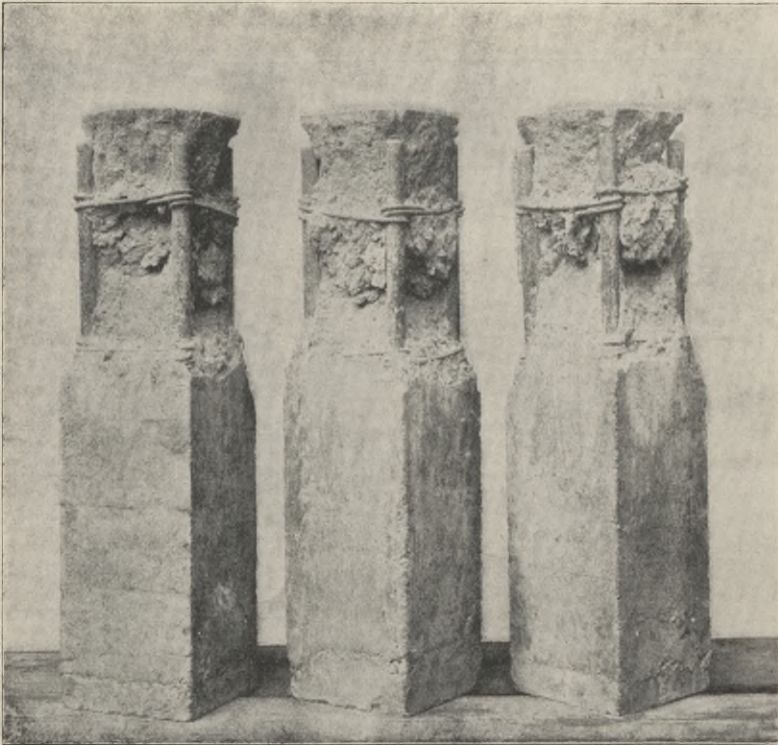


Fig. 18. Körper nach Fig. 6.



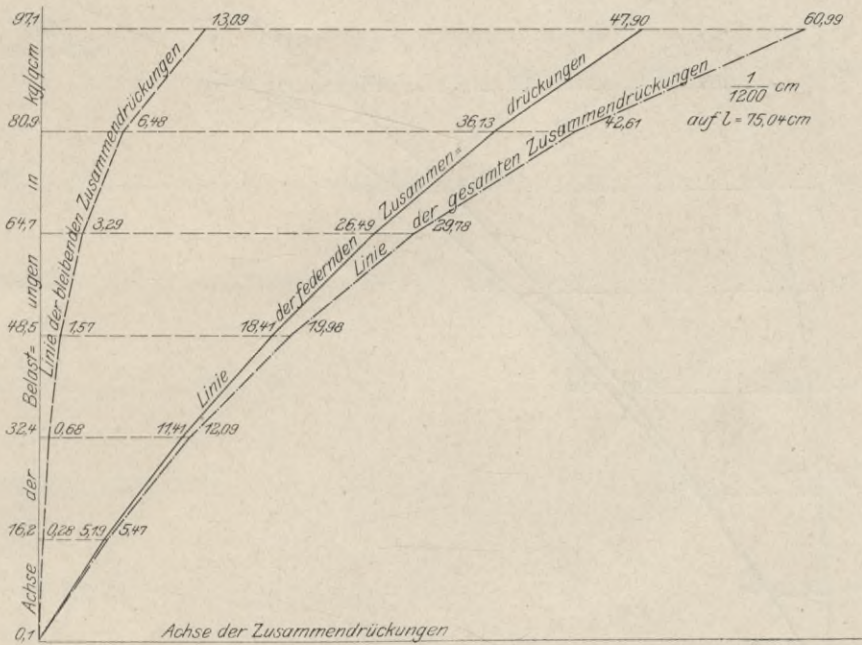


Fig. 19 Körper 1 nach Fig. 1.

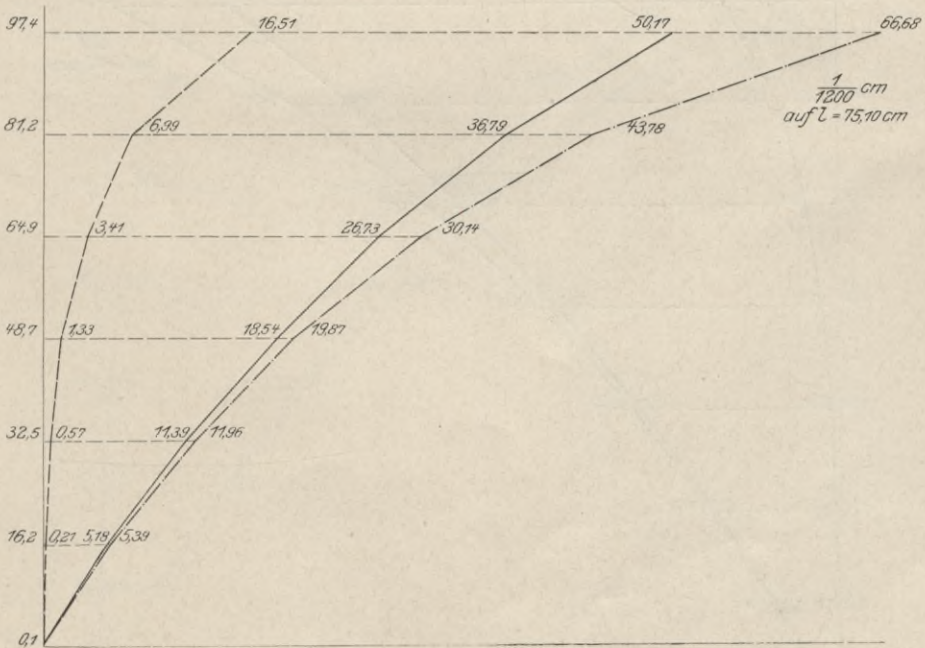


Fig. 20. Körper 2 nach Fig. 1.

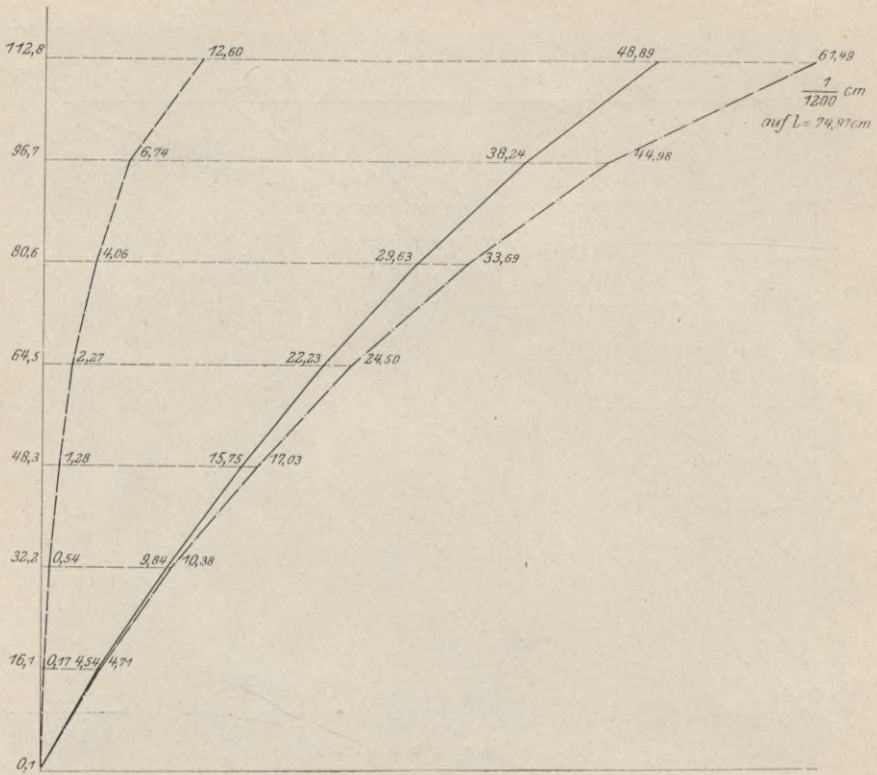


Fig. 21. Körper 2 nach Fig. 2.

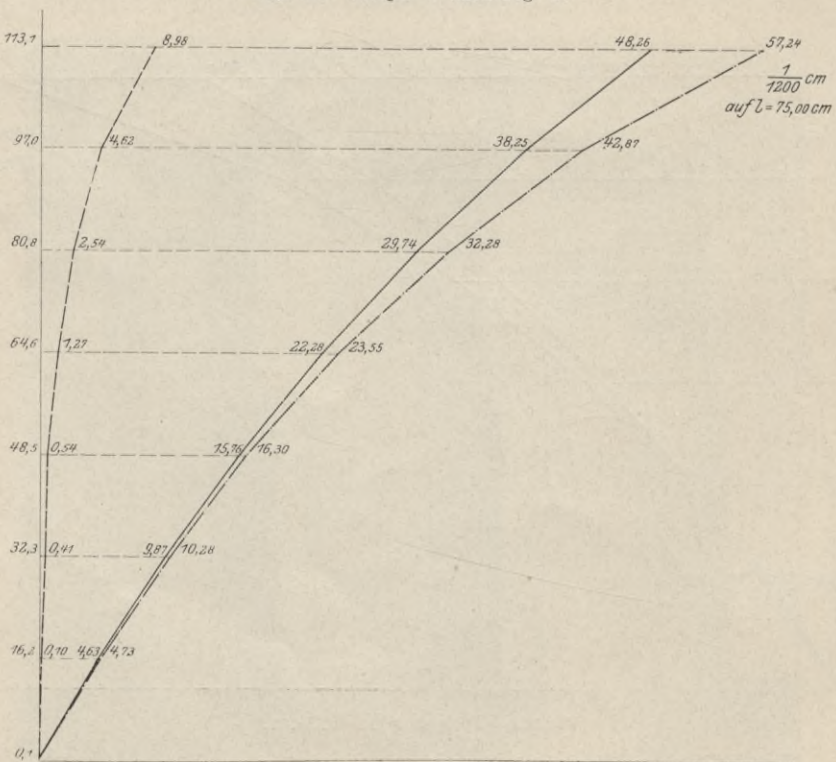


Fig. 22. Körper 3 nach Fig. 2.

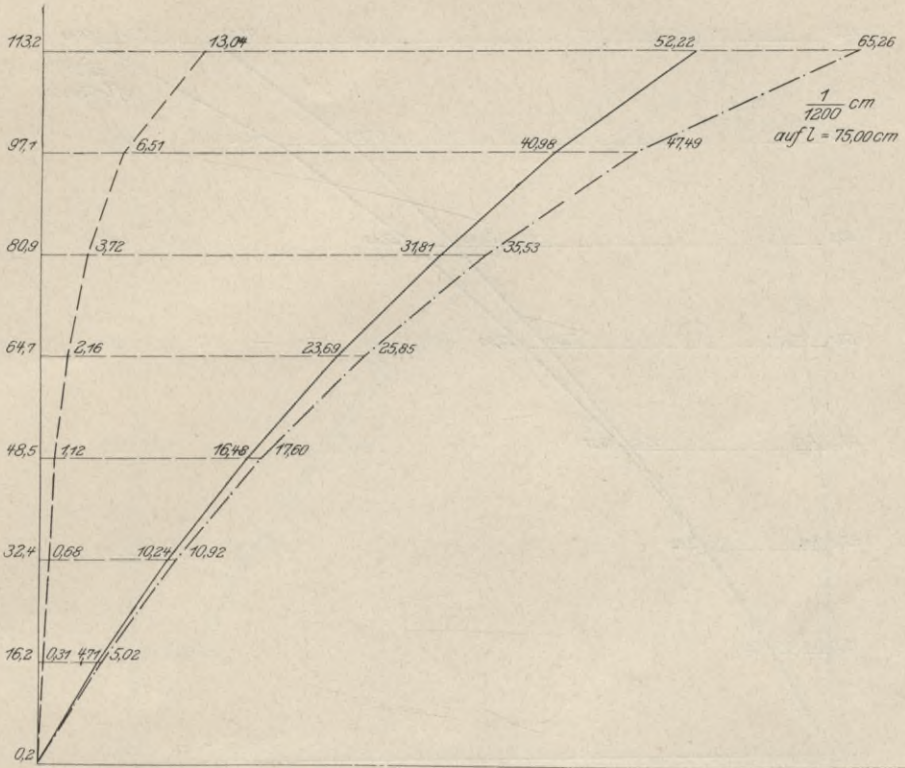


Fig. 23. Körper 1 nach Fig. 3.

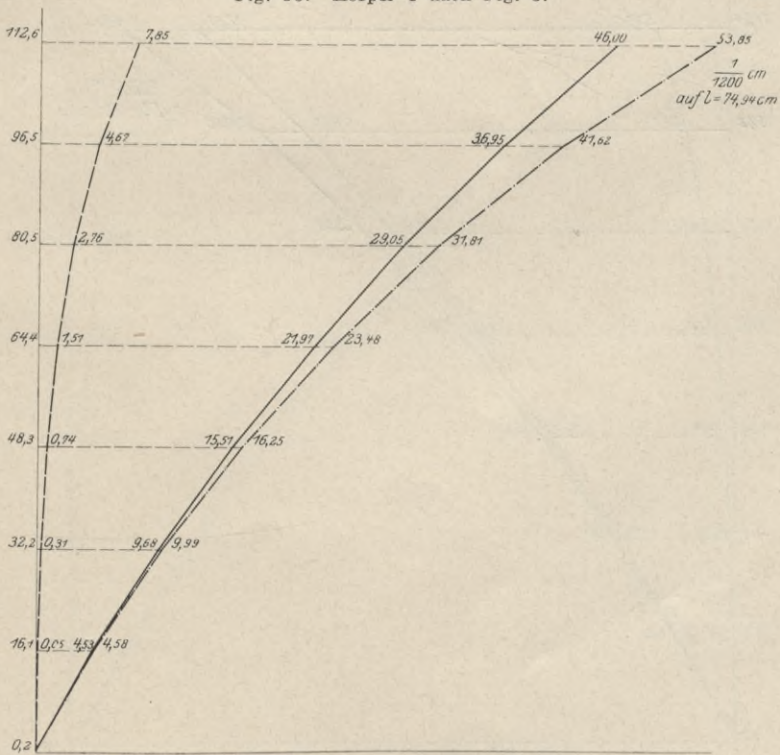


Fig. 24. Körper 2 nach Fig. 3.

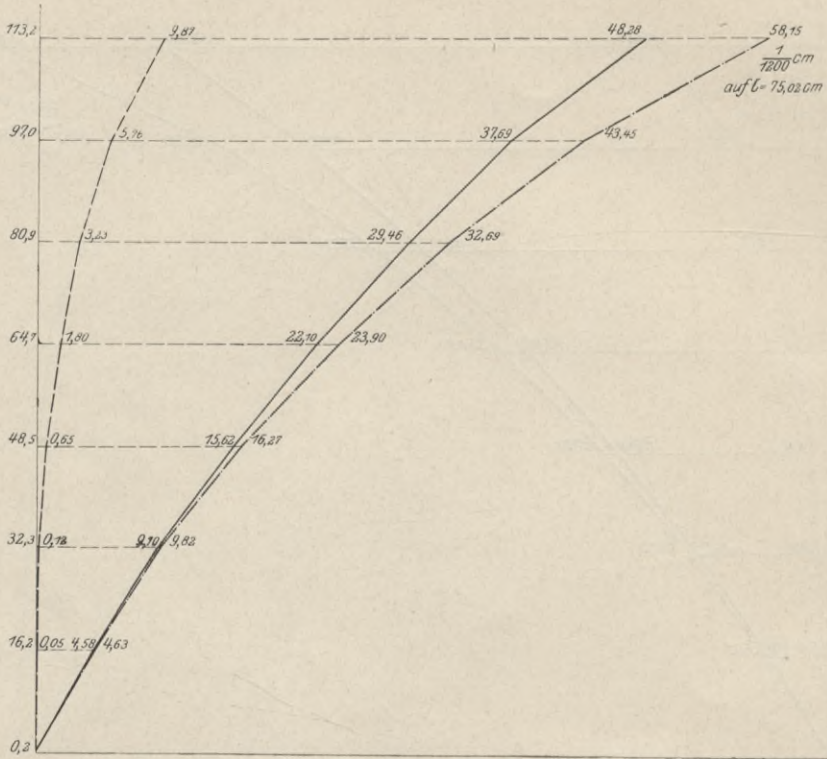


Fig. 25. Körper 3 nach Fig. 3.

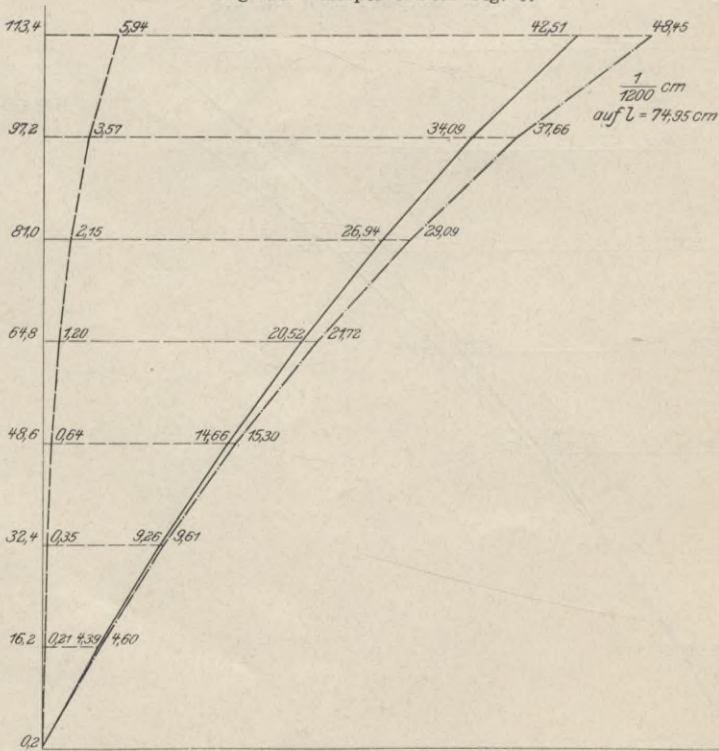


Fig. 26. Körper 1 nach Fig. 4.

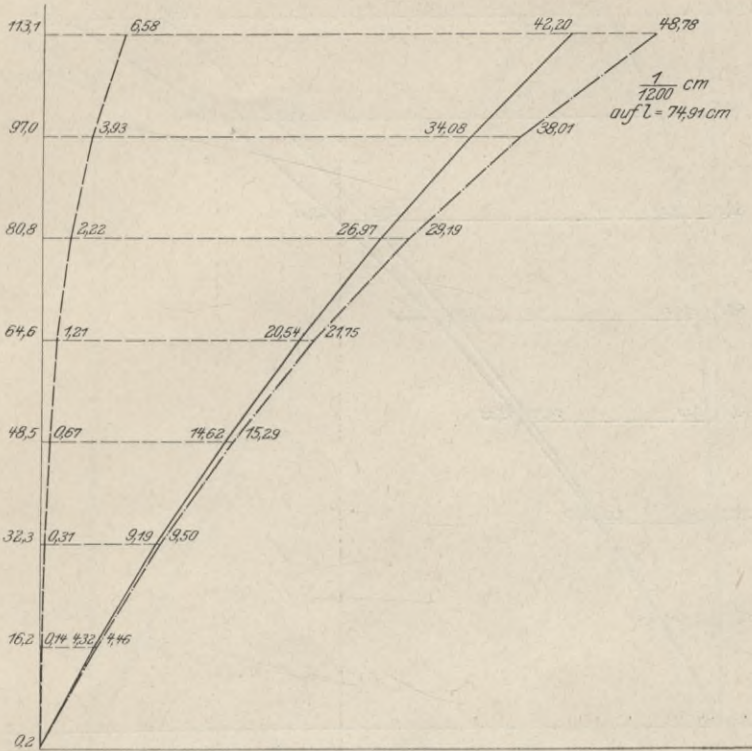


Fig. 27. Körper 2 nach Fig. 4.

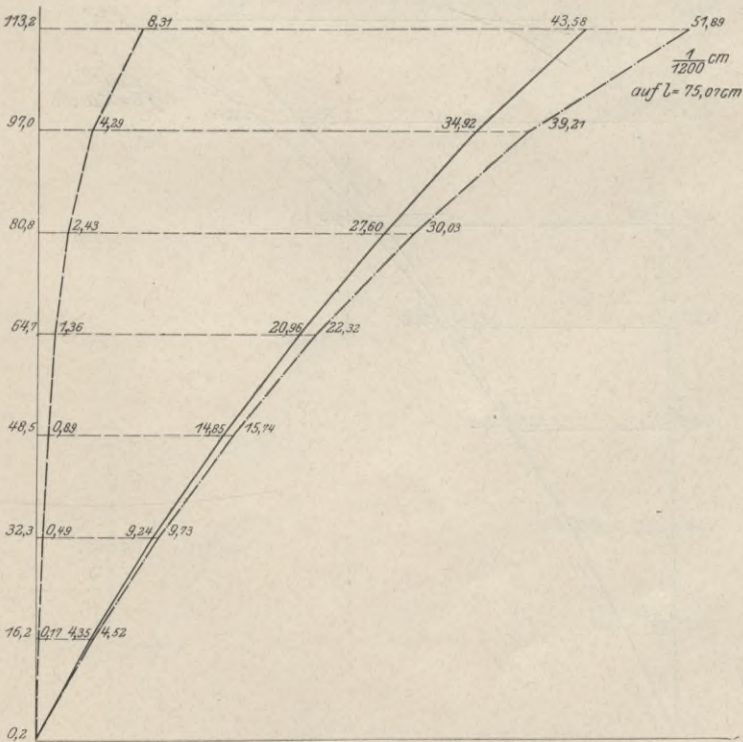


Fig. 28 Körper 1 nach Fig. 5.

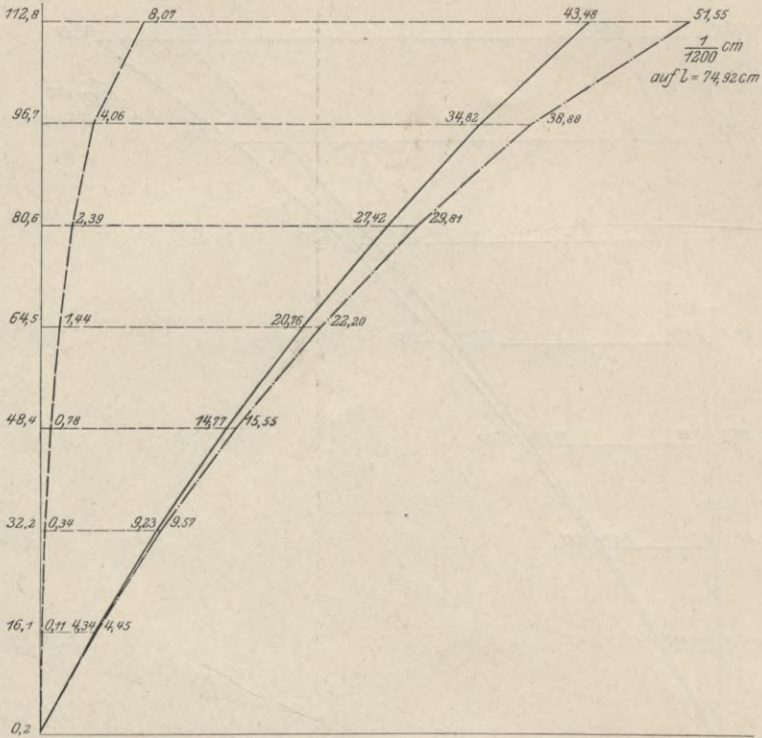


Fig. 29. Körper 2 nach Fig. 5.

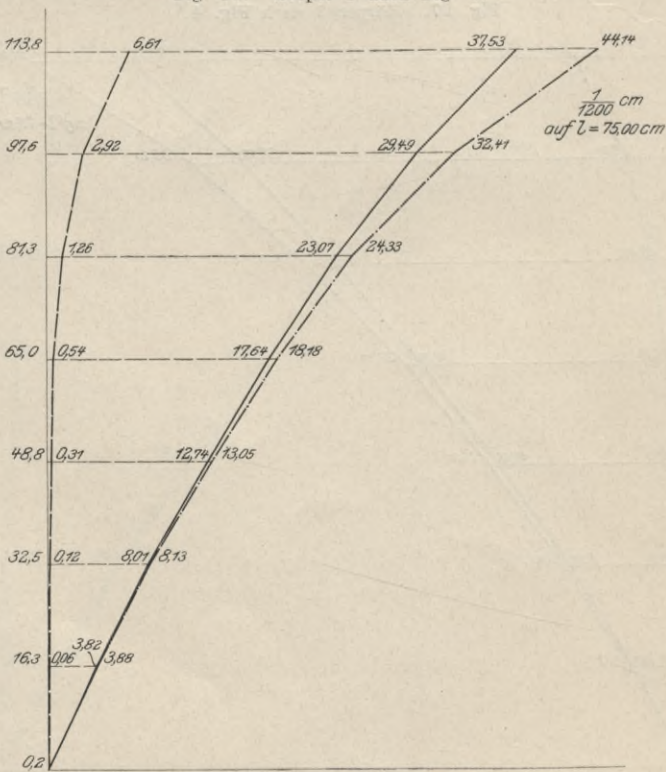


Fig. 30. Körper 1 nach Fig. 6.

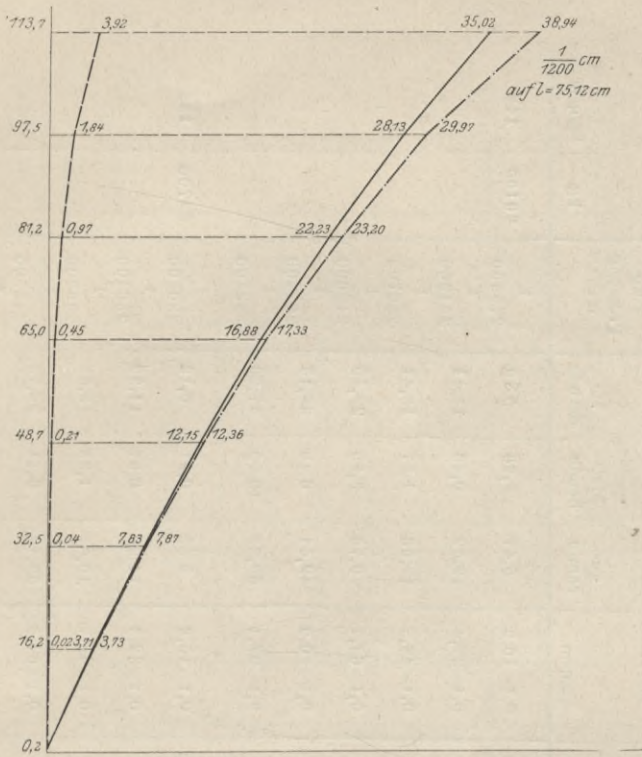


Fig. 31. Körper 2 nach Fig. 6.

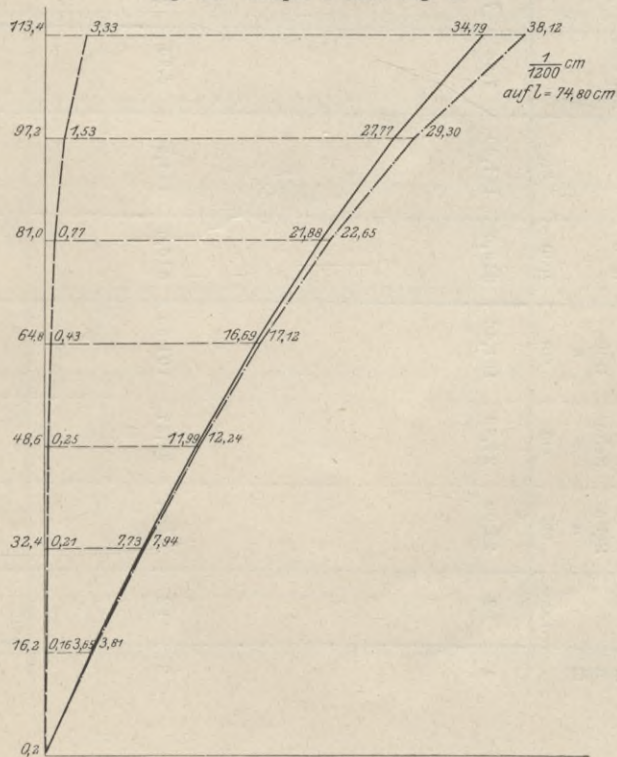


Fig. 32. Körper 3 nach Fig. 6.

Zusammenstellung 1. Körper nach Fig. 1, ohne Eiseneinlagen.

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt <i>a · b</i> qcm	Körpergewicht kg	Raumgewicht	Meßlänge <i>l</i> cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge <i>l</i> )			Federung der Längeneinheit auf 1 kg Pressung $\alpha =$	Höchstbelastung	
		Seite <i>a</i> cm	Seite <i>b</i> cm	Höhe <i>h</i> cm						gesamte bende	bleibende	iedernde		kg	kg/qcm
1	92	24,90	24,82	101,46	618,0	141,60	2,26	75,04	0,1—16,2	5,47	0,28	5,19	1	90100	146
									0,1—32,4	12,09	0,68	11,41	1		
									0,1—48,5	19,98	1,57	18,41	1		
									0,1—64,7	29,78	8,29	26,49	1		
									0,1—80,9	42,61	6,48	36,13	1		
									0,1—97,1	60,99	13,09	47,90	1		
									0,1—16,2	5,39	0,21	6,18	1		
									0,1—32,5	11,96	0,57	11,39	1		
									0,1—48,7	19,87	1,33	18,54	1		
									0,1—64,9	30,14	3,41	26,73	1		
2	92	24,77	24,87	101,50	616,0	141,30	2,26	75,10	0,1—16,2	5,39	0,21	6,18	1	84700	138
									0,1—32,5	11,96	0,57	11,39	1		
3	91	24,71	24,91	101,35	615,5	140,90	2,26	—	0,1—81,2	43,78	6,99	36,79	1	85700	139
									0,1—97,4	66,68	16,51	50,17	1		
Durchschnitt														85700	139



Zusammenstellung 2. Körper nach Fig. 2.  
Einlagen: 4 Rundstangen  $d = 1,50$  cm, Abstand der Bügel 250 mm (16 Stück rd. 7 mm stark).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Querschnitt der 4 Rundstangen $4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)$ qcm	Körpergewicht kg	Eisengewicht kg	Raumgewicht des Betons cm	Meßlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge $l$ )			Federung der Längen-einheit auf 1 kg Pressung $\alpha =$	Höchstbelastung																	
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm								ge-samte	blei-bende	fe-dernde		kg	kg/qcm																
1	103	25,02	24,67	101,80	617,2	7,1	148,50	8,24	2,27	—	—	—	—	—	105600	171																	
	97	24,92	24,90	100,90	620,5	7,1	146,65	8,25	2,25	74,97	0,1—16,1	4,71	0,17	4,54	100200	161																	
3	101	24,92	24,83	99,70	618,8	7,1	144,95	8,27	2,25	75,00	0,1—16,2	4,73	0,10	4,63	106300	172																	
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—																	

Zusammenstellung 3. Körper nach Fig. 3.  
Einlagen: 4 Rundstangen  $d = 1,50$  cm, Abstand der Bügel 125 mm (32 Stück rd. 7 mm stark).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Querschnitt der 4 Rundstangen $4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)$ qcm	Körpergewicht kg	Eisengewicht kg	Raumgewicht des Betons	Meßlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge $l$ )			Federation der Längeneinheit auf 1 kg Pressung $\alpha =$	Höchstbelastung			
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm								gesamte	bleibende	ferdernde		kg	kg/qcm		
1	97	24,68	25,05	100,69	618,2	7,1	148,90	11,47	2,26	75,00	0,2—16,2	5,02	0,31	4,71	1	104000	168		
												0,2—32,4	10,92	0,68	10,24	1	303700		
													283000						
													263800						
													25,85	2,16	23,69	1	245000		
													0,2—80,9	35,53	3,72	31,81	1	228300	
													0,2—97,1	47,49	6,51	40,98	1	212800	
													0,2—113,2	65,26	13,04	52,22	1	194800	
													0,2—16,1	4,58	0,05	4,53	1	315600	187
													0,2—32,2	9,99	0,31	9,68	1	297300	
2	97	24,97	24,89	100,60	621,5	7,1	148,75	11,48	2,25	74,94	0,2—48,8	16,25	0,74	15,51	1	278900			
												0,2—64,4	23,48	1,51	21,97	1	262800		
												0,2—80,5	31,81	2,76	29,05	1	248600		
												0,2—96,5	41,62	4,67	36,95	1	234400		
												0,2—112,6	53,85	7,85	46,00	1	219700		



Zusammenstellung 4. Körper nach Fig. 4.  
 Einlagen: 4 Rundstangen  $d = 1,50$  cm, Abstand der Bügel  $62,5$  mm (56 Stück rd. 7 mm stark).

Bezeichnung	Abmessungen des Körpers			Querschnitt der Stangen $4 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$	Körpergewicht kg	Eisengewicht kg	Raumgewicht des Betons cm	Meßlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge $l$ )			Federung der Längeneinheit auf 1 kg Pressung $\alpha =$	Beginn der Ribbildung		Höchstbelastung kg/qcm		
	Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm							gesamte	bleibende	ferdernde		kg	kg/qcm			
1	92	24,66	25,04	101,18	7,1	153,95	16,41	2,28	74,35	0,2—16,2	4,60	0,21	4,39	1	129000	209	131000	212
										0,2—32,4	9,61	0,35	9,26	312800				
										0,2—48,6	15,30	0,64	14,66	296900				
										0,2—64,8	21,72	1,20	20,52	283100				
										0,2—81,0	29,09	2,15	26,94	269800				
										0,2—97,2	37,66	3,57	34,09	255900				
										0,2—113,4	48,45	5,94	42,51	239500				
										0,2—129,6	61,24	9,78	57,46	225500				
										0,2—145,8	76,11	15,99	70,12	212800				
										0,2—162,0	92,98	24,58	80,40	201200				
2	96	24,84	24,91	101,40	7,1	153,00	16,15	2,26	74,91	0,2—16,2	4,46	0,14	4,32	1	—	—	128800	200
										0,2—32,3	9,50	0,31	9,19	314000				
										0,2—48,5	15,29	0,67	14,62	297000				
										0,2—64,6	21,75	1,21	20,54	281800				
										0,2—80,8	29,19	2,22	26,97	268600				
										0,2—97,0	38,01	3,93	34,08	255300				
										0,2—113,1	48,78	6,58	42,20	240500				
										0,2—129,2	61,15	11,16	53,99	228200				
										0,2—145,4	75,02	17,74	67,28	217000				
										0,2—161,5	89,29	26,58	80,71	206800				
3	93	24,91	24,82	101,20	7,1	153,00	15,39	2,27	—	—	—	—	—	124000	201	125800	203	
										—	—	—	—	—	—	—	—	

Durchschnitt | 7,1 | 15,98 | 2,27

Zusammenstellung 5. Körper nach Fig. 5.  
Einlagen: 4 Rundstangen  $d = 2,00$  cm; Abstand der Bügel  $250$  mm (16 Stück rd.  $7$  mm stark).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Querschnitt der 4 Rundstangen $4 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$ qcm	Körpergewicht kg	Eisengewicht kg	Raumgewicht des Betons cm	Meßlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge $l$ )			Federung der Längeneinheit auf $1$ kg Pressung $\alpha =$	Höchstbelastung	
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm								gesamte	bleibende	ferdernde		kg	kg/qcm
1	94	25,04	24,70	101,05	618,5	12,6	149,45	11,62	2,26	75,07	0,2—16,2	4,52	0,17	4,35	$\frac{1}{331300}$	104500	169
												9,73	0,49	9,24			
												15,74	0,89	14,85			
												22,32	1,36	20,96			
												30,03	2,43	27,60			
												39,21	4,29	34,92			
												51,89	8,31	43,58			
												64,7	13,6	52,18			
												80,8	21,4	63,60			
												97,0	31,1	74,92			
2	94	24,91	24,90	100,92	620,3	12,6	149,30	11,60	2,25	74,92	0,2—16,1	4,45	0,11	4,34	$\frac{1}{329400}$	104700	169
												9,57	0,34	9,23			
												15,55	0,78	14,77			
												22,20	1,44	20,76			
												29,81	2,39	27,42			
												38,88	4,06	34,82			
												51,55	8,07	43,48			
												64,5	13,6	52,18			
												80,6	21,4	63,60			
												96,7	31,1	74,92			
3	94	24,90	24,81	100,90	617,8	12,6	149,20	11,54	2,26	—	—	—	—	—	106300	172	
																	11,59

Durchschnitt

Zusammenstellung 6. Körper nach Fig. 6.  
Einlagen: 4 Rundstangen  $d = 3,00$  mm; Abstand der Bügel  $250$  mm (16 Stück rd.  $7$  mm stark).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Querschnitt der 4 Rundstangen $4 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$ qcm	Körpergewicht kg	Eisengewicht kg	Raumgewicht des Betons cm	Meb-länge $l$ cm	Be-lastungs-stufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge $l$ )			Federation der Längen-einheit auf 1 kg Pressung $\alpha =$	Höchst-belastung																
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm								ge-samte	blei-bende	fe-dernde		kg	kg/qcm															
1	94	24,90	24,70	101,00	615,0	28,3	156,50	22,59	2,26	75,00	0,2—16,3	3,88	0,06	3,82	$\frac{1}{379300}$	106800	174															
												8,13	0,12	8,01																		
												13,05	0,31	12,74																		
												18,18	0,54	17,64																		
												24,33	1,26	23,07																		
												32,41	2,92	29,49																		
												44,14	6,61	37,53																		
												3,73	0,02	3,71																		
												7,87	0,04	7,83																		
												12,86	0,21	12,15																		
												17,33	0,45	16,88																		
												23,20	0,97	22,23																		
												29,97	1,84	28,13																		
												38,94	3,92	35,02																		
												2	95	24,90				24,72	100,60	615,5	28,3	156,27	22,50	2,27	75,12	0,2—16,2	3,73	0,02	3,71	$\frac{1}{388800}$	122800	199
																											8,13	0,12	8,01			
13,05	0,31	12,74																														
18,18	0,54	17,64																														
24,33	1,26	23,07																														
32,41	2,92	29,49																														
44,14	6,61	37,53																														
3,73	0,02	3,71																														
7,87	0,04	7,83																														
12,86	0,21	12,15																														
17,33	0,45	16,88																														
23,20	0,97	22,23																														
29,97	1,84	28,13																														
38,94	3,92	35,02																														

Zusammenstellung 6 (Schluß).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Querschnitt der 4 Rundstangen $4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)$ qcm	Körpergewicht kg	Eisengewicht kg	Raumgewicht des Betons cm	Meßlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $\frac{1}{1200}$ cm (auf die Meßlänge $l$ )			Federung der Längeneinheit auf 1 kg Pressung $\alpha =$	Höchstbelastung		
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm								gesamte	bleibende	federnde		kg	kg/qcm	
3	93	24,81	24,89	101,35	617,5	28,3	157,95	22,62	2,27	74,80	0,2—16,2	3,81	0,16	3,65	1	121600	197	
											0,2—32,4	7,94	0,21	7,73	1			
											0,2—48,6	12,24	0,25	11,99	1			
											0,2—64,8	17,12	0,43	16,69	1			
											0,2—81,0	22,65	0,77	21,88	1			
											0,2—97,2	29,30	1,53	27,77	1			
											0,2—113,4	38,12	3,33	34,79	1			
												Durchschnitt			28,3	22,57	2,27	190

IV. Versuchsergebnisse.

Die Ergebnisse der Prüfung, welcher die 18 Prismen Fig. 1 bis 6, unterworfen wurden, sind in den Zusammenstellungen 1 bis 6 enthalten. Die Figuren 13 bis 18 zeigen die Versuchskörper im zerstörten Zustande. Ihre Betrachtung läßt den Einfluß der Stangen wie der Bügel erkennen.

Die Linienzüge, Fig. 19 bis 32, zeigen die Ergebnisse über das Verhalten der Körper in Hinsicht auf die gesamten, bleibenden und federnden Zusammendrückungen.

Die durchschnittlichen Höchstbelastungen, welche sich für die Prismen ergaben, betragen

bei Fig.	1	2	3	4	5	6
in kg/qcm	141	168	177	205	170	190.

Die zeichnerische Darstellung Fig. 33, welche derart gewonnen ist, daß die Zahlen, welche zu gleichen Bügelentfernungen gehören, als Ordinaten auf derselben Abszisse aufgetragen sind, läßt in dem Linienzug, der für die Körper mit 15 mm Stangenstärke gilt, die Zunahme der Widerstandsfähigkeit mit abnehmender Entfernung der Bügel deutlich erkennen.

Die Höhenlage der Punkte auf der zweiten Ordinate, gültig für 250 mm Bügelentfernung, zeigt den Einfluß der Stangenstärke.

Wird der Einfluß des Eisengewichtes zu ermitteln gesucht, so gelangt man zu folgenden Ergebnissen.

Die Körper Fig. 2 enthalten durchschnittlich 8,25 kg Eisen, wovon rd. 5 kg auf die Eisenstangen entfallen; die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit durch das Eisen beträgt

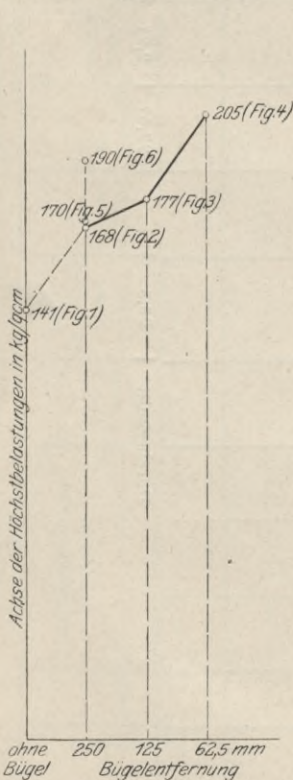


Fig. 33.  
Zusammenstellung 1 bis 6.

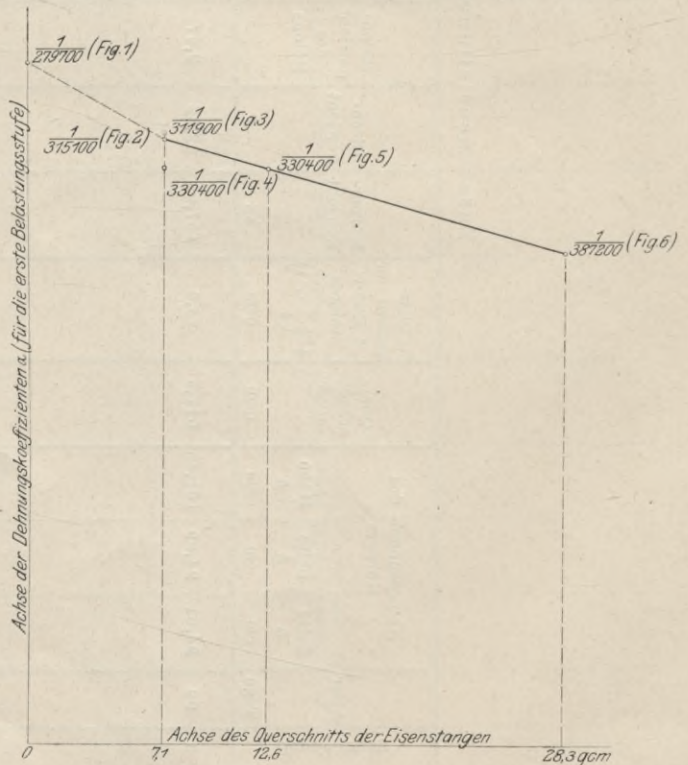


Fig. 34.  
Zusammenstellung 1 bis 6.



$$168 - 141 = 27 \text{ kg/qcm,}$$

$$\text{d. s. } 27 : 8,25 = 3,3 \text{ kg/qcm auf 1 kg Eisen.}$$

Werden die Stangen verstärkt, jedoch die Bügelentfernungen beibehalten, so ergibt sich die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit bei 20 mm Stabstärke (Eisengewicht: 11,59 kg, wovon auf die Eisenstangen 8,76 kg entfallen:

$$170 - 141 = 29 \text{ kg/qcm,}$$

$$\text{d. s. } 29 : 11,59 = 2,5 \text{ kg/qcm auf 1 kg Eisen,}$$

bei 30 mm Stabstärke (Eisengewicht: 22,57 kg, wovon 19,67 kg auf die Eisenstangen kamen):

$$190 - 141 = 49 \text{ kg/qcm,}$$

$$\text{d. s. } 49 : 22,57 = 2,2 \text{ kg/qcm auf 1 kg Eisen.}$$

Die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit auf 1 kg Eisen nimmt hier nach mit Verstärkung der Stäbe ab.

Die Körper Fig. 4 verglichen mit denjenigen Fig. 1 ergaben Erhöhung der Widerstandsfähigkeit um

$$205 - 141 = 64 \text{ kg/qcm,}$$

$$\text{d. s. } 64 : 15,98 = 4,0 \text{ kg/qcm auf 1 kg Eisen.}$$

Hiernach erweist sich der Einfluß von 1 kg Eisen in den Bügeln hinsichtlich der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit bedeutend größer als derjenige von 1 kg Eisen in den Stangen.

Diese Feststellungen gelten natürlich nur für das Gebiet, welches durch die Versuche gedeckt wird.

Was den Einfluß des Eisens auf den Dehnungskoeffizienten  $\alpha$  (Elastizitätsmodul) der Prismen betrifft, so erweist sich derjenige der Stärke der Stäbe bedeutender als derjenige der Anzahl der Bügel. In Fig. 34 sind zu den Querschnitten der Eisenstangen als Abszissen die Dehnungskoeffizienten der Federung für die erste Belastungsstufe als Ordinaten aufgetragen. Für die gleiche Bügelentfernung von 250 mm (Fig. 2, 5 und 6) liegen die Versuchswerte genau auf einer geraden Linie, wie auch auf Grund einfacher Ueberlegung erwartet werden kann.

Im übrigen darf auf die Zusammenstellungen 1 bis 6 sowie auf die Darstellungen Fig. 19 bis 32 verwiesen werden.

Für die Druckfestigkeit der Würfel ergaben sich die in den Zusammenstellungen 7 und 8 enthaltenen Werte. Die Würfel der ersteren Zusammenstellung wurden genau so gestampft, wie die Versuchsprismen gestampft werden konnten; diejenigen der Zusammenstellung 8 hingegen wie S. 4 angegeben ist.

Zusammenstellung 7.

Bezeichnung	Alter Tage	Gewicht <i>G</i> kg	Abmessungen			Vo- lumen <i>a b h</i> cm	Raum- gewicht $\frac{1000 G}{a b h}$	Quer- schnitt <i>a b</i> qcm	Bruchbelastung		
			Seite <i>a</i> cm	Seite <i>b</i> cm	Höhe <i>h</i> cm				beob- achtet kg	auf 1 qcm kg	
1	93	61,60	29,98	30,01	30,17	27 144	2,27	899,7	145 300	161	
2	92	61,31	30,01	29,96	29,98	26 955	2,27	899,1	142 000	158	
3	91	61,59	30,02	29,96	30,20	27 162	2,27	899,4	138 800	154	
4	90	61,17	29,98	30,02	29,87	26 883	2,28	900,0	146 100	162	
5	88	62,00	30,00	29,99	30,50	27 441	2,26	899,7	145 000	161	
Durchschnitt							2,27				159

Das Raumgewicht ist bei den Körpern in Zusammenstellung 7 das gleiche wie im Durchschnitt bei den Versuchsprismen.

Zusammenstellung 8.

Bezeichnung	Alter Tage	Gewicht <i>G</i> kg	Abmessungen			Vo- lumen <i>a b h</i> ccm	Raum- gewicht 1000 <i>G</i> <i>a b h</i>	Quer- schnitt <i>a b</i> qcm	Bruchbelastung		
			Seite <i>a</i> cm	Seite <i>b</i> cm	Höhe <i>h</i> cm				beob- achtet kg	auf 1 qcm kg	
1	90	63,00	30,02	30,00	30,40	27 378	2,30	900,6	151 100	168	
2	88	62,15	30,00	30,01	30,06	27 063	2,30	900,3	152 400	169	
3	90	61,74	29,96	30,00	29,93	26 901	2,30	898,8	153 800	171	
4	88	62,70	30,02	30,06	30,27	27 316	2,30	902,4	166 800	185	
5	83	62,20	30,02	30,01	30,19	27 198	2,29	900,9	166 100	184	
Durchschnitt							2,30				175

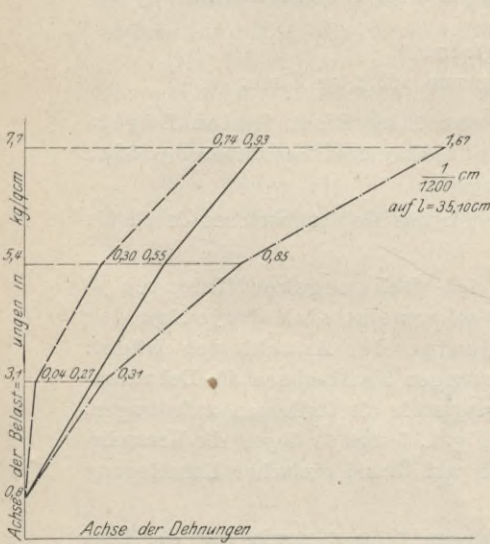


Fig. 35. Körper nach Fig. 8. Zusammenstellung 9 Nr. 3 (Zug).

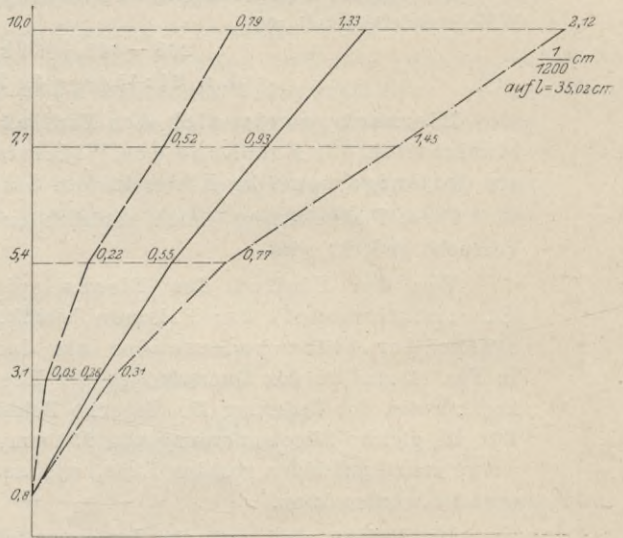


Fig. 36. Körper nach Fig. 8. Zusammenstellung 9 Nr. 5 (Zug).

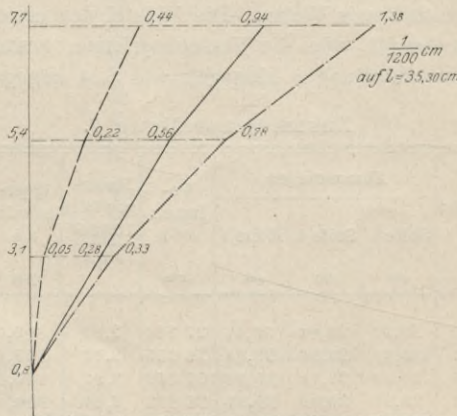


Fig. 37. Körper nach Fig. 8. Zusammenstellung 9 Nr. 6 (Zug).

Die Prüfung der Körper nach Fig. 8 liefert die in Zusammenstellung 9 (für Zug) S. 30, und die in Zusammenstellung 10 (für Druck) S. 31 enthaltenen Ergebnisse. Zu den beiden Zusammenstellungen gehören die Linienzüge Fig. 35 bis 37 bzw. 38 und 39.

Bemerkenswert ist, daß die federnden Dehnungen schon nach wenigen Belastungswechseln ihren Endwert annehmen.

Die Zugfestigkeit des Betons an sich erweist sich als ziemlich gleichmäßig: im Durchschnitt 11,3 kg/qcm, d. i. rd.  $\frac{1}{14}$  der Druckfestigkeit der Zusammenstellung 7.

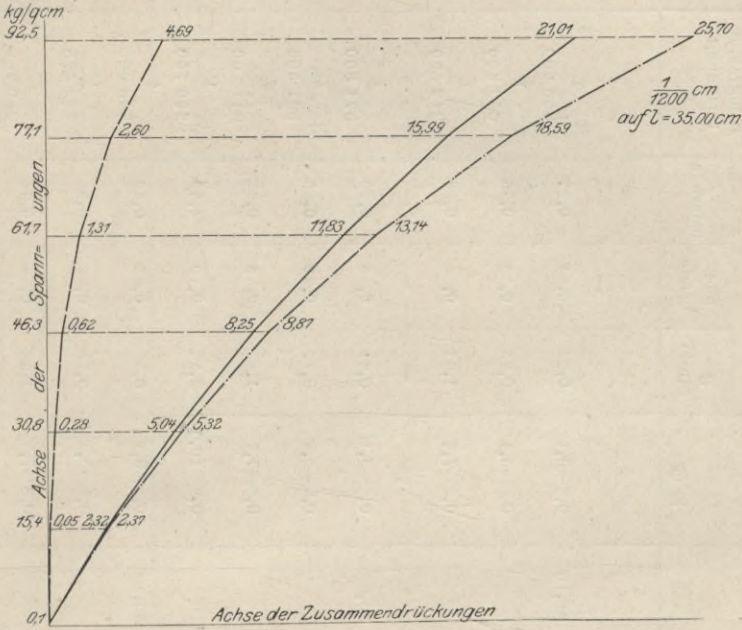


Fig. 38. Körper nach Fig. 8. Zusammenstellung 10 Nr. 1 (Druck).

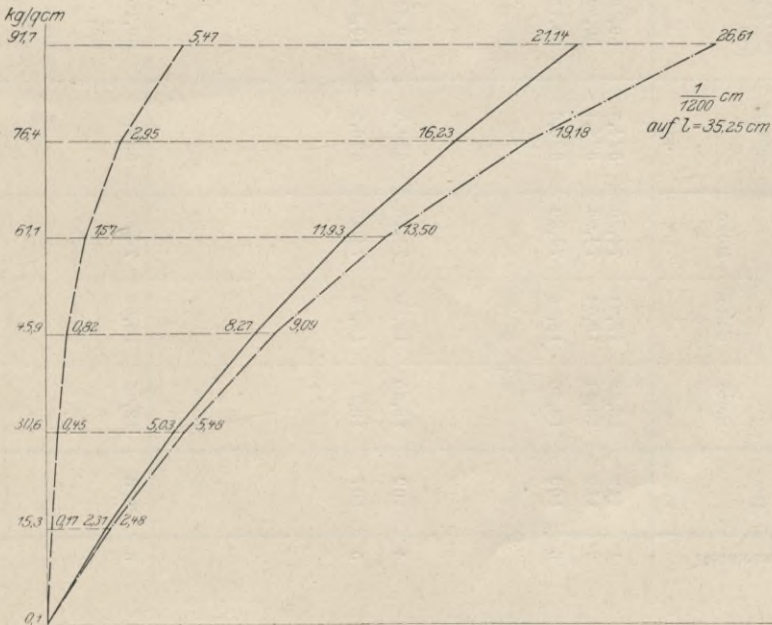


Fig. 39. Körper nach Fig. 8. Zusammenstellung 10 Nr. 2 (Druck).

Zusammenstellung 9. Körper nach Fig. 8; ohne Eiseneinlagen (Zug).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Körpergewicht kg	Meßlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Dehnungen in $1/1200$ cm (auf die Meßlänge $l$ )		Federung der Längeneinheit auf das Kilogramm Spannung $\alpha =$	Höchstbelastung	
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm					gesamte	bleibende		kg	kg/qcm
1	112	18,02	18,01	74,20	324,5	59,70	—	—	—	—	3850	11,9	
2	110	18,01	18,01	74,03	324,4	59,50	—	—	—	—	3918	12,1	
3	109	18,10	18,03	74,30	326,3	59,75	35,10	0,8—3,1	0,31	0,04	358 800	10,0	
								0,8—5,4	0,85	0,30	352 300		
								0,8—7,7	1,67	0,74	312 500		
4	109	18,00	18,00	74,10	324,0	59,55	—	—	—	—	3850	10,8	
5	107	18,11	18,03	74,30	326,5	60,10	35,02	0,8—3,1	0,31	0,05	371 800	12,1	
								0,8—5,4	0,77	0,22	351 500		
								0,8—7,7	1,45	0,52	311 800		
								0,8—10,0	2,12	0,79	290 700		
6	106	18,00	18,00	74,15	324,0	59,40	35,30	0,8—3,1	0,33	0,05	348 000	10,0	
								0,8—5,4	0,78	0,22	348 000		
								0,8—7,7	1,38	0,44	310 900		
7	106	18,00	18,01	74,20	324,2	59,50	—	—	—	—	3720	11,5	
8	105	18,10	18,03	73,95	326,3	60,12	—	—	—	—	3915	12,0	
9	104	18,01	18,00	74,15	324,2	59,70	—	—	—	—	3645	11,2	
10	103	18,11	18,04	74,25	326,7	60,25	—	—	—	—	3860	11,8	
											Durchschnitt		11,3

Zusammenstellung 10. Körper nach Fig. 8; ohne Eiseneinlagen (Druck).

Bezeichnung	Alter	Abmessungen des Körpers			Querschnitt $a \cdot b$ qcm	Körpergewicht kg	Messlänge $l$ cm	Belastungsstufen kg/qcm	Zusammendrückung in $1/1200$ cm (auf die Messlänge $l$ )			Federung der Längeneinheit auf das Kilogramm Pressung $\alpha =$	Höchstbelastung	
		Seite $a$ cm	Seite $b$ cm	Höhe $h$ cm					gesamte	bleibende	federnde		kg	kg/qcm
1	110	18,00	18,01	73,95	324,2	59,02	35,00	0,1—15,4	2,37	0,05	2,32	1	51 800	160
									5,32	0,28	5,04	277 000		
									8,87	0,62	8,25	1		
									13,14	1,31	11,88	255 800		
									18,59	2,60	15,39	1		
									25,70	4,69	21,01	235 200		
									2,48	0,17	2,31	1		
									5,48	0,45	5,03	218 700		
									9,09	0,82	8,27	1		
									13,50	1,57	11,93	1		
2	112	18,13	18,04	73,98	327,1	59,60	35,25	0,1—15,3	2,48	0,17	2,31	1	51 900	159
									5,48	0,45	5,03	278 300		
									9,09	0,82	8,27	1		
									13,50	1,57	11,93	256 500		
									19,18	2,95	16,23	1		
									26,61	5,47	21,14	1		
									2,48	0,17	2,31	1		
									5,48	0,45	5,03	1		
									9,09	0,82	8,27	1		
									13,50	1,57	11,93	1		
3	105	18,14	18,04	74,00	327,2	59,55	—	—	—	—	—	—	55 300	169
									—	—	—	—		

Durchschnitt **163**

Stuttgart, den 18. März 1905.













WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. 33631

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305799