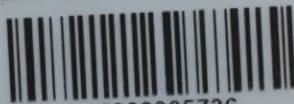




Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305736

xxx  
261



587

*J. Bach*

# Versuche

über den

## Gleitwiderstand einbetonierten Eisens.

---

Von

C. Bach.

*27/11*

*F. Nr. 26 204*



**Berlin 1905.**

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

*XXX*

*261*

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 33154

Akc. Nr. 2857/49

# Versuche über den Gleitwiderstand einbetonierten Eisens.

Von C. Bach.

Das Kuratorium der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie hat in seiner Sitzung am 18. Juni 1903 die Bildung eines Ausschusses beschlossen, dem es obliegen soll, die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues in systematischer Weise aufzunehmen, und zwar unter Würdigung der bis jetzt auf diesem Gebiete durchgeführten Versuche sowie unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der ausführenden Technik. Dieser Ausschuß besteht aus den vom Deutschen Beton-Verein bezeichneten beiden sachverständigen Vertretern des Eisenbetonbaues, Herrn Ingenieur C. Freytag, Generaldirektor der Aktiengesellschaft Wayß & Freytag in Neustadt a. d. Haardt, und Herrn Regierungsbaumeister a. D. Koenen, Direktor der Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau in Berlin, dem Vorstände des königlich preußischen Materialprüfungsamtes in Groß Lichterfelde-West Herrn Geh. Regierungsrat Professor A. Martens, Herrn Professor Möller in Braunschweig und mir.

Nach Vorberatungen würde seitens des Ausschusses ein Programm für diejenigen Versuche aufgestellt, welche zunächst ausgeführt werden sollen. Einen Teil dieser Versuche übernahm Herr Professor Möller, ein anderer Teil wurde der Materialprüfungsanstalt der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart übertragen.

Unter den letzteren Versuchen befinden sich als zuerst auszuführende die sogenannten Adhäsionsversuche, durch welche die gewöhnlich als Adhäsionsfestigkeit oder auch als Haftspannung bezeichnete Größe zu ermitteln ist. Ueber diese Versuche soll im nachstehenden berichtet werden.

Die Größe, um deren Ermittlung es sich hier handelt, wird erhalten, indem man die Kraft, welche zum Herausziehen oder Herausdrücken des einbetonierten Eisenstabes erforderlich ist, durch die im Beton liegende Oberfläche des Eisens dividiert. Sie ist somit der Widerstand, der sich dem Gleiten des einbetonierten Eisens entgegensetzt, bezogen auf die Einheit der Staboberfläche. Dem Gesagten entsprechend soll die zu bestimmende Größe im nachstehenden kurz als Gleitwiderstand bezeichnet und darunter der auf das Quadratzentimeter Staboberfläche bezogene Widerstand gegen das Herausziehen oder Herausdrücken des Stabes verstanden werden<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Diesen Widerstand gegen Gleiten als »Adhäsionsfestigkeit« zu bezeichnen, wie das z. B. die »Vorläufigen Leitsätze für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Eisenbetonbauten« (Entwurf, aufgestellt vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieurvereine und dem Deutschen Beton-Verein) tun, oder »Haftspannung« zu nennen, wie es in den vom kgl. preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten unterm 16. April 1904 erlassenen »Bestimmungen über die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten« geschieht, halte ich nicht für richtig, auch nicht für zweckmäßig; man wird bei diesen Bezeichnungen zunächst an Kräfte denken, welche senkrecht zur Staboberfläche wirken. Das Wort »Gleitwiderstand« bringt deutlich zum Ausdruck, um was es sich handelt.

### A) Vorversuche,

insbesondere zur Feststellung des Einflusses des Wasserzusatzes.

Unter Verwendung von 20 mm starkem Rundeisen mit Walzhaut, wie es im Handel zu haben ist, war zunächst der Gleitwiderstand zu ermitteln für Beton, der zusammengesetzt wird aus

- 1 Raumteil Portlandzement,
- 4 Raumteilen Sand und Kies in der Mischung von 3 Raumteilen Sand und 2 Raumteilen Kies.

Dabei sollte derjenige Wasserzusatz festgestellt werden, für den der Gleitwiderstand seinen höchsten Wert erreicht.

#### I. Material und Zusammensetzung der Betonkörper.

Der **Portlandzement** wurde von den Portlandzementwerken Heidelberg und Mannheim A.-G. in Heidelberg unentgeltlich geliefert. Ueber die Ergebnisse seiner Prüfung gibt die folgende Zusammenstellung 1 Auskunft.

##### Zusammenstellung 1.

Untersuchung des zur Herstellung der Versuchskörper verwendeten Zements.

##### Erhärtungsbeginn, Temperaturerhöhung, Bindezeit.

(Mittel aus 3 Versuchen)

Der Zement wurde bei durchschnittlich . . . . .	16,5° C Lufttemperatur
mit . . . . .	25,5 vH Wasser
von der durchschnittlichen Temperatur . . . . .	16,3° C angemacht.
Er begann nach durchschnittlich . . . . .	3 st 25 min
zu erhärten und ergab eine Erhöhung der Temperatur von	
durchschnittlich . . . . .	2,2° C über diejenige des Wassers und des Zements (vor der Ver- mischung).
Die Bindezeit betrug durchschnittlich . . . . .	7 st 45 min.

##### Volumenbeständigkeit.

Die normengemäßen Kuchen auf Glasplatten zeigten nach 28 Tagen weder Kantenrisse noch Verkrümmungen.

##### Feinheit der Mahlung.

Die angestellte Siebprobe ergab im Mittel aus 3 Versuchen

auf dem Siebe von 900 Maschen	auf 1 qem	2,5 vH Rückstand
» » » » 4900	» » 1 »	20,3 » »

##### Gewicht des Zements.

Es wiegt 1 ltr

im eingesiebten losen Zustand . . . . .	1,100 kg
» vollständig eingerüttelten Zustand . . . . .	1,838 »

##### Druckfestigkeit.

Zusammensetzung der mittels des Hammerapparates hergestellten Probekörper:

1 kg Zement, 3 kg Normalsand, 0,33 kg Wasser.



Bezeichnung	Gewicht G kg	Abmessungen			Vo- lumen a b h ccm	Raum- gewicht 1000 G a b h	Quer- schnitt a b qcm	Bruchbelastung	
		Seite a cm	Seite b cm	Höhe h cm				beob- achtet kg	auf 1 qcm kg

Alter: 1 Tag an der Luft, 6 Tage unter Wasser.

1	0,793	7,07	7,09	7,07	354	2,24	50,1	10 900	218	
2	0,793	7,09	7,08	7,09	356	2,23	50,2	10 450	208	
3	0,796	7,09	7,09	7,10	357	2,23	50,3	10 900	217	
4	0,793	7,09	7,08	7,09	356	2,23	50,2	10 450	208	
5	0,801	7,08	7,09	7,16	359	2,23	50,2	10 550	210	
Durchschnitt							2,23			<b>212</b>

Alter: 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser.

1	0,808	7,09	7,15	7,16	363	2,23	50,7	14 250	281	
2	0,798	7,09	7,08	7,12	357	2,24	50,2	14 150	282	
3	0,794	7,08	7,09	7,09	356	2,23	50,2	14 000	279	
4	0,802	7,09	7,14	7,11	360	2,23	50,6	14 300	283	
5	0,799	7,09	7,09	7,14	359	2,23	50,3	14 100	280	
Durchschnitt							2,23			<b>281</b>

Alter: 1 Tag an der Luft, 89 Tage unter Wasser.

1	0,798	7,09	7,10	7,10	357	2,24	50,3	17 700	352	
2	0,800	7,10	7,10	7,09	357	2,24	50,4	18 100	359	
3	0,804	7,11	7,12	7,10	359	2,24	50,6	18 350	363	
4	0,799	7,11	7,10	7,09	358	2,23	50,5	17 800	352	
5	0,802	7,11	7,10	7,09	358	2,24	50,5	18 600	368	
Durchschnitt							2,24			<b>359</b>

### Zugfestigkeit.

Zusammensetzung und Herstellung der Probekörper wie oben.

Alter: 1 Tag an der Luft, 6 Tage unter Wasser.

(18,5 + 18,0 + 18,5 + 19,5 + 19,5 + 19,0 + 18,5 + 19,0 + 18,5 + 18,5) : 10  
Durchschnitt **18,8** kg/qcm.

Alter: 1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser.

(25,5 + 23,5 + 24,0 + 25,0 + 24,0 + 26,0 + 24,0 + 24,5 + 24,0 + 23,5) : 10  
Durchschnitt **24,4** kg/qcm.

Alter: 1 Tag an der Luft, 89 Tage unter Wasser.

(32,5 + 33,0 + 31,0 + 33,0 + 32,0 + 32,5 + 33,0 + 32,5 + 31,0 + 31,0) : 10  
Durchschnitt **32,2** kg/qcm.

Der **Sand** von 0 bis 5 mm Korngröße und der **Kies** von 5 bis 15 mm Korngröße wurde von der Firma Wayß & Freytag A.-G. in Neustadt a. d. Haardt unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Das Material ist nach Angabe »Rheinkies aus der Nähe von Speyer«.

Die Wägung ergab für

1 cbm Sand (1571 + 1581 + 1571) : 3 = 1574 kg

1 » Kies (1658 + 1655 + 1645) : 3 = 1653 »

Die Hohlräume, durch Einfüllen von Wasser bestimmt, fanden sich

für den trockenen Sand zu (35,7 + 35,5) : 2 = 35,6 vH des Volumens,

» » » Kies » (34,9 + 36,6) : 2 = 35,7 » » »

Die Wägung von 3 Raumteilen Sand und 2 Raumteilen Kies ergab für 1000 ltr des Gemisches in trockenem Zustand

Fig. 1.

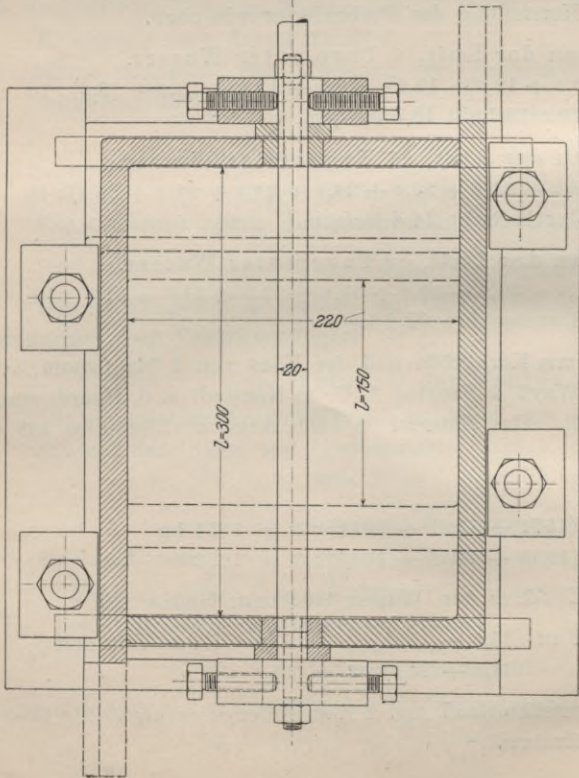
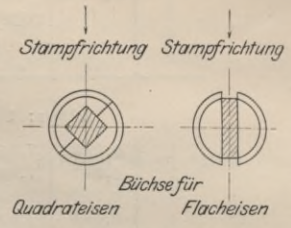
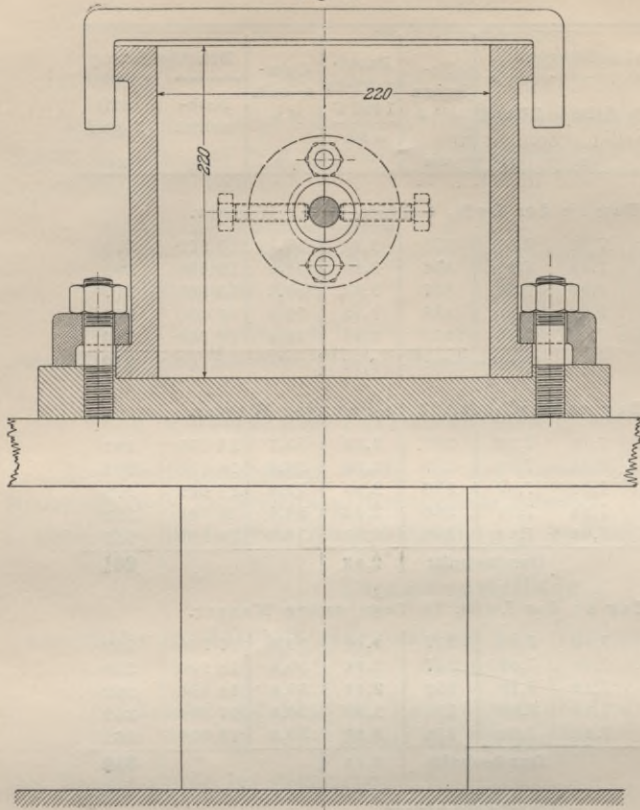


Fig. 2.

$$\frac{1800 + 1834 + 1843 + 1826 + 1827}{5} = 1826 = \infty 1825 \text{ kg.}$$

Mit 1400 kg als Gewicht von 1000 ltr Zement findet sich für das Mischungsverhältnis 1 : 4 der erforderliche Zement aus

$$\begin{aligned} \text{Zement: Sand und Kies} &= 1 \cdot 1400 : 4 \cdot 1825 \\ &= 1 : 5,21. \end{aligned}$$

Dieser Zementzusatz mit Sand und Kies gemischt lieferte für 1000 ltr

$$\frac{1910 + 1894}{2} = 1902 = \infty 1900 \text{ kg.}$$

Somit wird später bei Bestimmung der hinzuzufügenden Wassermenge

$$1 \text{ Raumprozent} = \frac{1}{1,9} = 0,526 \text{ Gewichtsprozent}$$

entsprechen.

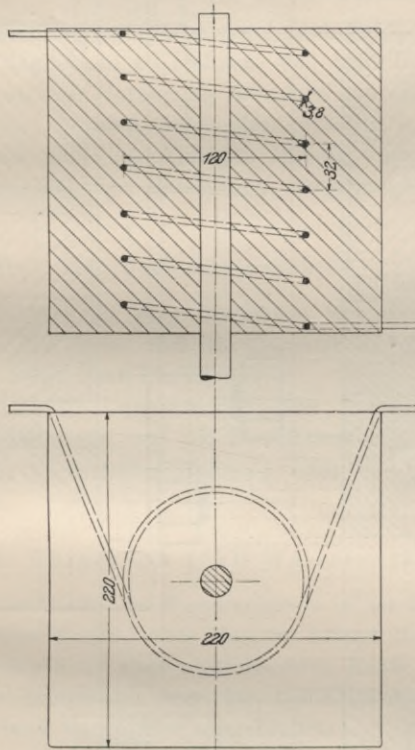


Fig. 3 und 4.

Das zur Einbetonierung verwendete **Eisen** war Handelsflußeisen, das bei der Untersuchung ergab in runden Zahlen:

	Streckgrenze (obere)	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Querschnittsverminderung
	kg/qcm	kg/qcm	vH	vH
Rundeisen von 10 mm (Versuchsstab 8 mm Dmr.)	3100	4000	32	74
» » 20 » ( » 12 » » )	2550	3750	35	73
» » 40 » ( » 20 » » )	2700	4000	34	70
Quadrat Eisen 20 mm Seite	3150	4200	32	69
Flacheisen 10/40 » ( » 10/30 mm )	2375	3850	29	62
» 4/40 » ( » 4/20 » )	2650	3850	30	57

## II. Herstellung der Versuchskörper.

Die Betonkörper wurden als quadratische Prismen von 220 mm Querschnittseite in den Höhen

100    150    200    250    300 mm

ausgeführt.

Die Herstellung erfolgte in der Materialprüfungsanstalt durch eigene Arbeiter derselben, nachdem sie eingeschult waren und nachdem sie sich genügend einge-  
arbeitet hatten, unter steter Aufsicht<sup>1)</sup>.

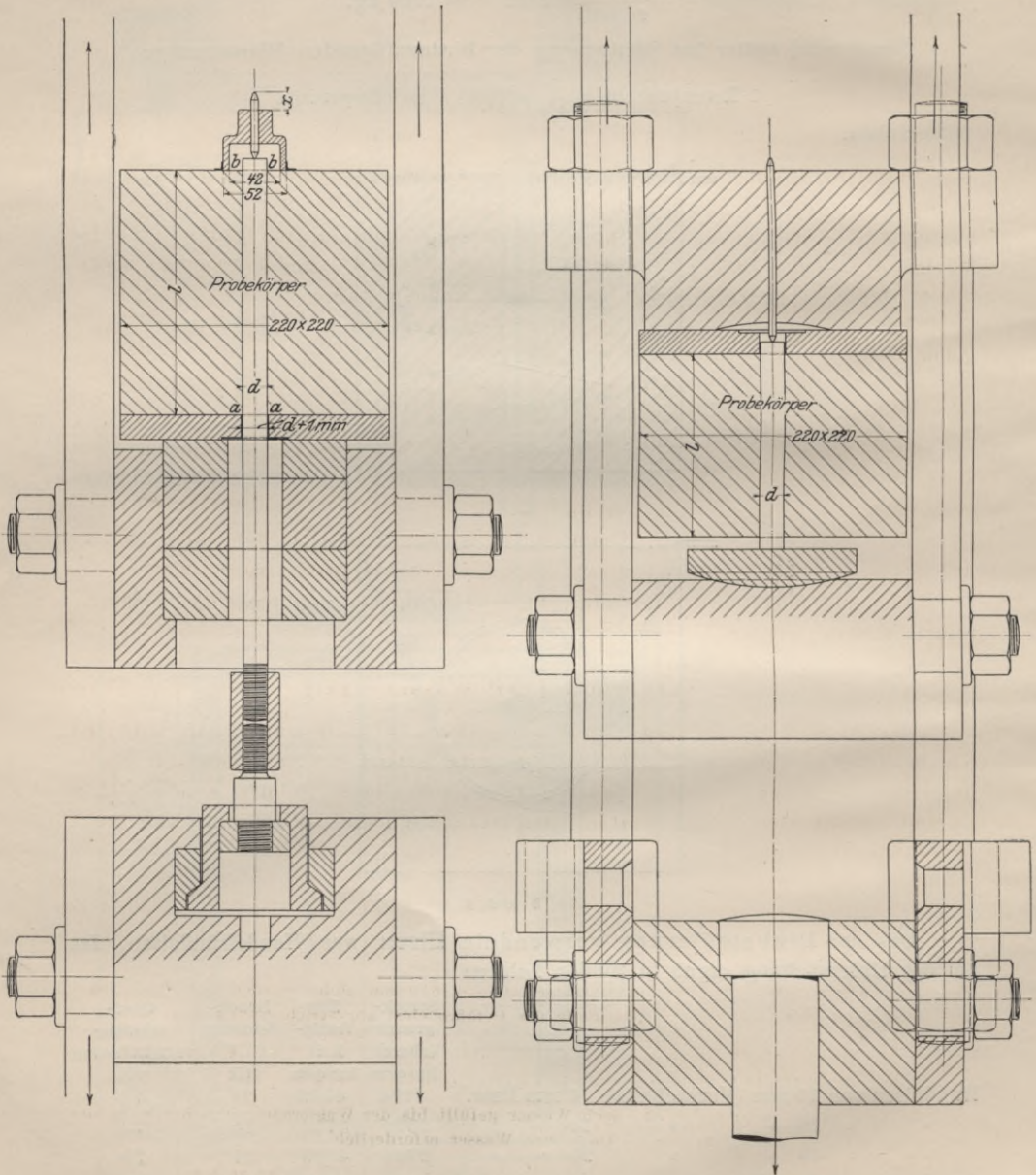


Fig. 5.

Fig. 6.

<sup>1)</sup> An den Versuchen sind wesentlich beteiligt gewesen die Herren Graf und Haberer.

Hinsichtlich der Eisenstäbe wurde darauf geachtet, daß ihre Oberfläche frei von Schmutz und Oel war.

Zur Herstellung der Versuchskörper wurden eiserne Formkasten benutzt, deren Einrichtung aus Fig. 1 und 2 ersichtlich ist. Wie letztere Abbildung zeigt, läßt sich die Höhe der Versuchskörper, d. h. die einbetonierte Länge des Eisenstabes, durch Verschieben der beiden Winkel des Kastens ändern. Die Strichlung gibt die Lage der beiden Winkel für  $l = 150$  mm.

Die Einrichtung ist so getroffen, daß gemäß dem vom Ausschuß aufgestellten Programm Eisenstäbe von folgenden Querschnittsabmessungen einbetoniert werden konnten:

Rundeisen mit Walzhaut, dessen Dmr.	10, 20, 40 mm
» gedreht, » »	20 »
Quadrat Eisen mit Walzhaut, dessen Seite	20 »
Flacheisen » » »	Seiten 4/40, 10/40 »

Auf Grund von Mitteilungen, welche der Anstalt gemacht worden waren, schien es angezeigt, mit der Möglichkeit zu rechnen, daß beim Herausdrücken des Eisens aus dem einfachen Betonkörper Sprengung desselben eintrete. Infolgedessen wurden in eine Anzahl der Körper Spiralen einbetoniert, wie Fig. 3 und 4 erkennen lassen. Später stellte sich heraus, daß diese Einlagen unnötig waren.

Im übrigen wurde bei der Herstellung vorgegangen, wie unter IV angegeben ist.

### III. Versuchsmaschine.

Die Versuche gelangten in einer stehenden Maschine zur Ausführung, und zwar für gewöhnlich in der Weise, daß der Eisenstab aus dem Betonkörper herausgezogen wurde. Fig. 5 zeigt diese Einrichtung.

Zur Feststellung, ob ein Unterschied bestehe, wenn der Stab durch Herausdrücken vom Beton gelöst werde, war die Einrichtung Fig. 6 getroffen worden.

Weiteres über die Versuchsdurchführung wird bei den einzelnen Versuchsreihen bemerkt werden.

### IV. Körper mit 15 vH Wasserzusatz.

Bei Beurteilung der Größe des Wasserzusatzes ist zu beachten, daß Sand und Kies vollständig trocken waren; alles Material befand sich in einem zur Hälfte unter dem Erdboden gelegenen, aber nicht feuchten Raum, in dem eine zwischen 15 und 19° wechselnde Temperatur herrschte, bei anhaltender Sommertrockenheit<sup>1)</sup> außerhalb. Kies und Sand waren hier ausgebreitet.

<sup>1)</sup> Es handelt sich um den heißen Sommer 1904.

Zur Feststellung der Wasseraufnahmefähigkeit des vollständig trockenen Sandes und Kieses wurde folgendes ermittelt:

Zwei Blechgefäße von 300 mm Durchmesser und 610 mm Höhe wurden mit Sand bzw. Kies gefüllt und dabei die obere offene Seite des Gefäßes eben abgestrichen. Es wog

die Sandfüllung . . . . .	67,4 kg
» Kiesfüllung . . . . .	71,0 »

Hierauf wurde in beide Gefäße noch Wasser gefüllt bis der Wasserspiegel in die Höhe der oberen Stirnflächen der Gefäße stieg. Dazu war Wasser erforderlich

bei Sand . . . . .	15,25 kg
» Kies . . . . .	15,80 »

Als dann wurden die in den Gefäßböden vorhandenen Stöpsel herausgezogen und so dem

Es wurde der Beton jeweils für 5 Körper angemacht. Dementsprechend gelangten z. B. für die Körper mit  $l = 300$  mm zur Verwendung:

3 Meßkisten Sand und 2 Meßkisten Kies, deren Inhalt wog . . . . .	145,00 kg
Zement (vergl. unter I) $145,00 : 5,21 =$ , . . . . .	27,83 »
Wasser ( » » I) $(145,00 + 27,83) \cdot \frac{15 \cdot 0,526}{100} = 172,83 \cdot \frac{7,89}{100}$ . . . . .	13,64 »

Die Verarbeitung war die folgende: viermaliges Umschaufeln von Sand und Kies, sodann viermaliges Umschaufeln von Sand, Kies und Zement, beim nächsten Umschaufeln Hinzugabe des Wassers; hierauf viermaliges Umschaufeln, je mit anschließendem Durchstechen, Ausbreiten und Zusammenschaufeln auf einen Haufen, der zum Schluß mit feuchten Säcken bedeckt wurde, um das Austrocknen in der Zeit zu verhindern, welche während der aufeinander folgenden Herstellung der Körper verstreicht.

Das Einbringen der Betonmasse in die Form erfolgte in drei Malen. Das Material wurde gestampft, soweit sein Feuchtigkeitszustand es gestattete. Die Dauer der Herstellung eines Körpers betrug bei  $l = 300$  mm 14 min und sank bei den Körpern mit  $l = 100$  mm auf 8 min.

Die fertigen Körper verblieben rd. 20 st in der Form. Nach der Entformung wurden sie in einem Kellerraum auf feuchten Sand gesetzt und mit feuchten Säcken bedeckt, die bis zur Prüfung feucht zu erhalten waren.

1) Körper mit  $l =$  rd. 100 mm.

Zur Klarstellung sei die Versuchsdurchführung für den ersten dieser Körper, mit Nr. 1 bezeichnet, ausführlich beschrieben.

Körpergewicht . . . . .	11,86 kg
wovon auf das Eisen entfallen . . . . .	0,97 »
Durchmesser des Rundeisens . . . . .	2,02 cm
einbetonierte Länge $l$ desselben . . . . .	10,20 »

Der Körper wird in die Prüfungsmaschine, Fig. 5, eingebaut, wobei sein Eisenstab noch ohne Verbindung mit dem unteren Teil der Maschine ist; hierauf wird die Belastung der Maschine auf null eingestellt, so daß also das Eigengewicht des Versuchskörpers ausgeglichen ist. Die Messung der Strecke  $x$  (Fig. 5 oben) ergibt 28,790 mm. Nach Herstellung der Verbindung des einbetonierten Stabes mit dem unteren Kopf der Maschine wird diese derart belastet, daß an dem Stab eine Zugkraft von

Wasser das Abfließen gestattet. Die Gefäße waren oben bedeckt, um das Austrocknen zu verhindern.

Die Wägung der Gefäße ergab, daß die Wassermenge betrug

	im Sand	im Kies
nach 1 Stunde	7,7 kg	1,65 kg
» 4 Stunden	6,5 »	1,55 »
» 1 Tag	6,1 »	1,3 »
» 2 Tagen	5,9 »	1,1 »
» 3 »	5,8 »	1,0 »
» 5 »	5,7 »	0,85 »
» 6 »	5,7 »	0,85 »
» 14 »	5,7 »	0,85 »

Hiernach haben festgehalten

42,9 Liter Sand von 67,4 kg Gewicht	5,7 kg Wasser
d. i. 1 kg Sand	0,0846 » »
43,15 Liter Kies von 71,0 kg Gewicht	0,85 kg Wasser
d. i. 1 kg Kies	0,0120 » »

$P = 500$ kg	wirkt.	Die Messung von $x$	liefert	28,790 mm
$P$	wird auf	750 kg gesteigert,	$x$ ergibt sich zu	28,790 »
$P$	»	» 1000 »	» $x$ »	» » 28,790 »
$P$	»	» 1250 »	» $x$ »	» » 28,785 »
$P$	»	» 1500 »	» $x$ »	» » 28,770 »
$P$	»	» 1750 »	» $x$ »	» » 28,755 »
$P$	»	» 2000 »	» $x$ »	» » 28,740 »
$P$	»	» 2250 »	» $x$ »	» » 28,700 »

Bei diesen Belastungssteigerungen beträgt die Zeit, welche von der einen bis zur andern vergeht, rund eine halbe Minute.

Bei der weiteren Steigerung tritt unter der Belastung  $P_{\max} = 2481$  kg das Herausgleiten der Stabes ein, derart, daß die Belastung bedeutend sinkt und sich nicht mehr auf die frühere Höhe bringen läßt.

Unter Zugrundelegung von  $P_{\max} = 2481$  kg berechnet sich der Gleitwiderstand, unter der Voraussetzung gleichmäßiger Verteilung über die Strecke  $l$ , zu

$$\tau = \frac{2481}{\pi \cdot 2,02 \cdot 10,20} = 38,3 \text{ kg/qcm,}$$

dabei erfährt der Eisenstab eine Zugbeanspruchung von

$$\sigma = \frac{2481}{\frac{\pi}{4} 2,02^2} = 775 \text{ kg/qcm.}$$

Die Prüfungsmaschine besitzt die Vorrichtung, daß die Gleitlinie, d. h. der Zusammenhang zwischen der Bewegung des Stabes und der Belastung desselben, selbsttätig — allerdings nur mit Annäherung — aufgezeichnet wird. Dieser Selbstzeichner ist derart eingerichtet, daß der in senkrechter Richtung sich bewegende Schreibstift von dem Laufgewicht der Wage, dessen Stellung die Belastung bestimmt, betätigt wird, während die um eine senkrechte Achse drehbare Papiertrommel ihre Bewegung von dem fortschreitenden untern Einspannkopf der Prüfungsmaschine erhält. Es werden also nicht bloß — wie erwünscht — die Bewegungen des einbetonierten Eisens gegen den Beton auf die Papiertrommel übertragen, sondern auch die übrigen Formänderungen, die sich unter der jeweiligen Belastung einstellen, insoweit sie die Lage des unteren Einspannkopfes der Maschine beeinflussen. Die Darstellung der Gleitungen ist somit keine reine, ganz abgesehen von den etwaigen Unvollkommenheiten der Uebertragung der Bewegung von dem Einspannkopf auf die Papiertrommel.

In bezug auf die Darstellung der Belastungen ist zu beachten, daß das Laufgewicht, von dem aus der Schreibstift seine Bewegung erhält, jeweils von Hand so eingestellt werden muß, daß die Wage einspielt. Bei rasch vor sich gehender Aenderung der Kraft, die eben durch Verstellung des Laufgewichtes gemessen werden soll, kann die Einstellung des letzteren mit mehr oder minder großen Schwierigkeiten verknüpft sein. Aus diesem Grunde werden in solchen Fällen Ungenauigkeiten hinsichtlich der Darstellung der Belastungsänderungen nicht zu vermeiden sein.

Ist hiernach die Darstellung des Verlaufes der Bewegungen des Eisens gegenüber dem Beton nicht vollständig genau, so gewährt sie doch ein deutliches Bild über die Veränderlichkeit des Gleitwiderstandes, wie die Schaulinie Fig. 7 erkennen läßt. Zunächst erfolgt rasches Ansteigen bis zur Höhe von  $P_{\max} = 2481$  kg, entsprechend  $\tau = 38,3$  kg/qcm, dann Abfallen, in der Höhe von  $P = \text{rd. } 1020$  kg, entsprechend  $\tau = 15,3$  kg/qcm, wagerechter Verlauf, dann weiterer Abfall. Nach Herausziehen des Stabes um den Betrag von 61,3 mm wurde der Versuch unterbrochen.  $P$  war dabei auf rd. 400 kg gesunken.

In der Zusammenstellung 2 sind die Versuchsergebnisse eingetragen, welche sämtliche 5 Körper mit  $l = \text{rd. } 100 \text{ mm}$  geliefert haben. Von der Wiedergabe der Gleitlinien gemäß Fig. 7 muß mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum abgesehen werden, unter Hervorhebung, daß diese Linien natürlich mehr oder weniger voneinander abweichen, wie schon ohne weiteres daraus erhellt, daß die einbetonierten Eisenstäbe hinsichtlich ihrer Oberfläche nicht genau gleich beschaffen sind und auch in bezug auf ihre Gestalt nicht als genaue Prismen gelten können.

Zusammenstellung 2.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 100 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 30 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	einbeton- ierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{4 d^2}$ kg/cm	Bemerkungen
1	30	2,02	10,20	64,7	2481	38,3	775,3	mit Spirale
2	30	2,02	10,20	64,7	2424	37,5	757,5	» »
3	30	2,02	10,10	64,1	2036	31,8	636,3	» »
4	30	2,02	10,10	64,1	2090	32,6	653,1	ohne »
5	30	2,02	10,00	63,5	1635	25,7	510,9	» »
Durchschnitt						33,2	666,6	

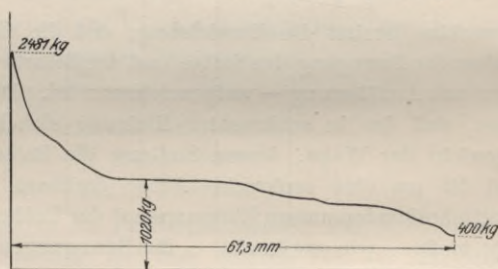


Fig. 7. Zusammenstellung 2 Nr. 1.

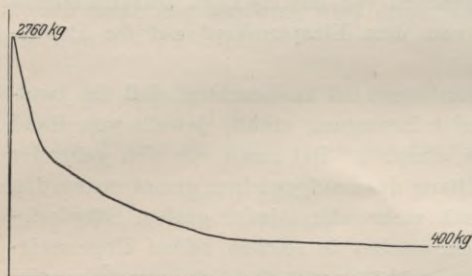


Fig. 8. Zusammenstellung 3 Nr. 1.



Fig. 9. Zusammenstellung 3 Nr. 2.

2) Körper mit  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$ .

Zusammenstellung 3 enthält die Versuchsergebnisse, Fig. 8 und 9 geben die Gleitlinien für Nr. 1 und 2 wieder.

3) Körper mit  $l = \text{rd. } 200 \text{ mm}$ .

Zusammenstellung 4 enthält die Versuchsergebnisse, Fig. 10 zeigt die Gleitlinie für Nr. 4.



Zusammenstellung 3.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 29 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$F_{\max}$	$\frac{F_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{F_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tage	cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm	
1	29	2,02	15,20	96,5	2760	28,6	862,5	mit Spirale
2	29	2,02	15,30	97,1	3437	35,4	1074,1	» »
3	29	2,02	15,20	96,5	2891	30,0	903,4	» »
4	29	2,02	15,00	95,2	2787	29,3	870,9	ohne »
5	29	2,04	14,90	95,5	2858	29,9	876,7	» »
Durchschnitt						30,6	917,5	

Zusammenstellung 4.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 200 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 29 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$F_{\max}$	$\frac{F_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{F_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tage	cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm	
1	29	2,02	20,10	127,6	2318	18,2	724,4	mit Spirale
2	29	2,02	20,20	128,2	2721	21,2	850,3	» »
3	29	2,02	20,20	128,2	3250	25,4	1015,6	» »
4	29	2,02	20,10	127,6	3410	26,7	1065,6	ohne »
5	29	2,02	20,00	126,9	2187	17,2	683,4	» »
Durchschnitt						21,7	867,9	

Bei der Herstellung der Körper dieser Versuchsreihe, welche zeitlich die erste war, hatte sich der Arbeiter noch nicht genügend eingearbeitet.

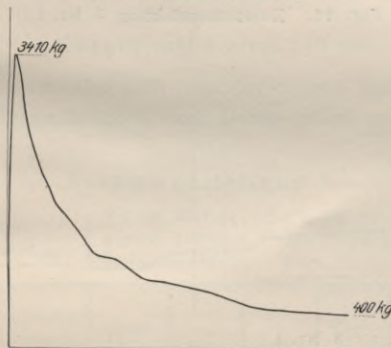


Fig. 10. Zusammenstellung 4 Nr. 4.

4) Körper mit  $l = \text{rd. } 250 \text{ mm}$ .

Zusammenstellung 5 enthält die Ergebnisse der Untersuchung von 10 Körpern. Fig. 11 zeigt die Gleitlinie für Nr. 1, Fig. 12 für Nr. 10. Der abweichende, eigenartige Verlauf der letzteren Schaulinie rührt in der Hauptsache davon her, daß die Achse des einbetonierten Stabes etwas gekrümmt war.

Zusammenstellung 5.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 250 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 28 \text{ bis } 29 \text{ Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $\bar{d}$	einbeto- nierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tage							
1	28	2,02	25,30	160,6	4370	27,2	1365,6	mit Spirale
2	28	2,02	25,20	159,9	5270	33,0	1646,9	» »
3	28	2,02	25,10	159,3	5454	34,2	1704,4	» »
4	28	2,02	25,10	159,3	4870	30,6	1521,9	ohne »
5	28	2,02	25,00	158,7	4470	28,2	1396,9	» »
6	29	2,02	25,10	159,3	4860	30,5	1518,8	mit »
7	29	2,02	25,20	159,9	4925	30,8	1539,1	» »
8	28	2,02	25,00	158,7	4770	30,1	1490,6	» »
9	28	2,02	25,10	159,3	3870	24,3	1209,4	ohne »
10	28	2,02	25,10	159,3	3705	23,3	1157,8	» »
Durchschnitt						29,2	1455,1	



Fig. 11. Zusammenstellung 5 Nr. 1.

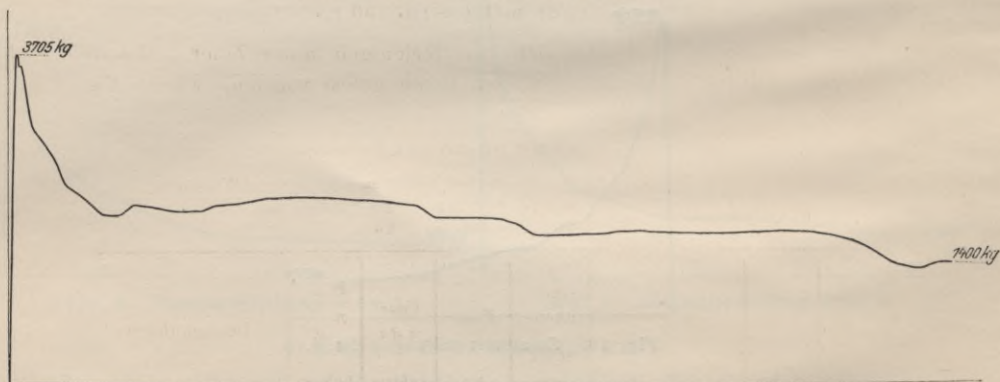


Fig. 12. Zusammenstellung 5 Nr. 10.

5) Körper mit  $l = \text{rd. } 300 \text{ mm}$ .

Zusammenstellung 6 enthält die Ergebnisse der Untersuchung von 7 Körpern. Fig. 13 zeigt die Gleitlinie für Nr. 1.

Zusammenstellung 6.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 28 \text{ Tage.} \end{array}$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbeto- nierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d^2}$	Bemerkungen
	Tage							
1	28	2,02	30,30	192,3	5268	27,4	1646,3	mit Spirale
2	28	2,02	30,10	191,0	4955	25,9	1548,4	» »
3	28	2,02	30,10	191,0	4450	23,3	1390,6	» »
4	28	2,02	30,00	190,4	4020	21,1	1256,3	ohne »
5	28	2,02	30,00	190,4	4345	22,8	1357,8	» »
6	28	2,02	30,10	191,0	4590	24,0	1434,4	mit »
7	28	2,02	30,00	190,4	4070	21,4	1271,9	ohne »
Durchschnitt								23,7   1415,1

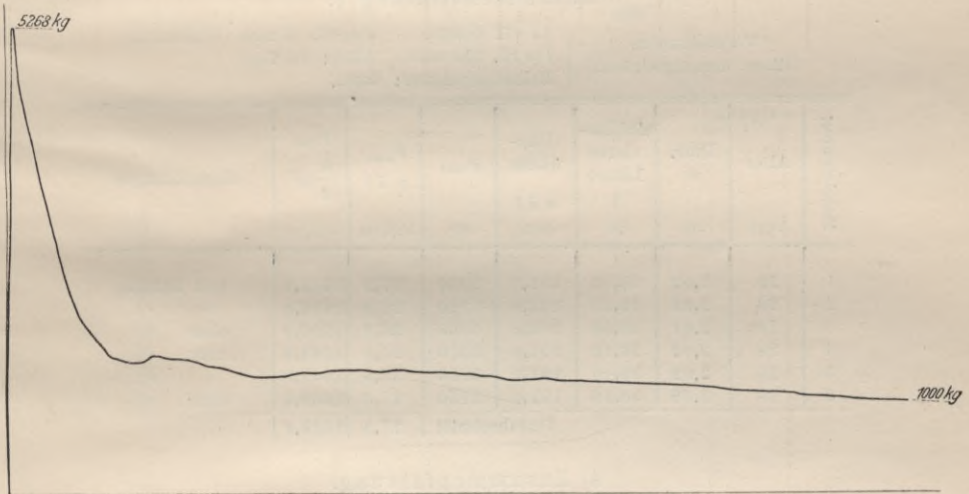


Fig. 13. Zusammenstellung 6 Nr. 1.

6) Körper mit  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$ .

Diese Prüfung unterscheidet sich von derjenigen unter Ziffer 2 dadurch, daß hier die Stäbe durch Herausdrücken vom Beton gelöst wurden, wie in Fig. 6 gezeichnet ist.

Zusammenstellung 7.

Versuchsreihe (Eisen herausgedrückt)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 28 \text{ Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbeto- nierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d^2}$	Bemerkungen
	Tage							
1	28	2,02	15,10	95,8	3050	31,8	953,1	ohne Spirale
2	28	2,02	14,80	93,9	3295	35,1	1029,7	» »
3	28	2,02	15,00	95,2	3025	31,8	945,3	mit »
Durchschnitt								32,9   976,0

Zusammenstellung 7 enthält die Versuchsergebnisse für die 3 Körper. Der Vergleich mit Zusammenstellung 3 zeigt, daß der Gleitwiderstand beim Herausdrücken im Durchschnitt um

$$32,9 - 30,6 = 2,3 \text{ kg/qcm}$$

größer ist als beim Herausziehen.

7) Körper mit  $l = \text{rd. } 300 \text{ mm}$ .

Diese Prüfung unterscheidet sich von derjenigen unter Ziffer 5 in gleicher Weise.

Zusammenstellung 8 enthält die Versuchsergebnisse für 6 Körper. Der Vergleich mit Zusammenstellung 6 zeigt, daß der Gleitwiderstand beim Herausdrücken im Durchschnitt um

$$27,3 - 23,7 = 3,6 \text{ kg/qcm}$$

größer ist als beim Herausziehen.

Zusammenstellung 8.

Versuchsreihe  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{(Eisen herausgedrückt)} \quad \left\{ \begin{array}{l} l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 28 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right. \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr.	einbetonierte	Ober-	$P_{\max}$	$P_{\max}$	$P_{\max}$	Bemerkungen	
	Tage	$d$	Länge	fläche					
		cm	$l$	$\pi d l$	kg	kg/qcm	$\frac{\pi}{4} d^2$		
			cm	qcm			kg/qcm		
1	28	2,02	30,10	191,0	5220	27,3	1631,3	mit Spirale	
2	28	2,02	30,10	191,0	4540	23,8	1418,8	» »	
3	28	2,01	30,00	189,4	5060	26,7	1596,2	ohne »	
4	28	2,02	30,10	191,0	5070	26,5	1584,4	mit »	
5	28	2,02	30,10	191,0	6200	32,5	1937,5	» »	
6	28	2,02	30,10	191,0	5150	27,0	1609,4	ohne »	
Durchschnitt							27,3	1629,6	

8) Zusammenfassung.

In Fig. 14 sind zu den Werten von  $l$  als Abszissen die zugehörigen Mittelwerte des Gleitwiderstandes aus den Zusammenstellungen 2 bis 6 als Ordinaten aufgetragen und die so erhaltenen Punkte durch einen Linienzug verbunden. Die Abweichung für  $l = 200 \text{ mm}$  dürfte sich — jedenfalls zu einem Teil — durch den am Schlusse der Zusammenstellung 4 vermerkten Umstand erklären.

Wir erkennen aus Fig. 14, daß der Gleitwiderstand mit zunehmender Länge des einbetonierten Eisens abnimmt.

Zu demselben Schluß führt die Betrachtung der beiden Zusammenstellungen 7 und 8.

Der Hauptgrund für diese Erscheinung wird in der Elastizität des Eisenstabes zu suchen sein, welche eine gleichmäßige Verteilung der Stabkraft auf die einbetonierte Länge  $l$  nicht zustande kommen läßt. Die auf den Stab, Fig. 5, ausgeübte Zugkraft tritt bei  $aa$  in der vollen Größe  $P$  in den Betonkörper ein. Hier erfährt der Stab seine größte Dehnung. Nach  $bb$  hin vermindert sich die Zugkraft in dem Maße, in welchem sie von der Staboberfläche auf den Beton übertragen wird. Damit ändert sich dann auch die Dehnung, welche der Stab erfährt, und die natürlich auf eine — wenn auch sehr kleine — Bewegung des Stabes gegenüber dem Betonkörper hinausläuft. Von einer gleichmäßigen Verteilung der Kraft  $P$

über die Länge  $l$  wird deshalb um so weniger die Rede sein können, je größer  $l$  und damit, unter sonst gleichen Verhältnissen, die Spannung

$$\sigma = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

ist. Nur für kleine Werte von  $l$  wird mit Annäherung gleichmäßige Verteilung von  $P$  über  $l$  angenommen werden dürfen.

Eine strenge Verfolgung der hier sich bietenden Aufgabe hätte natürlich auch auf die Elastizität des Betons einzugehen.

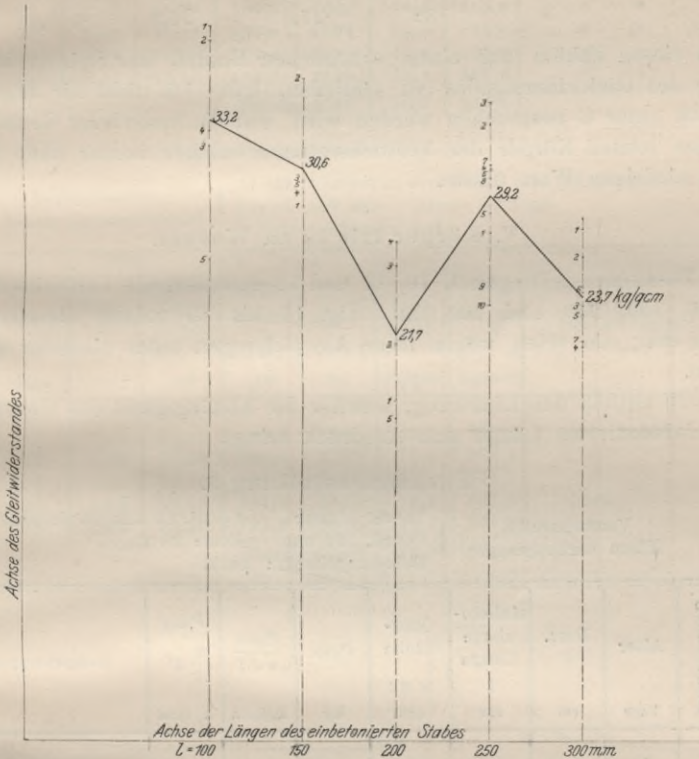


Fig. 14. Zusammenstellung 2 bis 6 Kurze Belastungsdauer.

Ferner lehrt der Vergleich der Zusammenstellungen 7 und 8 mit den Zusammenstellungen 3 bzw. 6, daß der Gleitwiderstand sich beim Herausdrücken des Stabes (vergl. Fig. 6) größer ergibt als beim Herausziehen desselben.

Ein Unterschied in dem ermittelten Sinne steht zu erwarten, da der Stab bei Zugbeanspruchung seinen Durchmesser infolge der Quersammenziehung vermindert, während der gedrückte Stab eine Vergrößerung seines Durchmessers erfährt.

In Fig. 14 sind die Einzelwerte des Gleitwiderstandes eingetragen (siehe die kurzen Querstriche); sie zeigen recht erhebliche Abweichungen untereinander. Werden diejenigen für  $l = \text{rd. } 200 \text{ mm}$  aus dem in der Zusammenstellung 4 angegebenen Grund außer Acht gelassen, so findet sich für den Gleitwiderstand

als größter Wert (für Nr. 1, Zusammenstellung 2) . . . . . 38,3 kg/qcm  
 » kleinsten » » » 4 » » » 6) . . . . . 21,1 »

Der Einfluß der eingelegten Spiralen (vergl. das unter II hierzu Bemerkte) auf die Größe des Gleitwiderstandes ist verschieden. Es findet sich der Gleitwiderstand durchschnittlich

	mit Spirale	ohne Spirale	Unterschied
in der Zusammenstellung 2:	35,9	29,2	+ 6,7 kg/qcm
» » » 3:	31,3	29,6	+ 1,7 »
» » » 4:	21,6	22,0	- 0,4 »
» » » 5:	31,0	26,6	+ 4,4 »
» » » 6:	25,2	21,8	+ 3,4 »
» » » 7:	33,5	31,8	+ 3,7 »
» » » 8:	27,5	26,9	+ 0,6 »

Aus diesen Zahlen auf einen erheblichen Einfluß der Spirale im Sinne der Erhöhung des Gleitwiderstandes zu schließen, halte ich nicht für angezeigt. Wie später noch unter C besprochen werden wird, war ein besonderer Grund vorhanden, der für den letzten Körper der Versuchsreihen, welcher immer ohne Spirale war, zu einem niedrigen Wert führte.

#### V. Körper mit 18 vH Wasser.

Die Zusammenstellungen 9, 10, 11 und 12 enthalten die Versuchsergebnisse für  $l = \text{rd. } 100, 150, 250 \text{ und } 300 \text{ mm}$ . Fig. 15 bis 19 zeigen die Gleitlinien für  $l = \text{rd. } 250 \text{ mm}$ ; sie seien wegen ihrer Abweichungen unter einander sämtlich aufgenommen.

Fig. 20 enthält den Linienzug, welcher die Abhängigkeit des Gleitwiderstandes von der einbetonierten Länge zum Ausdruck bringt.

#### Zusammenstellung 9.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 18 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 100 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 28 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tage	cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/cm	
1	28	2,02	10,15	64,4	1262	19,6	394,4	ohne Spirale
2	28	2,02	10,10	64,1	1127	17,6	352,2	» »
3	28	2,02	10,00	63,5	845	13,3	264,1	» »
Durchschnitt						16,8	336,9	

#### Zusammenstellung 10.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 18 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 28 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tage	cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm	
1	28	2,02	15,20	96,5	1243	12,9	388,4	ohne Spirale
2	28	2,02	15,20	96,5	1390	14,4	434,4	» »
3	28	2,02	15,20	96,5	1170	12,1	365,6	» »
Durchschnitt						13,1	396,1	

Zusammenstellung 11.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 18 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 250 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 28 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen	
	Tage								cm
1	28	2,02	25,25	160,2	2044	12,8	638,8	mit Spirale	
2	28	2,02	25,10	159,3	1660	10,4	518,8	» »	
3	28	2,02	25,10	159,3	1594	10,0	498,1	» »	
4	28	2,02	25,10	159,3	1810	11,4	565,6	ohne »	
5	28	2,01	25,10	158,5	1595	10,1	503,2	» »	
Durchschnitt							10,9	544,9	

Zusammenstellung 12.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 18 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 29 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: kurz.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen	
	Tage								cm
1	29	2,02	30,10	191,0	2240	11,7	700,0	mit Spirale	
2	29	2,02	30,10	191,0	2190	11,5	684,4	» »	
3	29	2,02	30,10	191,0	2140	11,2	668,8	» »	
4	29	2,02	30,10	191,0	2840	14,9	887,5	ohne »	
5	29	2,03	30,00	191,3	3010	15,7	931,9	» »	
Durchschnitt							13,0	774,5	

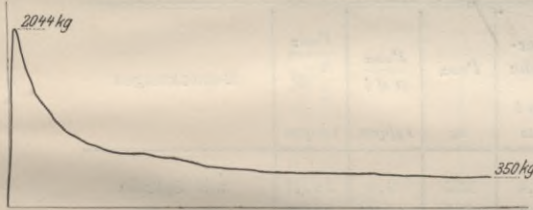


Fig. 15. Zusammenstellung 11 Nr. 1.



Fig. 16. Zusammenstellung 11 Nr. 2.



Fig. 17. Zusammenstellung 11 Nr. 3.



Fig. 18. Zusammenstellung 11 Nr. 4.

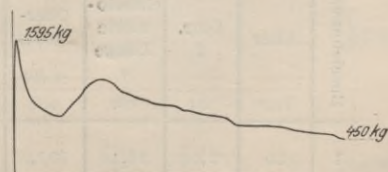


Fig. 19. Zusammenstellung 11 Nr. 5.

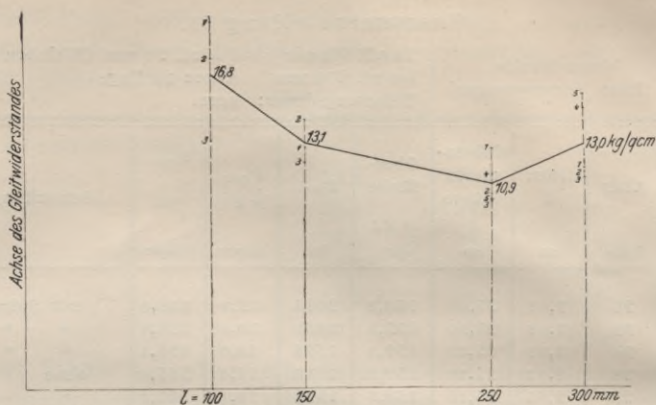


Fig. 20. Zusammenstellung 9 bis 12. Kurze Belastungsdauer.

### VI. Körper mit 21 vH Wasser.

Die Zusammenstellungen 13 und 14 enthalten die Ergebnisse der Versuche, bei denen die Eiseneinlage herausgedrückt wurde.

### VII. Schlußfolgerungen über den Einfluß des Wasserzusatzes.

In Fig. 21 bis 24 sind zu den Werten, welche den Wasserzusatz angeben, als Abszissen die zugehörigen Durchschnittswerte des Gleitwiderstandes als Ordinaten aufgetragen, und zwar

in Figur 21 22 23 24  
für die rd. 100 150 250 300 mm hohen Körper.

#### Zusammenstellung 13.

Versuchsreihe (Eisen herausgedrückt) { 21 vH Wasser d = rd. 20 mm (Walzhaut)  
l = rd. 150 mm Alter: 28 bis 30 Tage  
Belastungsdauer: kurz.

Bezeichnung	Alter	Dmr. d	einbetonierte Länge l	Oberfläche $\pi d l$	$P_{max}$	$\frac{P_{max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tag							
1	30	2,02	15,10	95,8	935	9,8	292,2	mit Spirale
2	28	2,02	15,10	95,8	635	6,6	198,4	» »
3	28	2,02	15,10	95,8	795	8,3	248,4	ohne »
4	28	2,02	15,10	95,8	745	7,8	232,8	» »
5	28	2,02	15,10	95,8	853	8,9	266,6	» »
Durchschnitt						8,3	247,7	

#### Zusammenstellung 14.

Versuchsreihe (Eisen herausgedrückt) { 21 vH Wasser d = rd. 20 mm (Walzhaut)  
l = rd. 300 mm Alter: 30 Tage  
Belastungsdauer: kurz.

Bezeichnung	Alter	Dmr. d	einbetonierte Länge l	Oberfläche $\pi d l$	$P_{max}$	$\frac{P_{max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$	Bemerkungen
	Tag							
1	30	2,02	30,10	191,0	1250	6,5	390,6	mit Spirale
2	30	2,01	30,10	190,1	1100	5,8	347,0	» »
3	30	2,02	30,00	190,4	1480	7,8	462,5	ohne »
4	30	2,02	30,20	191,6	1120	5,8	350,0	» »
5	30	2,02	30,00	190,4	1190	6,3	371,9	» »
Durchschnitt						6,4	384,4	



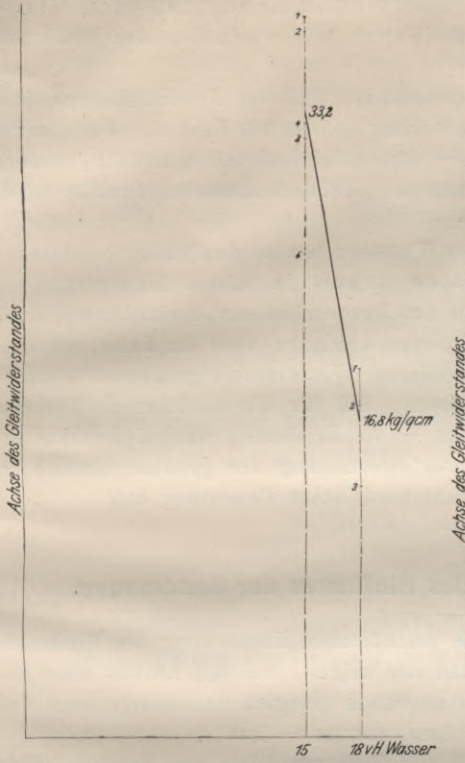


Fig. 21. Zusammenstellung 2 und 9.  
 $l = \text{rd. } 100$  mm. Kurze Belastungsdauer.

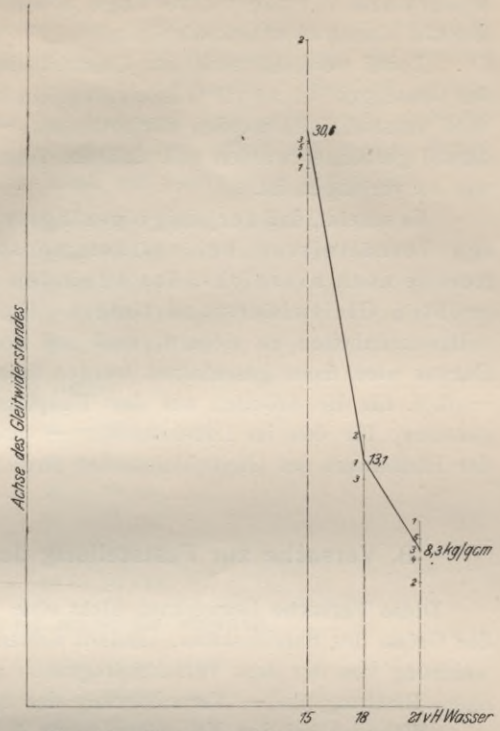


Fig. 22. Zusammenstellung 3, 10 und 13.  
 $l = \text{rd. } 150$  mm. Kurze Belastungsdauer.

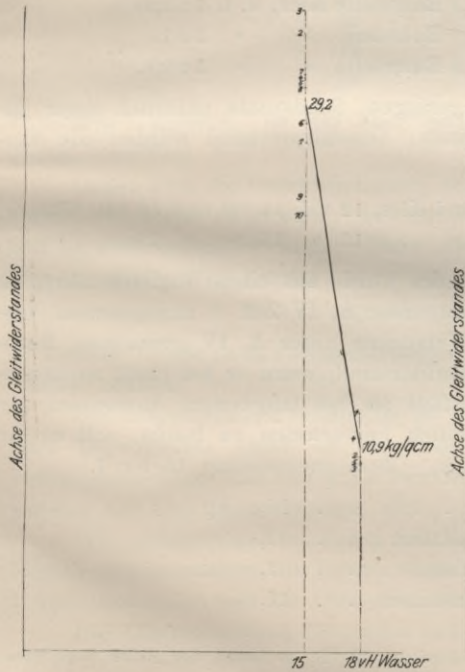


Fig. 23. Zusammenstellung 5 und 11.  
 $l = \text{rd. } 250$  mm. Kurze Belastungsdauer.

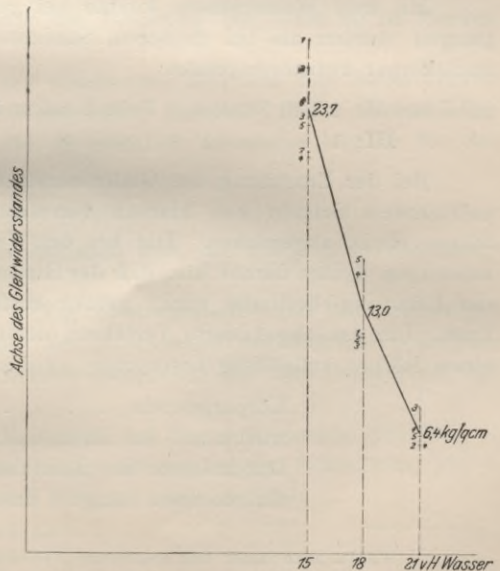


Fig. 24. Zusammenstellung 6, 12 und 14.  
 $l = \text{rd. } 300$  mm. Kurze Belastungsdauer.

Deutlich zeigen diese Linien übereinstimmend, daß der Gleitwiderstand für die rd. 28 Tage alten Körper mit wachsendem Wasserzusatz überaus stark abnimmt.

Dabei verdient noch der Umstand Beachtung, daß der Feuchtigkeitszustand des Gemenges bei 15 vH Wasserzusatz ein solcher ist, der für Eisenbeton<sup>1)</sup> kaum wird unterschritten werden dürfen, wenn — namentlich auf dem Bauplatz — noch darauf gerechnet werden soll, daß das Eisen von der Mörtelmasse so umhüllt wird, wie zu verlangen ist.

Es scheint, daß derjenige geringste Wasserzusatz, der unter bestimmten Verhältnissen bei vollkommener Arbeit in allen Beziehungen gerade noch hinreicht, das Abbinden des Zementes herbeizuführen, den größten Gleitwiderstand liefert. Um das Abbinden auch im Falle von Unvollkommenheiten zu sichern, muß mit größerem Wasserzusatz gearbeitet werden. Daraus wird dann geschlossen werden müssen, daß für die ausführende Technik — d. h. für die Arbeiten auf dem Bauplatz — die Ermittlung desjenigen Wasserzusatzes, für den im Laboratorium — unter Anwendung der größten Sorgfalt — der Höchstwert des Gleitwiderstandes erreicht wird, keine Bedeutung hat.

### B. Versuche zur Feststellung des Einflusses der Sandmenge.

Diese Versuche bezweckten nicht eine erschöpfende Feststellung des Einflusses der Größe des Sandzusatzes, sondern sollten nur zeigen, welchen Einfluß eine Abweichung von der dem Versuchsprogramm zugrunde gelegten Sandmenge nach der einen Richtung hin — Verminderung des Sandzusatzes — hat.

Während bei den Versuchen unter A das Raumverhältnis von Sand zu Kies  $3:2 = 1:0,67$  betrug, wurde hier gewählt:

- I. 1,4 Raumteile Sand und 2,6 Raumteile Kies, d. i. 1:1,86
- II. 1 Raumteil » » 1 Raumteil » » 1:1
- III. 2,5 Raumteile » » 1,5 Raumteile » » 1:0,6.

Mit dem Wasserzusatz konnte bei geringem Sandzusatz natürlich tiefer gegangen werden als bei größerem Sandzusatz; dementsprechend wurden die Versuchskörper zusammengesetzt:

bei I und II: 1 Teil Zement, 4 Teile Sand und Kies, 12 vH, 15 vH und 18 vH Wasser;  
 » III: 1 » » 4 » » » » 13 » 15 » » 18 » » .

Bei der Ermittlung des Gleitwiderstandes wurde aus einem sogleich näher zu erörterndem Grunde von hier ab von dem unter A, IV Ziff. 1 angegebenen Verfahren etwas abgewichen. Die bei den Versuchen unter A, IV gemachten Beobachtungen deuten darauf hin, daß der Gleitwiderstand, wenn er bei rasch ansteigender Belastung bestimmt wird, größer ausfällt als bei langsamem Anwachsen der Last. Um das abgeänderte Verfahren deutlich hervortreten zu lassen, soll es für einen Körper vollständig besprochen werden, (Zusammenstellung 15 Nr. 1.)

Körpergewicht . . . . .	18,60 kg
wovon auf das Eisen entfallen . . .	1,02 »
Durchmesser des Rundeisens . . . .	2,00 cm
einbetonierte Länge <i>l</i> desselben . .	15,15 »

<sup>1)</sup> Wählte man unter den gegebenen Verhältnissen 12 vH, so besaß der Beton noch nicht ganz den Zustand, den man bei Stampfbeton als erdflecht bezeichnet; erst bei 13 vH Wasserzusatz wird ein Gemenge erhalten, das sich mit der Hand gerade noch ballen läßt.

Der Körper wird in die Prüfungsmaschine, Fig. 5, eingebaut und sodann bei der Belastung null die Größe  $x = 20,735$  mm abgelesen. Hierauf folgt Belastung auf 1000 kg; nachdem diese 2 min gewirkt hat, wird  $x = 20,735$  mm abgelesen. Eine Aenderung von  $x$  ist somit nicht eingetreten. Die Belastung wird auf 2000 kg gesteigert; die Ablesung von  $x$  nach 2 min ergibt 20,720 mm. Hiernach ist eine Aenderung von 0,015 mm zu verzeichnen; infolgedessen wird nach 2 min nochmals abgelesen, wobei sich  $x = 20,720$  mm, also der gleiche Wert wie vorher, findet. Hierauf erfolgt Steigerung der belastenden Kraft auf 2500 kg; es ergibt sich

nach 2 min	$x = 20,650$ mm
» 4 »	$x = 20,640$ »
» 10 »	$x = 20,630$ »
» 15 »	$x = 20,625$ »
» 20 »	$x = 20,625$ »

Die Erhöhung der Kraft auf 2750 kg liefert

nach 2 min	$x = 20,575$ mm
» 4 »	$x = 20,560$ »
» 10 »	$x = 20,545$ »
» 15 »	$x = 20,535$ »
» 20 »	$x = 20,530$ »
» 25 »	$x = 20,530$ »

Bei Steigerung der Last auf 3000 kg ergibt die Messung

nach 2 min	$x = 20,415$ mm
» 4 »	$x = 20,385$ »
» 10 »	$x = 20,325$ »
» 15 »	$x = 20,280$ »
» 20 »	$x = 20,235$ »
» 30 »	$x = 20,165$ »
» 40 »	$x = 20,060$ »
» 50 »	$x = 19,880$ »

Wie ersichtlich, ist der Stab unter der Belastung von 3000 kg im Herausgleiten begriffen.

Dabei wird die Geschwindigkeit, mit welcher der Stab aus dem Beton herausgleitet, von Hand so gewählt, daß die Wage immer einspielt. Diese Geschwindigkeit ist außerordentlich klein. Denn der in reichlich 50 min = 3000 sk für den Stab ermittelte Weg beträgt

$$20,530 - 19,880 = 0,65 \text{ mm,}$$

in welcher Größe noch Formänderungen enthalten sind, die übrigens vernachlässigt werden können:

Die aufgenommene Schaulinie ist in Fig. 25 dargestellt. Das Wiederansteigen nach begonnenem Abfall ist die Folge des Einrückens des Betriebsmotors der Prüfungsmaschine, also der ganz bedeutenden Steigerung der Geschwindigkeit, mit welcher der Stab herausgezogen wird.

Wie ersichtlich, wird durch das Verfahren der langandauernden Belastung in Fig. 25 gewissermaßen die Spitze abgeschnitten, welche bei den Schaulinien Fig. 7, 8 usw. vorhanden ist; der Gleitwiderstand wird geringer ermittelt.

Der Gleitwiderstand berechnet sich zu

$$\tau = \frac{3000}{\pi \cdot 2,00 \cdot 15,15} = 31,5 \text{ kg/qcm.}$$

Es ist von Interesse, die Allmählichkeit des Gleitens unter der Belastung von 3000 kg zu beobachten.

Sie zeigt sich, wie zu erwarten, verschieden bei den einzelnen Körpern: es sind Körper vorhanden, bei denen die Messungen unter der Höchstlast bis 110 min fortzusetzen waren; bei andern waren es nur wenige Minuten. Diese Zeit hängt natürlich auch davon ab, wie nahe die vorletzte Belastungsstufe der Ueberwindung des Gleitwiderstandes gelegen ist.



Fig. 25. Zusammenstellung 15 Nr. 1.

In der vorstehend besprochenen Weise sind sämtliche Versuche, über die noch berichtet wird, durchgeführt.

Die Zusammenstellungen 15 bis 23 enthalten die Ergebnisse der hierher gehörigen Versuche.

Zusammenstellung 15.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 1,86 12 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 27 Tage Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	ein- betonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$ kg/qcm
1	27	2,00	15,15	95,2	3000	31,5	955,4
2	27	2,01	15,11	95,4	3150	33,0	993,7
3	27	2,01	15,05	95,0	3150	33,2	993,7
4	27	2,01	15,08	95,2	3200	33,6	1009,5
5	27	2,01	15,07	95,2	2700	28,4	851,7
Durchschnitt						31,9	960,8

Zusammenstellung 16.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 1,86 15 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 28 Tage Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	ein- betonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$ kg/qcm
1	28	2,00	15,51	97,5	2159	22,2	687,6
2	28	2,00	15,10	94,9	1730	18,2	551,0
3	28	2,02	15,10	95,8	2398	25,0	749,4
4	28	2,02	15,10	95,8	2218	23,1	693,1
5	28	2,00	15,09	94,8	1250	13,2	398,1
Durchschnitt aus 1 bis 4						22,1	670,3

### Zusammenstellung 17.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 1,86 18 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 28 Tage Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge	Ober- fläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$			
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	28	2,02	15,18	96,3	1700	17,6	531,3
2	28	2,02	15,17	96,3	1650	17,1	515,6
3	28	2,02	15,12	96,0	1350	14,1	421,9
4	28	2,00	15,07	94,7	1500	15,8	477,7
5	28	2,02	15,10	95,8	1250	13,0	390,6
Durchschnitt						15,5	467,4

### Zusammenstellung 18.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 1 12 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 26 Tage Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge	Ober- fläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$			
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	26	2,00	15,12	95,0	3950	41,6	1258,0
2	26	2,01	15,10	95,4	3350	35,1	1056,8
3	26	2,02	15,11	95,9	3450	36,0	1078,1
4	26	2,00	15,12	95,0	3750	39,5	1194,3
5	26	2,00	15,05	94,6	2000	21,1	636,9
Durchschnitt aus 1 bis 4						38,1	1146,8

### Zusammenstellung 19.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 1 15 vH Wasser  
 $d = 20 \text{ rd. mm (Walzhaut)}$   $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 28 Tage Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge	Ober- fläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$			
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	28	2,00	15,36	96,5	2350	24,3	748,4
2	28	2,02	15,11	95,9	2000	20,9	625,0
3	28	2,02	15,11	95,9	2600	27,1	812,5
4	28	2,02	15,15	96,1	2500	26,0	781,3
5	28	2,00	15,08	94,8	1250	13,2	398,1
Durchschnitt aus 1 bis 4						24,6	741,8

### Zusammenstellung 20.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 1 18 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 28 Tage Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge	Ober- fläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$			
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	28	2,00	15,09	94,8	1650	17,4	525,5
2	28	2,01	15,08	95,2	1250	13,1	394,3
3	28	2,00	15,12	95,0	1600	16,8	509,6
4	28	2,00	15,05	94,6	1100	11,6	350,3
5	28	2,00	15,13	95,1	1500	15,8	477,7
Durchschnitt						14,9	451,5

Zusammenstellung 21.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 0,6      13 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$        $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 27 Tage      Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	27	2,02	16,31	103,5	3500	33,8	1093,8
2	27	2,02	15,12	96,0	2900	30,2	906,3
3	27	2,00	15,16	95,3	3400	35,7	1082,8
4	27	2,00	15,80	99,3	3050	30,7	971,3
5	27	2,02	15,85	100,6	2150	21,4	671,9
Durchschnitt aus 1 bis 4						32,6	1013,6

Zusammenstellung 22.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 0,6      15 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$        $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 28 Tage      Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	28	2,02	15,61	99,1	2750	27,8	859,4
2	28	2,01	15,12	95,5	2150	22,5	678,2
3	28	2,00	15,10	94,9	3000	31,6	955,4
4	28	2,00	15,12	95,0	2250	23,7	716,6
5	28	2,00	15,00	94,3	1150	12,2	366,2
Durchschnitt aus 1 bis 4						26,4	802,4

Zusammenstellung 23.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen) { Sand: Kies = 1 : 0,6      18 vH Wasser  
 $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$        $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$   
 Alter: 28 Tage      Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	28	2,02	15,14	96,1	1600	16,7	500,0
2	28	2,01	15,12	95,5	1250	13,1	394,3
3	28	2,01	15,08	95,2	1500	15,8	473,2
4	28	2,01	15,08	95,2	1700	17,9	536,3
5	28	2,02	15,02	93,3	1100	11,5	343,8
Durchschnitt						15,0	449,5

Die Linienzüge Fig. 26, 27 und 28 zeigen die bedeutende Abnahme des Gleitwiderstandes mit zunehmendem Wassergehalt, ganz wie unter A.

Der Einfluß des Sandgehaltes tritt beim Vergleich der Figur 26 mit Fig. 27 am deutlichsten hervor, und zwar zeigt sich, daß der Gleitwiderstand bei geringerem Sandgehalt für den kleinen Wasserzusatz erheblich geringer ausfällt; es liegt dies in der Hauptsache darin begründet, daß derselbe Wasserzusatz für weniger sandhaltigeren Beton eine größere Feuchtigkeit des letzteren bedingt.

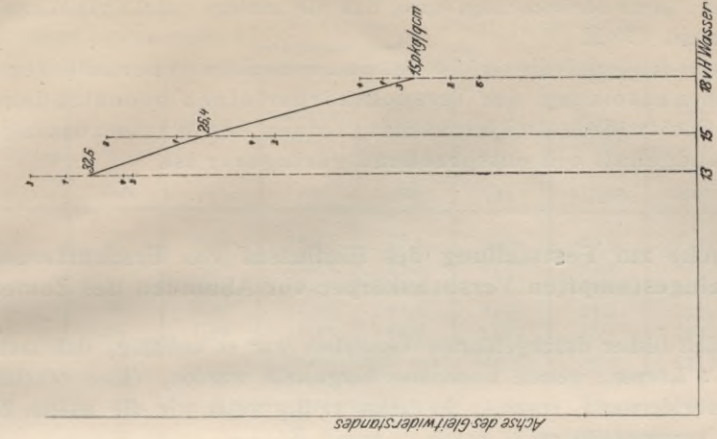


Fig. 28.  
Zusammenstellung 21 bis 23.  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm.}$   
Lange Belastungsdauer. Sand : Kies = 1 : 0,6.

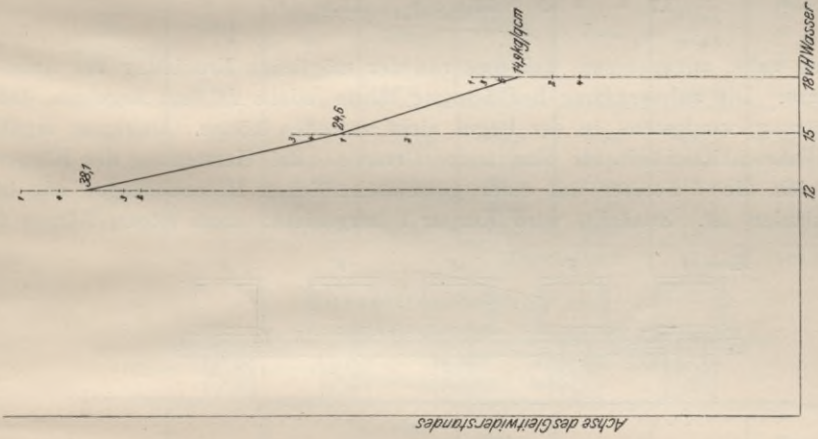


Fig. 27.  
Zusammenstellung 18 bis 20.  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm.}$   
Lange Belastungsdauer. Sand : Kies = 1 : 1.

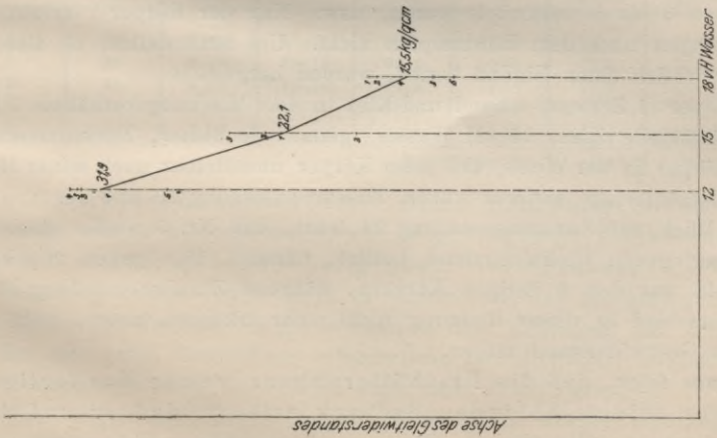


Fig. 26.  
Zusammenstellung 15 bis 17.  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm.}$   
Lange Belastungsdauer. Sand : Kies = 1 : 1,86.

Die beiden Linienzüge Fig. 27 und 28 unterscheiden sich nicht bedeutend voneinander, wenn berücksichtigt wird, daß die letztere mit 13 vH Wasser beginnt, die erstere mit 12 vH.

Hieraus folgt, daß die Größe des Sandgehaltes innerhalb der Grenzen der Zusammensetzung der Versuchskörper einen bedeutenden Einfluß auf den Gleitwiderstand nicht hat, sofern der Wasserzusatz bei kleinerem Sandgehalt ein entsprechend geringerer ist.

### C) Versuche zur Feststellung des Einflusses von Erschütterungen auf den eingestampften Versuchskörper vor Abbinden des Zementes.

Bei den bisher durchgeführten Versuchen war es auffällig, daß mehrfach der letzte der 5 Körper, welche zusammen hergestellt wurden, einen erheblich geringeren Gleitwiderstand ergab. So zeigt z. B., wenn wir die letzten Zusammenstellungen herausgreifen:

Zusammenstellung 15 für Nr. 5	28,4	gegen	31,9	kg/qcm	im	Durchschnitt
» 16 » » 5	13,2	»	22,1	»	»	»
» 17 » » 5	13,0	»	15,5	»	»	»

usw.

Es lag nahe, anzunehmen, daß dies von der möglichen Ermüdung des Arbeiters herrühre. Die aufmerksame Beobachtung führte jedoch zu dem Ergebnis, daß diese Erklärung wenigstens in der Regel nicht zutreffen könne. Dagegen ergab sich die Wahrscheinlichkeit für eine andre Ursache. Bei Herstellung der Körper befanden sich die 5 Formen auf einer gemeinschaftlichen Holzunterlage, wie in Fig. 29 skizziert ist. Zunächst wird Körper 1 hergestellt, dann folgen Körper 2

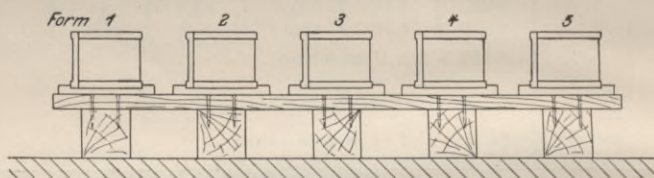


Fig 29.

usw. Hiernach erfuhr Körper 1 nach seiner Herstellung die Erschütterungen, welche beim Stampfen der übrigen stattfanden, Körper 2 diejenigen, welche mit der Herstellung von 3 bis 5 verknüpft waren, usw. Nur der Körper 5 erfuhr derartige Erschütterungen nach dem Einstampfen nicht. Um festzustellen, ob diese Erschütterungen wirklich einen Einfluß hatten, wurden hergestellt:

5 Körper (1 Zement, 4 Sand und Kies in dem Mischungsverhältnis 3 Raumteile Sand, 2 Raumteile Kies, 15 vH Wasser) genau wie bisher, Zusammenstellung 24.

10 Körper in der Weise, daß jeder Körper unmittelbar nach seiner Herstellung von der Holzunterlage entfernt wurde, Zusammenstellung 25 und 26.

Ein Blick auf Zusammenstellung 24 lehrt, daß Nr. 5 wieder einen ganz bedeutend geringeren Gleitwiderstand besitzt, nämlich 15,1 gegen 26,8 kg/qcm im Durchschnitt aus den 4 übrigen Körpern, während Zusammenstellung 25 und 26 einen Unterschied in dieser Richtung nicht mehr erkennen lassen, wohl aber weit geringeren Gleitwiderstand zeigen.

Hieraus folgt, daß die Erschütterungen, welche der fertige Betonkörper vor seinem Abbinden dadurch erfährt, daß er auf der Holzunterlage steht, die durch Einstampfen anderer Körper erschüttert



Zusammenstellung 24.

Versuchsreihe } 15 vH Wasser  $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   
 (Eisen herausgezogen) }  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$  Alter: 27 bis 28 Tage  
 Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	27	2,00	15,45	97,1	3000	30,9	955,4
2	27	1,99	15,03	94,0	2150	22,9	691,3
3	27	1,99	15,07	94,2	2750	29,2	884,2
4	28	2,00	15,07	94,7	2300	24,3	732,5
5	28	1,99	15,33	95,8	1450	15,1	466,2
Durchschnitt aus 1 bis 4						26,8	815,9

Zusammenstellung 25.

Versuchsreihe } 15 vH Wasser  $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   
 (Eisen herausgezogen) }  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$  Alter: 27 bis 28 Tage  
 Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	27	2,02	15,12	96,0	1600	16,7	500,0
2	27	2,01	15,17	95,8	2100	21,9	662,5
3	27	2,00	15,10	94,9	1500	15,8	477,6
4	28	2,01	15,04	95,0	1400	14,7	441,7
5	28	2,00	15,80	99,3	1600	16,1	509,6
Durchschnitt						17,0	518,3

Zusammenstellung 26.

Versuchsreihe } 15 vH Wasser  $d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)}$   
 (Eisen herausgezogen) }  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$  Alter: 28 Tage  
 Belastungsdauer: lang.

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	28	2,00	15,11	94,9	1750	18,4	557,3
2	28	2,00	15,15	95,2	1500	15,8	477,7
3	28	2,00	15,10	94,9	1600	16,8	509,6
4	28	2,00	15,14	95,1	1500	15,8	477,7
5	28	2,00	15,10	94,9	1500	15,8	477,7
Durchschnitt						16,5	500,0

wird, den Gleitwiderstand erhöhen. Diese Erhöhung ist bis zu einer gewissen Grenze um so bedeutender, mit je geringerem Wasserzusatz gearbeitet wird; sie verschwindet bei großem Wasserzusatz.

Die Erklärung hierfür dürfte darin zu suchen sein, daß bei geringem Wassergehalt des Betons die Erschütterungen wesentlich dazu beitragen, daß sich um den Eisenstab der zur guten Verbindung erforderliche Mörtelschlamm ansammelt. Bei größerem Wasserzusatz bildet sich dieser ohne diese Erschütterungen.

Bei allen folgenden Untersuchungen wurde jeder Körper unmittelbar nach seiner Fertigstellung von der Unterlage, auf der das Stampfen stattfindet, entfernt.

### D) Hauptversuche mit rd. 3 Monate alten Körpern.

Die Versuchskörper wurden sämtlich hergestellt aus:

- 1 Raumteil Portlandzement,
- 4 Raumteilen Sand und Kies in dem Mischungsverhältnis von 3 Raumteilen Sand und 2 Raumteilen Kies, und
- 15 vH Wasser (vergl. A IV).

Die Herstellung dieser Körper fällt in die Zeit vom 1. September bis 5. Oktober 1904, während die vorher besprochenen Körper in der Zeit vom 22. Juni bis 13. August hergestellt worden waren.

I. Einlage: Rundeisen von rd. 10 mm Stärke, mit Walzhaut.

Die Zusammenstellungen 27 bis 31 enthalten die Ergebnisse der Versuche mit den Körpern von  $l = \text{rd. } 100, 150, 200, 250, 300 \text{ mm}$ . Fig. 30 gibt die zugehörige graphische Darstellung; sie zeigt Fallen der Durchschnittswerte des Gleitwiderstandes von 17,1 kg/qcm bei  $l = \text{rd. } 100 \text{ mm}$  bis 11,3 kg/qcm bei  $l = \text{rd. } 300 \text{ mm}$ .

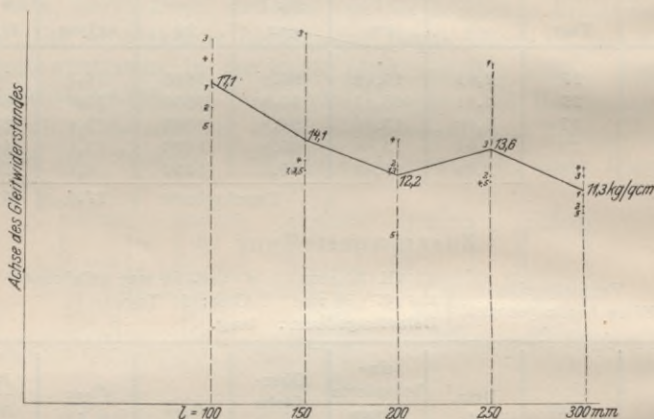


Fig. 30. Zusammenstellung 27 bis 31. Lange Belastungsdauer.

#### Zusammenstellung 27.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 10 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 100 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 89 \text{ bis } 90 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	ein- betonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
						kg/qcm	kg/qcm
1	89	1,01	11,16	35,4	600	16,9	750,0
2	90	1,00	10,08	31,7	500	15,8	632,9
3	90	1,01	10,09	32,0	625	19,5	781,3
4	90	1,02	10,17	32,6	600	18,4	731,7
5	90	1,01	10,12	32,1	475	14,8	593,8
Durchschnitt						17,1	697,9

Zusammenstellung 28.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 10 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 89 \text{ bis } 90 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Be- zeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		cm	cm		qcm	kg/qcm
1	89	1,01	15,12	48,0	600	12,5	750,0
2	89	1,01	15,15	48,1	600	12,5	750,0
3	90	1,01	15,13	48,0	950	19,8	1187,5
4	90	1,01	15,20	48,2	625	13,0	781,3
5	90	1,01	15,15	48,1	600	12,5	750,0
Durchschnitt						14,1	843,8

Zusammenstellung 29.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 10 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 200 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 89 \text{ bis } 90 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Be- zeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		cm	cm		qcm	kg/qcm
1	89	1,01	20,12	63,8	800	12,5	1000,0
2	90	1,01	19,93	63,2	800	12,7	1000,0
3	90	1,01	20,13	63,9	800	12,5	1000,0
4	90	1,01	20,05	63,6	900	14,1	1125,0
5	90	1,01	20,12	63,8	575	9,0	718,8
Durchschnitt						12,2	968,8

Zusammenstellung 30.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 10 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 250 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 89 \text{ bis } 90 \text{ Tage.} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Be- zeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		cm	cm		qcm	kg/qcm
1	89	1,01	25,08	79,6	1450	18,2	1812,5
2	90	1,01	25,11	79,7	975	12,2	1218,8
3	90	1,01	25,05	79,5	1100	13,8	1375,0
4	90	1,01	25,15	79,8	950	11,9	1187,5
5	90	1,01	25,11	79,7	950	11,9	1187,5
Durchschnitt						13,6	1356,3

Zusammenstellung 31.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 10 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 88 \text{ bis } 89 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Be- zeichnung	Alter	Dmr. $d$	ein- betonierte Länge $l$	Ober- fläche $\pi d l$	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		cm	cm		qcm	kg/qcm
1	88	0,99	30,17	93,8	1050	11,2	1363,6
2	89	1,00	30,04	94,4	1000	10,6	1265,8
3	89	1,00	30,06	94,4	1150	12,1	1455,7
4	89	1,01	30,10	95,5	1200	12,6	1500,0
5	89	1,01	30,13	95,6	975	10,2	1218,8
Durchschnitt						11,3	1360,8

II. Einlage: Rundeisen von rd. 20 mm Stärke mit Walzhaut.

Die Versuchsergebnisse sind in den Zusammenstellungen 32 bis 36 und in der graphischen Darstellung Fig. 31 niedergelegt. Die letztere zeigt Sinken der Mittelwerte des Gleitwiderstandes von 25,1 kg/qcm bei  $l = \text{rd. } 100 \text{ mm}$  bis 15,3 kg/qcm bei  $l = \text{rd. } 300 \text{ mm}$ .

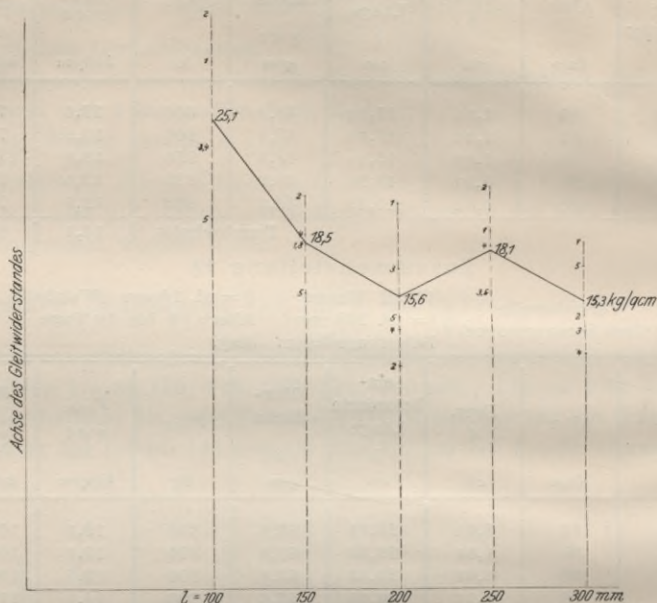


Fig. 31. Zusammenstellung 32 bis 36. Länge Belastungsdauer.

Zusammenstellung 32.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 100 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{Alter: 87 bis 88 Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$ cm	einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$ kg/qcm
	Tage						
1	88	2,01	10,25	64,7	1825	28,2	581,2
2	88	2,00	10,14	63,7	1950	30,6	621,0
3	88	2,00	10,13	63,6	1500	23,6	477,7
4	88	2,00	10,11	63,5	1500	23,6	477,7
5	87	2,00	10,12	63,6	1250	19,7	398,1
Durchschnitt						25,1	511,1

Zusammenstellung 33.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{Alter: 88 Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$ cm	einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$ kg/qcm
	Tage						
1	88	2,00	15,17	95,3	1750	18,4	557,3
2	88	2,00	15,19	95,4	2000	21,0	636,9
3	88	2,00	15,15	95,2	1750	18,4	557,3
4	88	2,00	15,17	95,3	1800	18,9	573,2
5	88	2,00	15,11	94,9	1500	15,8	477,7
Durchschnitt						18,5	560,5

Zusammenstellung 34.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 200 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 87 \text{ bis } 88 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge	Oberfläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$		$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	87	2,00	20,08	126,2	2600	20,6	828,0
2	87	2,00	20,12	126,4	1500	11,9	477,7
3	87	2,00	20,00	125,7	2150	17,1	684,7
4	87	2,01	20,08	126,8	1750	13,8	552,1
5	88	2,00	20,10	126,3	1825	14,5	581,2
Durchschnitt						15,6	624,7

Zusammenstellung 35.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 250 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 88 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge	Oberfläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$		$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	88	2,00	25,12	157,8	3000	19,0	955,4
2	88	2,00	25,12	157,8	3400	21,5	1082,8
3	88	2,00	25,15	158,0	2500	15,8	796,2
4	88	2,01	25,10	158,5	2900	18,3	914,8
5	88	2,01	25,08	158,5	2500	15,8	788,6
Durchschnitt						18,1	907,6

Zusammenstellung 36.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 87 \text{ bis } 89 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge	Oberfläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		$l$	$\pi d l$		$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	89	2,00	30,05	188,8	3500	18,5	1114,6
2	89	2,01	30,02	189,6	2750	14,5	867,5
3	89	2,01	30,10	190,1	2600	13,7	820,2
4	89	2,00	30,02	188,6	2350	12,5	748,4
5	87	2,00	30,11	189,2	3250	17,2	1035,0
Durchschnitt						15,3	917,1

Die Abnahme des Gleitwiderstandes mit wachsender Länge des einbetonierten Eisens veranlaßte die Berechnung des Raumbgewichtes des Betons aus dem Gewicht und dem Volumen unter Abzug des Eisenstabes. Dabei ergab sich

	für den Körper $l =$	rd. 100	150	200	250	300 mm
		2,30	2,30	2,28	2,27	2,28
		2,31	2,31	2,29	2,29	2,27
		2,30	2,31	2,29	2,30	2,28
		2,29	2,31	2,28	2,29	2,27
		2,30	2,31	2,29	2,30	2,28
Durchschnitt		2,30	2,31	2,29	2,29	2,28

Im ganzen zeigt der Durchschnitt eine allerdings nur kleine Abnahme des Raumgewichtes der Körper mit zunehmendem Rauminhalt. Einen großen Einfluß dürfte dieser geringe Dichtigkeitsunterschied auf den Gleitwiderstand nicht haben.

Dagegen wird auf diesen der Umstand von erheblicher Wirkung sein, daß der Eisenstab infolge seiner Elastizität eine gleichmäßige Verteilung des Gleitwiderstandes über seine ganze Länge unmöglich macht, wie S. 14 unter A IV 8 erörtert. Dieser Einfluß wird sich um so mehr äußern müssen, je länger der Stab ist.

### III. Einlage: Rundeisen von rd. 40 mm Stärke mit Walzhaut.

Die Zusammenstellungen 37 und 38 sowie wie Fig. 32 enthalten die Versuchsergebnisse.

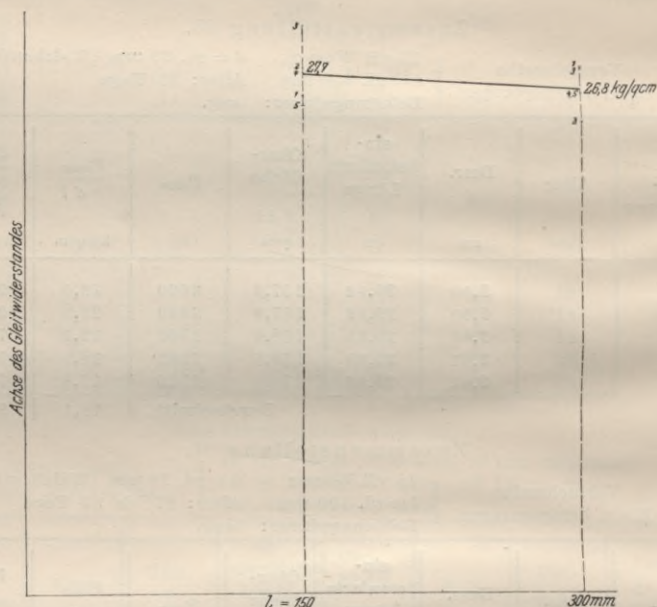


Fig. 32.

Zusammenstellung 37 und 38. Lange Belastungsdauer.

#### Zusammenstellung 37.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15\sqrt[5]{\text{VH}} \text{ Wasser} \quad d = \text{rd. } 40 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 90 \text{ bis } 91 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	90	3,97	15,15	189,0	5000	26,5	403,9
2	90	3,97	15,05	187,7	5250	28,0	424,1
3	90	3,98	15,18	189,8	5750	30,3	462,2
4	91	3,97	15,15	189,0	5250	27,8	424,1
5	91	3,98	15,08	188,6	4900	26,0	393,9
Durchschnitt						27,7	421,6

Zusammenstellung 38.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 40 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 91 \text{ bis } 92 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
						kg/qcm	kg/qcm
1	92	3,97	30,05	374,8	10 500	28,0	848,1
2	92	3,98	30,25	378,1	9 500	25,1	763,7
3	91	3,97	30,19	376,5	10 500	27,9	848,1
4	92	3,97	30,14	375,9	10 000	26,6	807,8
5	92	3,97	30,18	376,4	10 000	26,6	807,8
Durchschnitt						26,8	815,1

Vergleicht man die unter I bis III erhaltenen Zahlen durch Herausgreifen der Durchschnittswerte für  $l = \text{rd. } 100, 150, 300 \text{ mm}$ , so findet sich für

10 mm starkes Rundeisen mit Walzhaut	17,1	14,1	11,3 kg/qcm
20 » » » » »	25,1	18,5	15,3 »
40 » » » » »	27,7	26,8	»

Wir erkennen, daß der Gleitwiderstand für das stärkere Rundeisen weit größer ausfällt als für das schwächere. Dabei kann der Umstand beteiligt sein, daß die Oberfläche des stärkeren Eisens größere Unebenheiten und Rauigkeiten zu zeigen pflegt als die des schwächeren.

Ferner nimmt jedenfalls Einfluß die Elastizität des Materials, wie bereits unter A, IV, 8 besprochen worden ist. Unter sonst gleichen Verhältnissen erfahren schwächere Stäbe eine größere Dehnung als stärkere.

IV. Einlage: Quadrateisen von rd. 20 mm Seite mit Walzhaut, in der Form über Eck liegend.

Die Zusammenstellungen 39 und 40 ergeben

für  $l = \text{rd. } 150 \quad 300 \text{ mm}$   
den Gleitwiderstand 26,2      19,8 kg/qcm,

d. i. bedeutend größer als für 20 mm starkes Rundeisen.

Zusammenstellung 39.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad 20 \text{ mm Quadrateisen (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 91 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Abmessungen des Querschnitts		einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $2(a+b)l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{2(a+b)l}$	$\frac{P_{\max}}{a b}$
		$a$ cm	$b$ cm				kg/qcm	kg/qcm
1	91	2,01	2,02	15,15	122,1	3400	27,8	837,4
3	91	2,01	2,03	15,07	121,8	3000	24,6	735,3
3	91	2,01	2,04	15,05	121,9	3850	31,6	939,0
4	91	2,01	2,04	15,02	121,7	3000	24,6	731,7
5	91	2,02	2,04	15,18	123,3	2750	22,4	667,5
Durchschnitt							26,2	782,2

**Zusammenstellung 40.**

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 20 \text{ mm Quadateisen (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 91 \text{ Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter Tage	Abmessungen des Querschnitts		einbe- tonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $2(a+b)l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{2(a+b)l}$	$\frac{P_{\max}}{ab}$
		$a$ cm	$b$ cm				kg/qcm	kg/qcm
1	91	2,01	2,04	30,05	243,4	5250	21,6	1280,5
2	91	2,01	2,03	30,15	243,6	5250	21,6	1286,8
3	91	2,01	2,03	30,05	242,8	4750	19,6	1164,2
4	91	2,01	2,03	30,14	243,5	5250	21,6	1286,8
5	91	2,01	2,03	30,18	243,9	3500	14,4	857,8
Durchschnitt							19,8	1175,2

V. Einlage: Flacheisen 4/40 mm mit Walzhaut, in der Form hochkant liegend.

Die Zusammenstellungen 41 und 42 liefern

für  $l = \text{rd. } 100 \quad 150 \text{ mm}$   
der Gleitwiderstand  $22,6 \quad 22,6 \text{ kg/qcm}$ .

**Zusammenstellung 41.**

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 100 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 4/40 \text{ mm Flacheisen (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 91 \text{ Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter Tage	Abmessungen des Querschnitts		einbe- tonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $2(a+b)l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{2(a+b)l}$	$\frac{P_{\max}}{ab}$
		Dicke $a$ cm	Breite $b$ cm				kg/qcm	kg/qcm
		1	91				0,42	3,96
2	91	0,42	3,97	10,12	88,9	2350	26,4	1407,2
3	91	0,42	3,99	10,11	89,2	2000	22,4	1190,5
4	91	0,42	3,96	10,10	88,5	1750	19,8	1054,2
5	91	0,42	3,98	10,08	88,7	2075	23,4	1242,5
Durchschnitt							22,6	1201,8

**Zusammenstellung 42.**

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 4/40 \text{ mm Flacheisen (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 91 \text{ Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter Tage	Abmessungen des Querschnitts		einbe- tonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $2(a+b)l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{2(a+b)l}$	$\frac{P_{\max}}{ab}$
		Dicke $a$ cm	Breite $b$ cm				kg/qcm	kg/qcm
		1	91				0,43	3,96
2	91	0,42	3,97	15,80	138,7	3400	24,5	2035,9
3	91	0,42	3,95	15,04	131,5	2750	20,9	1656,6
4	91	0,43	3,96	15,10	132,6	3250	24,5	1911,8
5	91	0,43	3,95	15,17	132,9	2700	20,3	1588,2
Durchschnitt							22,6	1791,4



VI. Einlage: Flacheisen 10/40 mm, mit Walzhaut, in der Form hochkant liegend.

Die Zusammenstellungen 43 und 44 ergeben

für  $l = \text{rd. } 150 \text{ } 300 \text{ mm}$

den Gleitwiderstand 19,6 18,4 kg/qcm

Zusammenstellung 43.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser } \quad 10/40 \text{ mm Flacheisen (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm } \quad \text{Alter: } 91 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Abmessungen des Querschnitts		einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $2(a+b)l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{2(a+b)l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{ab}$ kg/qcm
		Dicke $a$ cm	Breite $b$ cm					
1	91	1,00	4,08	15,16	154,9	3050	19,8	747,5
2	91	1,00	4,08	15,14	153,8	2500	16,3	612,7
3	91	1,00	4,08	15,13	153,7	3000	19,5	735,3
4	91	1,00	4,09	15,10	153,7	3200	20,8	782,4
5	91	1,00	4,08	15,18	154,2	3350	21,7	821,1
Durchschnitt							19,6	739,8

Zusammenstellung 44.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser } \quad 10/40 \text{ mm Flacheisen (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm } \quad \text{Alter: } 91 \text{ bis } 95 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Abmessungen des Querschnitts		einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $2(a+b)l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{2(a+b)l}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{ab}$ kg/qcm
		Dicke $a$ cm	Breite $b$ cm					
1	91	1,00	4,09	30,15	306,9	7500	24,4	1833,7
2	91	1,00	4,08	30,15	306,3	5750	18,8	1409,3
3	91	1,00	4,09	30,12	306,6	5500	17,9	1344,7
4	95	1,00	4,08	30,00	304,8	4750	15,6	1164,2
5	95	1,00	4,08	30,20	306,8	4750	15,5	1164,2
Durchschnitt							18,4	1383,2

VII. Einlage: Rundeisen von 20 mm Stärke, gedreht und abgeschlichtet.

Die Zusammenstellungen 45 und 46 liefern

für  $l = \text{rd. } 150 \text{ } 300 \text{ mm}$

den Gleitwiderstand 10,6 7,3 kg/qcm,

d. i. rund die Hälfte wie für gleich starkes Rundeisen mit Walzhaut.

Zusammenstellung 45.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser } \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (gedreht)} \\ l = \text{rd. } 150 \text{ mm } \quad \text{Alter: } 91 \text{ Tage.} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	einbetonierte Länge $l$ cm	Oberfläche $\pi dl$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi dl}$ kg/qcm	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4}d^2}$ kg/qcm	
								1
2	91	2,00	15,16	95,3	1100	11,5	350,3	
3	91	2,00	15,15	95,2	1000	10,5	318,5	
4	91	2,00	15,23	95,7	960	10,0	305,7	
5	91	2,00	15,13	95,1	1000	10,5	318,5	
Durchschnitt							10,6	322,3

Zusammenstellung 46.

Versuchsreihe (Eisen herausgezogen)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (gedreht)} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \quad \text{Alter: } 90 \text{ bis } 95 \text{ Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter Tage	Dmr. $d$ cm	ein- betonierte Länge $l$ cm	Ober- fläche $\pi d l$ qcm	$P_{\max}$ kg	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
						kg/qcm	kg/qcm
1	91	2,00	29,80	187,2	1400	7,5	445,9
2	91	1,99	30,02	187,7	1300	6,9	414,1
3	91	2,00	30,07	188,9	1300	6,9	414,1
4	90	2,00	30,07	188,9	1500	7,9	477,7
5	95	1,98	29,98	186,5	1400	7,5	454,5
Durchschnitt						7,3	441,3

Die Einzelwerte zeigen abweichend von den Versuchsreihen mit Eisen, das die Walzhaut besaß, nur sehr geringe Abweichungen voneinander, woraus geschlossen werden darf, daß die Walzhautoberfläche mit ihren Ungleichmäßigkeiten stark an den Abweichungen beteiligt ist, die sich für den Gleitwiderstand innerhalb derselben Versuchsreihe ergeben.

Das Verhalten der gedrehten Stäbe gegenüber der Belastung ist ein anderes als das der Stäbe mit Walzhaut. Greifen wir beispielsweise Nr. 1 der Zusammenstellung 45 heraus, so ist folgendes zu bemerken:

kg Belastung      Abmessung  $x$  (Fig. 5)

0		8,480
200	(2 min)	8,480
300	»	8,480
400	»	8,480
500	»	8,480
600	»	8,480
700	»	8,480
800	»	8,480
900	»	8,480

1000 nach 1 min sinkt die Wage plötzlich, der Stab gleitet.

$$\tau = \frac{1000}{\pi \cdot 2,00 \cdot 15,12} = 10,5 \text{ kg/qcm.}$$

Die zugehörige Schaulinie ist in Fig. 33 dargestellt.



Fig. 33.

Zusammenstellung 45 Nr. 1.

Greifen wir noch einen zweiten Körper, etwa Nr. 5 der Zusammenstellung 46, heraus, so ergab die Untersuchung folgendes:

kg Belastung	Abmessung $x$ (Fig. 5)
0	8,460
200 (2 min)	8,460
400 »	8,460
500 »	8,460
600 »	8,460
700 »	8,460
800 »	8,460
900 »	8,460
1000 »	8,460
1100 »	8,460
1200 »	8,460
1300 »	8,460

1400 nach 15 sk sinkt die Wage plötzlich, der Stab gleitet.

$$\tau = \frac{1400}{\pi \cdot 1,98 \cdot 29,98} = 7,5 \text{ kg/qcm.}$$

Die zugehörige Schaulinie ist in Fig. 34 wiedergegeben. Sie zeigt, daß der Stab nach eingetretenem Gleiten wieder zum Festsitzen gelangt und dabei einen Widerstand leistet, der denjenigen beim Eintritt des

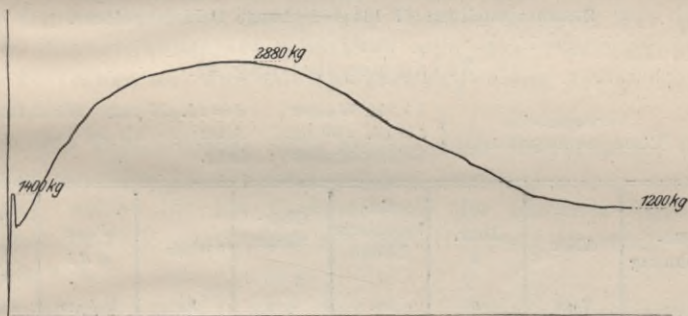


Fig. 34. Zusammenstellung 46 Nr. 5.

Gleitens weit überschreitet. Der Höchstwiderstand, der eintritt, nachdem der Stab um etwa 31 mm herausgezogen worden ist, beträgt 2880 kg, d. i. 15,4 kg/qcm.

Die Erklärung für dieses eigenartige Verhalten, das auch andre der gedrehten Stäbe — wenn auch weniger — zeigen, findet seine Erklärung in der Aufrauung, welche die vorher geschlichtete Staboberfläche infolge des Gleitens erfährt.

#### VIII. Einlage: Rundeisen von 20 mm Stärke, mit Walzhaut, durch Herausdrücken gelöst.

Während bei den unter I bis VII besprochenen Versuchen die Lösung des Eisens durch Herausziehen erfolgte, geschieht sie bei diesen Versuchen durch Herausdrücken (vergl. Fig. 6).

Die Versuchsergebnisse sind in den Zusammenstellungen 47 bis 49 und in dem Linienzug Fig. 35 wiedergegeben.

Der Vergleich mit den Versuchen unter II (Zusammenstellung 32 bis 36, Fig. 31) zeigt, daß der Gleitwiderstand beträgt:

für $l = \text{rd.}$	100	200	300 mm
beim Herausziehen	25,1	15,6	15,3 kg/qcm
» Herausdrücken	27,4	22,3	21,2 »

Im letzteren Falle ist er also größer, wie schon unter A IV 6 und 7 gefunden wurde

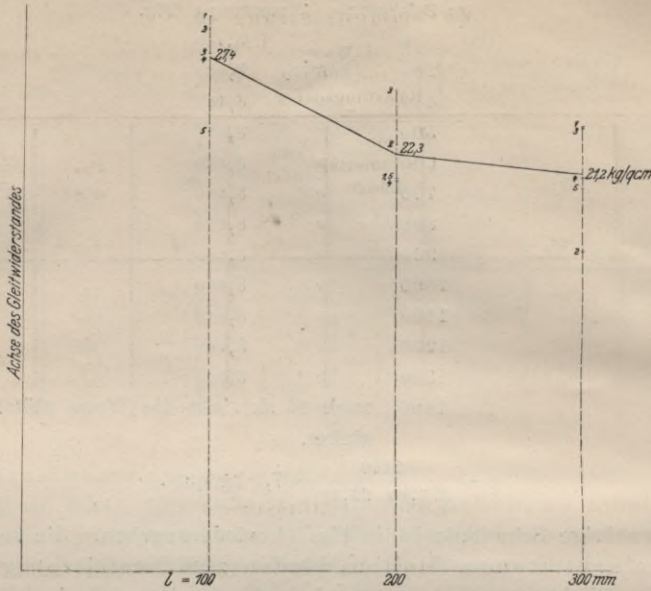


Fig. 35.

Zusammenstellung 47 bis 49. Lange Belastungsdauer.

Zusammenstellung 47.

Versuchsreihe (Eisen herausgedrückt)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 100 \text{ mm} \quad \text{Alter; 88 bis 90 Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	88	2,00	10,21	64,2	1900	29,6	605,1
2	90	2,01	10,15	64,1	1850	28,9	583,6
3	90	2,01	10,04	63,4	1750	27,6	552,2
4	90	2,00	10,18	64,0	1750	27,4	557,3
5	90	2,00	10,17	63,9	1500	23,5	477,7
Durchschnitt						27,4	555,2

Zusammenstellung 48.

Versuchsreihe (Eisen herausgedrückt)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \quad d = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ l = \text{rd. } 200 \text{ mm} \quad \text{Alter: 89 Tage} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right.$

Bezeichnung	Alter	Dmr. $d$	einbetonierte Länge $l$	Oberfläche $\pi d l$	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage						
1	89	2,00	20,10	126,3	2650	21,0	843,9
2	89	2,01	20,18	127,4	2900	22,8	914,8
3	89	2,01	20,05	126,6	3250	25,7	1025,2
4	89	2,01	20,08	126,8	2650	20,9	836,0
5	89	2,00	20,10	126,3	2650	21,0	843,9
Durchschnitt						22,3	892,8

Zusammenstellung 49.

Versuchsreihe (Eisen herausgedrückt)  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ vH Wasser} \\ l = \text{rd. } 300 \text{ mm} \\ \text{Belastungsdauer: lang.} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \bar{d} = \text{rd. } 20 \text{ mm (Walzhaut)} \\ \text{Alter: } 90 \text{ Tage} \end{array}$

Bezeichnung	Alter	Dmr. <i>d</i>	einbetonierte Länge	Oberfläche	$P_{\max}$	$\frac{P_{\max}}{\pi d l}$	$\frac{P_{\max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$
	Tage		<i>l</i>	$\pi d l$			
		cm	cm	qcm	kg	kg/qcm	kg/qcm
1	90	2,00	30,15	189,4	4500	23,8	1433,1
2	90	2,00	30,24	190,0	3250	17,1	1035,0
3	90	2,00	30,18	189,6	4500	23,7	1433,1
4	90	2,01	30,20	190,7	4000	21,0	1261,8
5	90	2,01	30,15	190,4	3900	20,5	1230,3
Durchschnitt						21,2	1276,7

**Zusammenfassung.**

Für das Gebiet, welches durch die vorstehenden Versuche gedeckt wird, läßt sich folgendes aussprechen:

1) Der Gleitwiderstand hängt bei Vollkommenheit der prismatischen Form des einbetonierten Stabes von der Beschaffenheit der Oberfläche desselben ab, und bei Abweichungen von der prismatischen Gestalt auch von diesen.

Gedrehte und abgeschlichtete Stäbe ergaben rund die Hälfte des Gleitwiderstandes, welcher für Stäbe mit Walzhaut gefunden wurde.

Die Werte, welche für den Gleitwiderstand der einzelnen Stäbe ermittelt werden, weichen im Falle abgedrehter und abgeschlichteter Oberfläche nur wenig voneinander ab, z. B.

bei  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$ :  $\tau = 10,5 \quad 11,5 \quad 10,5 \quad 10,0 \quad 10,5$  (Zusammenstellung 45)  
 »  $l = \text{ » } 300 \text{ »}$   $\tau = 7,5 \quad 6,9 \quad 6,9 \quad 7,9 \quad 7,5$  » 46);

im Falle des Vorhandenseins der Walzhaut dagegen bedeutend, z. B.

bei  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$ :  $\tau = 18,4 \quad 21,0 \quad 18,4 \quad 18,9 \quad 15,8$  (Zusammenstellung 33)  
 »  $l = \text{ » } 300 \text{ »}$   $\tau = 18,5 \quad 14,5 \quad 13,7 \quad 12,5 \quad 17,2$  » 36).

An diesen Abweichungen ist neben dem Einfluß des Grades der Rauigkeit der Oberfläche auch derjenige der Unvollkommenheit der prismatischen Form beteiligt.

Beim Herausziehen des abgedrehten und abgeschlichteten Stabes kann nach Eintritt des Gleitens eine solche Aufrauhung der Staboberfläche stattfinden, daß der Gleitwiderstand weit über die Größe hinaufsteigt, die für den Beginn des Gleitens ermittelt wurde (vergl. Fig. 34, D VII).

2) Der Gleitwiderstand hängt in hohem Maße von der Menge Wasser ab, mit welcher der Beton angemacht wurde.

Bei dem geringsten Wasserzusatz, mit dem es noch möglich war, Versuchskörper herzustellen, wurde unter sonst gleichen Verhältnissen der größte Gleitwiderstand erzielt (vergl. Fig. 21, 22, 23, 24, 27 usw., sowie das unter A VII Gesagte.)

Mit Zunahme des Wasserzusatzes nimmt der Gleitwiderstand rasch ab (vergl. die soeben bezeichneten Schaulinien: in Fig. 27 von 38,1 auf 14,9 kg/qcm bei Vermehrung des Wasserzusatzes von 12 vH auf 18 vH usw.). Dieser Abnahme des Gleitwiderstandes mit wachsendem Wasserzusatz entspricht eine Abnahme des durch-

schnittlichen Raumgewichtes des Betons beispielsweise von 2,29 bis 2,31 bei 15 vH Wasserzusatz auf 2,19 bis 2,21 bei 18 vH und 2,15 bis 2,16 bei 21 vH Wasserzusatz unter sonst gleichen Verhältnissen.

Für die durchgeführten Versuche (3 Sand und 2 Kies, beide vollständig trocken) wird ein Wasserzusatz von rd. 15 vH als derjenige anzusehen sein, den man bei Herstellung von Eisenbeton nicht wohl unterschreiten kann.

3) Aenderung des Sandzusatzes innerhalb gewisser Grenzen beeinflusst den Gleitwiderstand nicht bedeutend (vergl. unter B).

4) Der Gleitwiderstand ist für stärkeres Rundeseisen (mit Walzhaut) größer als für schwächeres.

Beispielsweise beträgt bei

$l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$	für $d = \text{rd. } 10$	20	40 mm
	$\tau = \gg$	14,1	18,5 27,7 kg/qcm

Hieran ist der Einfluß der Elastizität des Stabes beteiligt, der es zu einer gleichmäßigen Verteilung des Widerstandes gegen Gleiten über die Länge  $l$  nicht

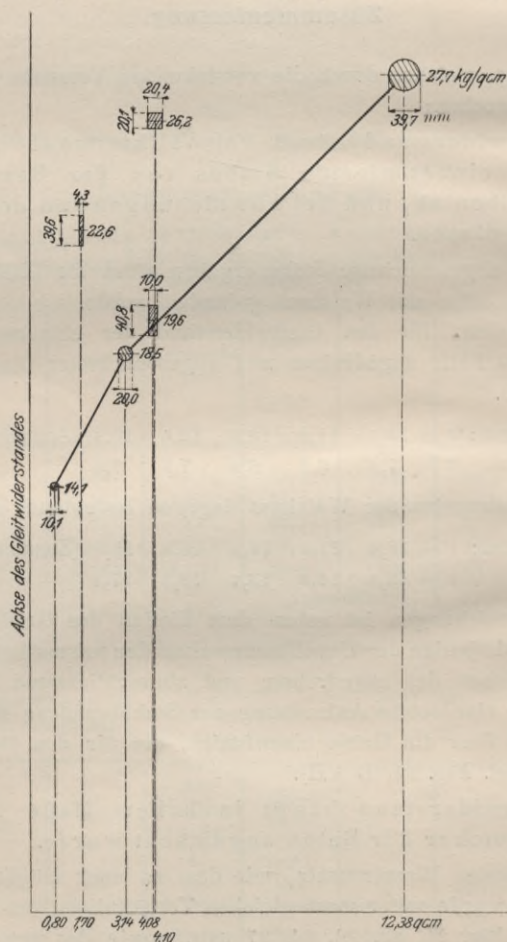


Fig. 36.  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$ . Lange Belastungsdauer. Alter der Körper rd. 90 Tage.

kommen läßt und sich bei gleichen Werten von  $l$  und unter sonst gleichen Verhältnissen um so mehr äußern wird, je kleiner der Durchmesser des Eisenstabes ist (vergl. A, IV, 8).

5) Die Darstellung Fig. 36 zeigt für  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$  mit den Eisenquerschnitten als Abszissen und den zugehörigen Mittelwerten des Gleitwiderstandes als Ordinaten:

- a) den Linienzug für verschieden starkes Rundeisen,
- b) die Höhenlage für das einbetonierte Quadrateisen und für die beiden einbetonierten Flacheisen.

Bei gleicher Querschnittsgröße liegen die Werte für das Quadrat- und das dünne Flacheisen erheblich oberhalb des Linienzuges für Rundeisen.

6) Der Gleitwiderstand nimmt — abgesehen von einzelnen Ausnahmen — mit zunehmender Länge des einbetonierten Eisens ab (vergl. Fig. 14 und die Bemerkung bei Zusammenstellung 4, Fig. 20, 30, 31, 32 und 35, sowie die in Betracht kommenden Zusammenstellungen).

Der Grund für diese Abnahme des Gleitwiderstandes dürfte vorzugsweise in der Elastizität des Eisenstabes zu suchen sein (vergl. das am Schluß von Ziffer 4 Gesagte).

7) Der Gleitwiderstand, durch Herausdrücken des Eisenstabes ermittelt, findet sich größer als wenn die Lösung durch Herausziehen erfolgt (vergl. A IV 6 und 7 und D VIII).

8) Der Gleitwiderstand ergibt sich bei rascher Durchführung des Versuches, d. h. bei rasch ansteigender Belastung, erheblich größer als bei langsamer Durchführung derart, daß die Last auf jeder Stufe längere Zeit wirkt (vergl. das in dieser Hinsicht unter B Bemerkte).

9) Ueber den Einfluß von Erschütterungen auf den eingestampften Versuchskörper vor Abbinden des Zements vergl. das unter C Gesagte.

10) Die für Stäbe mit Walzhaut überhaupt ermittelten Gleitwiderstände reichen von

- $\tau = 41,6 \text{ kg/qcm}$  bei  $\sigma = 1258,0 \text{ kg/qcm}$  (Nr. 1 der Zusammenstellung 18, 12 vH Wasser, lange Belastungsdauer)
- $\tau = 39,5$  » »  $\sigma = 1194,3$  » ( » 4 derselben Zusammenstellung)
- $\tau = 38,3$  » »  $\sigma = 775,3$  » ( » 1 der Zusammenstellung 2, 15 vH Wasser, kurze Belastungsdauer)
- $\tau = 37,5$  » »  $\sigma = 757,5$  » ( » 2 derselben Zusammenstellung) usw.

für 15 vH Wasserzusatz herunter bis

- $\tau = 11,9 \text{ kg/qcm}$  bei  $\sigma = 477,7 \text{ kg/qcm}$  (Nr. 2 der Zusammenstellung 34, lange Belastungsdauer)

und bei 21 vH Wasserzusatz herunter bis

- $\tau = 5,8 \text{ kg/qcm}$  bei  $\sigma = 347,0 \text{ kg/qcm}$  (Nr. 2 der Zusammenstellung 14, kurze Belastungsdauer).

Die Hauptversuche ergaben mit  $l = \text{rd. } 150 \text{ mm}$  im Durchschnitt:

für 10	mm starkes Rundeisen mit Walzhaut	$\tau = 14,1 \text{ kg/qcm}$	bei	$\sigma = 843,8 \text{ kg/qcm}$
» 20	» » » » »	$\tau = 18,5$	» »	$\sigma = 560,5$ »
» 40	» » » » »	$\tau = 27,7$	» »	$\sigma = 421,6$ »
» 20	» Quadrateisen	$\tau = 26,2$	» »	$\sigma = 782,2$ »
» 4/40	» Flacheisen	$\tau = 22,6$	» »	$\sigma = 1791,4$ »
» 10/40	» » » » »	$\tau = 19,6$	» »	$\sigma = 739,8$ »

Stuttgart, den 21. Januar 1905.







S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33154

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10,000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305736