

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300783

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR EISENBETON

VERSUCHE

MIT

EISENBETON-BALKEN ZUR ERMITTLUNG DER WIDERSTANDSFÄHIGKEIT VON STOSS- VERBINDUNGEN DER EISENEINLAGEN

AUSGEFÜHRT IN DER

KÖNIGL. SÄCHS. MECHANISCH-TECHNISCHEN VERSUCHSANSTALT
AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZU

DRESDEN

IN DEN JAHREN 1909 BIS 1911

BERICHT ERSTATTET VOM

GEHEIMEN HOFRAT PROFESSOR H. SCHEIT
DIREKTOR DER VERSUCHSANSTALT

UND

PRIVATDOZENT DIPL.-ING. O. WAWRZINIÖK
ADJUNKT DER VERSUCHSANSTALT

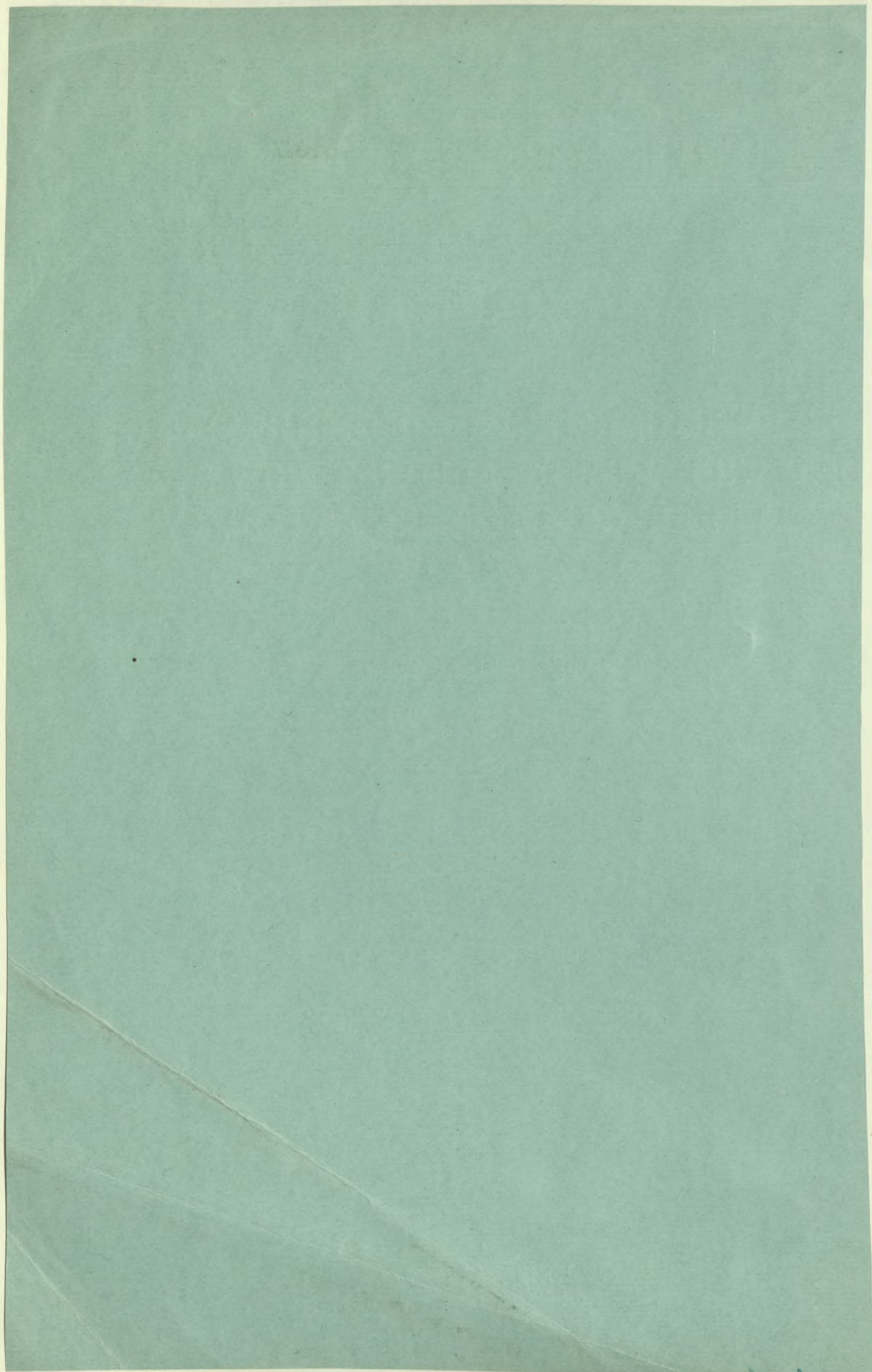
BERLIN 1912

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

41

DZ

542.



DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR EISENBETON

VERSUCHE

MIT

EISENBETON-BALKEN ZUR ERMITTLUNG DER WIDERSTANDSFÄHIGKEIT VON STOSS- VERBINDUNGEN DER EISENEINLAGEN

AUSGEFÜHRT IN DER

KÖNIGL. SÄCHS. MECHANISCH-TECHNISCHEN VERSUCHSANSTALT
AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZU

DRESDEN

IN DEN JAHREN 1909 BIS 1911

BERICHT ERSTATTET VOM

GEHEIMEN HOFRAT PROFESSOR H. SCHEIT
DIREKTOR DER VERSUCHSANSTALT

UND

PRIVATDOZENT DIPL.-ING. O. WAWRZINIOK
ADJUNKT DER VERSUCHSANSTALT

MIT 144 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN 1912

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

B I B L I O T E K A
REGIONALNEJ DYREKCJI
PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO
WE WROCŁAWIU

NR. 1341 T. 5 DZ. 1

Wof 542.



III 18035

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

Akc. Nr.

405/571

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
A. Versuche mit Stoßverbindungen aus geraden Eiseneinlagen . . .	I
I. Versuchsplan	I
II. Prüfung der verwendeten Baustoffe	3
1. Zement	3
2. Cossebauder Kies	3
3. Eisen	3
III. Herstellung der Versuchskörper	4
1. Betonmischung	4
2. Formkasten	4
3. Eiseneinlagen	4
4. Einstampfen der Betonmasse	4
5. Lagerung der Probekörper	5
IV. Prüfung der Druckprobewürfel	5
V. Prüfung der Biegebalken	5
1. Versuchsausführung	5
2. Versuchsergebnisse	5
VI. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	20
VII. Schlußfolgerungen	23
B. Versuche mit Stoßverbindungen mit an den Enden hakenförmig umgebogenen Eiseneinlagen	23
I. Versuchsplan	23
II. Prüfung der verwendeten Baustoffe	25
1. Zement	25
2. Cossebauder Kies	25
3. Eisen	25
III. Herstellung der Versuchskörper	25
1. Betonmischung	25
2. Formkasten	25
3. Eiseneinlagen	25
4. Einstampfen der Betonmasse	26
5. Lagerung der Probekörper	26
IV. Prüfung der Druckprobewürfel	26
V. Prüfung der Biegebalken	26
1. Versuchsausführung	26
2. Versuchsergebnisse	26
VI. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	54
VII. Schlußfolgerungen	54

Bericht

über

Versuche mit Eisenbetonbalken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Stoßverbindungen der Eiseneinlagen.

Ausgeführt in der Königl. Sächsischen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt zu Dresden in den Jahren 1909 bis 1911.

Allgemeines.

Nach den Beschlüssen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton sollten untersucht werden:

- A. Stoßverbindungen, bestehend aus zwei nebeneinanderliegenden geraden Eiseneinlagen mit verschiedener Ueberdeckungslänge. (Beschluß vom 19. Juni 1909.)
- B. Stoßverbindungen mit an den Enden hakenförmig umgebogenen Eiseneinlagen in verschiedener Anordnung. (Beschluß vom 7. Mai 1910.)

Die Aufstellung der Versuchspläne erfolgte unter Mitwirkung des Herrn Professor Hager und der Firmen Dyckerhoff & Widmann, Wayß & Freytag, Windschild & Langelott, Gebr. Huber und der Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau.

A. Versuche mit Stoßverbindungen aus geraden Eiseneinlagen.

I. Versuchsplan.

Durch die Versuche sollte diejenige Ueberdeckungslänge ermittelt werden, bei welcher der Gleitwiderstand der überdeckten Eisenenden einen solchen Betrag erreicht, daß die Stoßverbindung dieselbe Widerstandsfähigkeit besitzt wie eine durchgehende Eiseneinlage.

Als Probekörper waren Balken von 30×30 cm Querschnitt und 216 cm Länge, entsprechend 200 cm Stützweite, mit Eiseneinlagen aus 25 mm Rund-eisen und 25, 50, 75 cm Ueberdeckungslänge vorgesehen. Die Belastung sollte im Alter von 45 Tagen mit 2 Einzellasten nach dem Schema Abb. 1 erfolgen.

Da sich indessen bei den Versuchen herausstellte, daß bei 75 cm Ueberdeckungslänge die Stoßverbindung noch nicht die rechnermäßig festgestellte Widerstandsfähigkeit einer durchgehenden Eiseneinlage erreichte, beschloß der Arbeitsausschuß in der Sitzung am 13. April 1910, ergänzende Versuche mit 100 cm Ueberdeckungslänge der Eiseneinlagen anzuschließen.

Bei der Vorbereitung dieser Ergänzungsversuche traten der Versuchsanstalt jedoch Bedenken auf, ob es angängig sei, die Ergebnisse dieser neuen Versuche in die der bereits abgeschlossenen einzureihen, weil damit gerechnet werden mußte, daß die zu einem späteren Zeitpunkt angefertigten Probekörper nicht die gleichen Festigkeitseigenschaften besitzen würden.

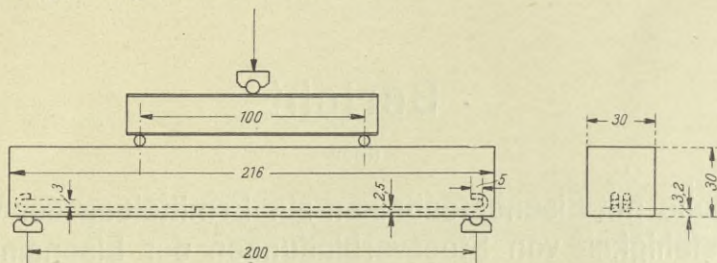


Abb. 1.

Die Versuchsanstalt hielt es daher für geboten, die ganze Versuchsreihe zu wiederholen und sie außerdem noch auf größere Ueberdeckungslängen, nämlich 125, 150, 175, 200 cm auszudehnen, weil mit der Möglichkeit gerechnet werden mußte, daß 100 cm Ueberdeckungslänge nicht ausreichen würde.

Ein weiterer Anlaß für die Wiederholung war dadurch gegeben, daß die ersten Probekörper mit 12 % Wasserzusatz hergestellt worden waren und die inzwischen abgeschlossenen Versuche über den Gleitwiderstand (s. Heft 7: „Versuche mit Eisenbetonbalken zur Bestimmung des Gleitwiderstandes“) gezeigt hatten, daß dieser relativ große Wasserzusatz den Gleitwiderstand herabzieht.

Für die neuen Probekörper wurde daher 9 % Wasserzusatz vorgesehen. Durch diese Maßnahme war gleichzeitig die Möglichkeit zu einer Beurteilung des Einflusses des Wasserzusatzes auf den Gleitwiderstand und auf die Druckfestigkeit des Betons gegeben. Ferner wurden in die neue Versuchsreihe Biegebalken mit einer durchgehenden Eiseneinlage eingefügt, behufs Ermöglichung eines unmittelbaren Vergleichs mit den Balken mit gestoßenen Eiseneinlagen.

Bei der späteren Ausführung dieser zweiten Versuchsreihe zeigte sich aber, daß bei Stoßverbindungen von 100 cm an sowie bei den Balken mit durchgehender Eiseneinlage der Bruch nicht an den Stellen der ersten Risse auftrat, sondern dadurch erfolgte, daß die Biegebalken durch die Endhaken (s. Abb. 1) der Eiseneinlagen in der Längsrichtung aufgesprengt wurden. Einerseits war dies eine Folge der Hakenwirkung und andererseits durch zu geringe Einbettungslänge der Eiseneinlagen außerhalb der Stoßverbindung bedingt.

Hiernach lieferten also auch diese Versuche noch keinen ausreichenden Aufschluß.

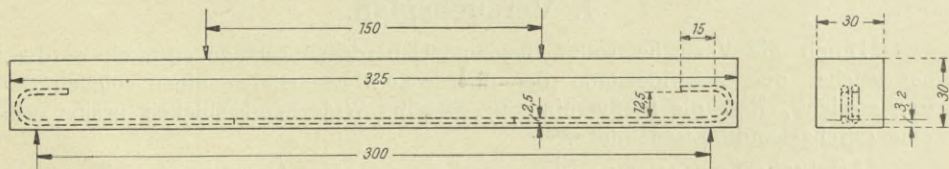


Abb. 2.

Es mußte infolgedessen versucht werden, die Widerstandsfähigkeit der Balken außerhalb der Stoßstelle der Eiseneinlagen zu erhöhen.

Zu diesem Zwecke wurden die Versuche auf Balken größerer Länge ausgedehnt, welche die günstigere Einbettung der Eiseneinlagen außerhalb der Stoßverbindung gestatteten. Außerdem wurden die Eiseneinlagen mit dem Considèreschen Haken (s. Abb. 2) versehen, der sich bei den inzwischen abgeschlossenen

Vergleichsversuchen mit verschiedenen Hakenformen als besonders geeignet erwiesen hatte.

Die neuen Balken besaßen bei 30×30 cm Querschnitt eine Länge von 325 cm, entsprechend einer Stützweite von 300 cm mit 150 cm Abstand der beiden Lastangriffspunkte.

Als Eiseneinlagen wurden wie früher Rundeisen mit 25 mm Durchmesser benutzt. Die Ueberdeckungsängen wurden auf 125 und 150 cm festgesetzt und gleichzeitig Vergleichsprobek balken mit durchgehender Eiseneinlage angefertigt.

Um außerdem über den Einfluß des Wasserzusatzes weiteren Aufschluß zu erhalten, wurden die neuen Probek balken mit 8 % Wasserzusatz hergestellt.

Der Versuchsplan umfaßte demnach mit den zur Erleichterung der Ueber-sicht eingefügten Erweiterungen:

1. Prüfung der verwendeten Baustoffe.
2. Prüfung von Biegebalken mit 25, 50 und 75 cm Ueberdeckung der Eiseneinlagen. (Beton mit 12 % Wasserzusatz, Stützweite 200 cm.)
3. Prüfung von Biegebalken mit 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 und 200 cm Ueberdeckung der Eiseneinlagen und zum Vergleich mit einer durchgehenden Eiseneinlage. (Beton mit 9 % Wasserzusatz, Stützweite 200 cm.)
4. Prüfung von Biegebalken mit 125 und 150 cm Ueberdeckung der Eiseneinlagen sowie von Balken mit einer durchgehenden Eiseneinlage. (Beton mit 8 % Wasserzusatz, Stützweite 300 cm.)

Hierüber:

Kontrollprüfungen des Betons an Würfeln mit 30 cm Kantenlänge.

II. Prüfung der verwendeten Baustoffe.

1. Zement

der Oppelner Portlandzement-Fabriken vorm. F. W. Grundmann in Oppeln.

Der normengemäß¹⁾ geprüfte Zement besaß im Alter von 28 Tagen eine mittlere

Zugfestigkeit von 25,5 kg/qcm und

Druckfestigkeit von 294 kg/qcm²⁾.

Die Abbindezeit betrug $8\frac{1}{2}$ Stunden bei einem Abbindebeginn von 4 Stunden.

2. Cossebauder Kies.

Der mittlere Dichtigkeitsgrad des eingerüttelten Kiesel betrug: 2,67.

Die Korngröße wechselte von 0 bis 25 mm bei einem Gehalt von 80 % Sand mit weniger als 7 mm Korngröße.

3. Eisen.

Siemens-Martin-Flußeisen der Königin-Marien-Hütte in Cainsdorf i. Sa.

Die Zerreißversuche lieferten folgende Mittelwerte:

Fließgrenze $\sigma_f = 2580$ kg/qcm

Zugfestigkeit $K_z = 3740$ kg/qcm

Verhältnis $\frac{\sigma_f}{K_z} = 0,69$.

Bruchdehnung bezogen auf

25 cm Messlänge $\varphi = 30,3$ %

Querzusammenziehung $\psi = 65$ %.

¹⁾ Nach den alten Normen. Lagerung 1 Tag in feuchter Luft und 27 Tage unter Wasser.

²⁾ Die Zahlenwerte sind Mittelwerte für sämtliche Versuchsreihen. Die Einzelwerte zeigen nur geringe Abweichungen untereinander.

III. Herstellung der Versuchskörper.

Die Herstellung der Versuchskörper erfolgte in einem gedeckten Raume in der Zeit vom 9. August bis 31. August 1909 für die erste, vom 7. Juni bis 24. Juni 1910 für die zweite und vom 1. August bis 10. August 1911 für die dritte Versuchsreihe.

1. Betonmischung.

Für die ersten zwei Versuchsreihen (s. S. 3, Versuchsplan Abs. 2 und 3) wurde die Betonmasse durch Handmischung und für die dritte (s. S. 3, Versuchsplan Abs. 4) maschinell in der auf S. 25 beschriebenen Weise hergestellt.

Bei der Handmischung wurde auf einem dichten, angefeuchteten Zementestrich der lufttrockene Kies in gleichmäßig dicker Schicht ausgebreitet und mit dem Zement gleichmäßig bedeckt. Hiernach wurden beide Materialien zu einem Haufen zusammengeschaufelt und durch anschließendes dreimaliges Ausbreiten und Wiederzusammenschaufeln innig gemischt. Alsdann wurde das Anmachewasser zugesetzt und die Betonmasse durch zweimaliges Umschaufeln fertiggestellt. Diese wurde sofort verarbeitet.

2. Formkasten.

Die Formkasten bestanden aus astfreiem Kiefernholz mit U-Eisenverstärkungen. Die Konstruktion ist aus der Abb. 3 ersichtlich. Zur Verhinderung des Ausbiegens der Seitenwände beim Einstampfen der Betonmasse diente ein kräftiger Rahmen aus I-Eisen.

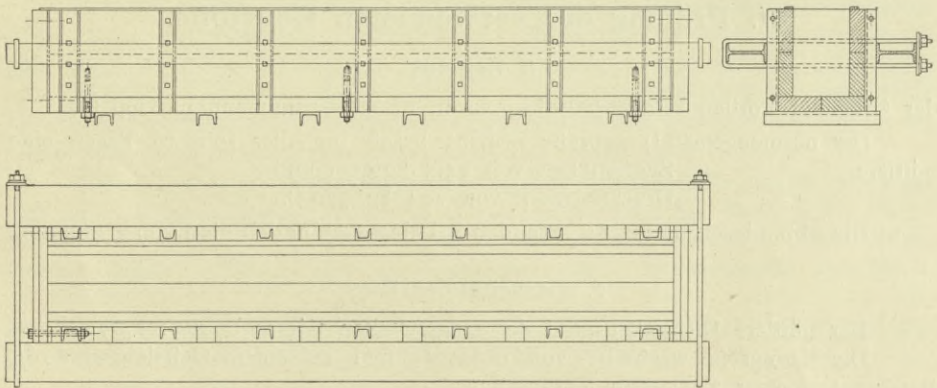


Abb. 3.

3. Eiseneinlagen.

Die Eiseneinlagen wurden durch Absägen auf Länge geschnitten, an den äußeren Enden mit Haken versehen und rostfrei mit der Walzhaut verwendet. Zur Sicherung der Lage der Eisenstäbe während des Einstampfens der Betonmasse wurden sie mit Bindedraht zwischen den Formkastenwänden eingespannt.

4. Einstampfen der Betonmasse.

Die Betonmasse wurde nach gehörigem Unterstopfen der Eiseneinlagen in 2 Schichten in die Formkästen eingebracht und jede Schicht mit Normalstampfern von 12 kg Gewicht bei 25 cm Hubhöhe eingestampft. Die Probekörper von 216 cm Länge erhielten dabei pro Schicht 800 Stampfstöße und die von 325 cm Länge 1170 Stampfstöße.

Die gesamte Stampfarbeit für einen Probekörper betrug demnach

$$A_{216} = 2 \cdot 800 \cdot 12 \cdot 0,25 = 4800 \text{ mkg}$$

und

$$A_{325} = 2 \cdot 1170 \cdot 12 \cdot 0,25 = 7020 \text{ mkg.}$$

Das Stampfen wurde durch zwei Arbeiter bewirkt, die, einander gegenüberstehend, die Stampfer in gleichmäßiger Weise bedienten.

Die fertigen Probekörper erhielten Bezeichnungen.

Die Anfertigung der Druckprobewürfel erfolgte normengemäß.

5. Lagerung der Probekörper.

Nach der Anfertigung lagerten die Probekörper mit nassen Säcken bedeckt zwei Tage im Formkasten und einen weiteren Tag auf der Grundplatte desselben.

Hiernach wurden die Körper der ersten beiden Versuchsreihen (s. Versuchsplan Abs. 2 und 3, S. 3) zwei weitere Tage unter nassen Säcken und später bis zur Prüfung in feuchtem Sande gelagert.

Die Probekörper der dritten Versuchsreihe lagerten dagegen dauernd mit nassen Säcken bedeckt.

Die Lagerungsweise der Probewürfel für die Kontrollprüfungen des Betons (s. S. 3) war die gleiche wie die der Biegebalken, zu denen sie gehörten.

IV. Prüfung der Druckprobewürfel.

Bei der Prüfung der Druckprobewürfel erfolgte die Beanspruchung senkrecht zur Stampfrichtung.

Es ergaben sich dabei folgende mittlere Druckfestigkeiten

Beton mit 12 % Wasserzusatz: 82 kg/qcm

Beton mit 9 % Wasserzusatz: 151 kg/qcm

Beton mit 8 % Wasserzusatz: 269 kg/qcm.

V. Prüfung der Biegebalken.

1. Versuchsausführung.

Die Prüfung der Biegebalken erfolgte im Alter von 45 Tagen in einer 150-Tonnen-Presse von Amsler-Laffon & Sohn durch Beanspruchung mit zwei von oben wirkenden, allmählich stufenweise gesteigerten Einzelkräften gemäß dem Schema Abb. 1. Hierbei wurden festgestellt:

- a) die Belastungen, bei welchen die jeweiligen Risse entstanden,
- b) die Bruchbelastungen,
- c) die Durchbiegungen der Balkenmitte gegenüber den Enden.

2. Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Mit aufgenommen sind die Ergebnisse der Druckversuche mit den Betonwürfeln und außerdem die nach den amtlichen Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten berechneten Werte

der Betondruckspannung,
der Eisenzugspannung und
des Gleitwiderstandes

bezogen auf die Bruchbelastung und zwar unter Berücksichtigung des Eigengewichtes der Probekörper.

Bei Berechnung der Lage der Nulllinie wurde dabei der wirkliche Abstand der Eiseneinlage von der Unterseite des Balkens, gemessen an der Bruchstelle, benutzt.

200 cm Stützweite. Beton mit 12 % Wasserzusatz. Handmischung.

No. des Balkens oder Würfels	Druck- probewürfel	Biegebalken									
	Druck- festigkeit des Betons kg/qcm	Ueber- deckungs- länge cm	Rißbelastung		Bruch- belastung		Durch- biegung mm	Beton- druck- spannung an der Bruchstelle d. i. außerhalb der Ueberdeckung σ_b kg/qcm	Eisen- zug- spannung an der Bruchstelle σ_e kg/qcm	Gleit- wider- stand τ kg/qcm	Lage der Bruch- stelle der Biege- balken
			Einzel- werte kg	Mittel- wert kg	Einzel- werte kg	Mittel- wert kg					
1	76	25	2420	2340	2420	2460	0,60	21,4	608	15,2	s. Abb. 4—8
2	80		2220		2220		0,46				
3	86		2420		2520		0,68				
4	81		2220		2520		0,68				
5	81		2420		2620		0,63				
6	81	50	3010	3010	4190	4390	0,77	38,2	1026	12,8	s. Abb. 9—13
7	85		2810		4390		0,70				
8	72		3210		4590		1,12				
9	85		2810		4190		0,68				
10	85		3210		4590		0,91				
11	81	75	2810	2734	5770	5712	0,90	47,5	1265	10,6	s. Abb. 14—18
12	87		2620		5180		0,76				
13	81		2810		5180		0,69				
14	81		2620		6460		0,48				
15	89		2810		5970		0,65				

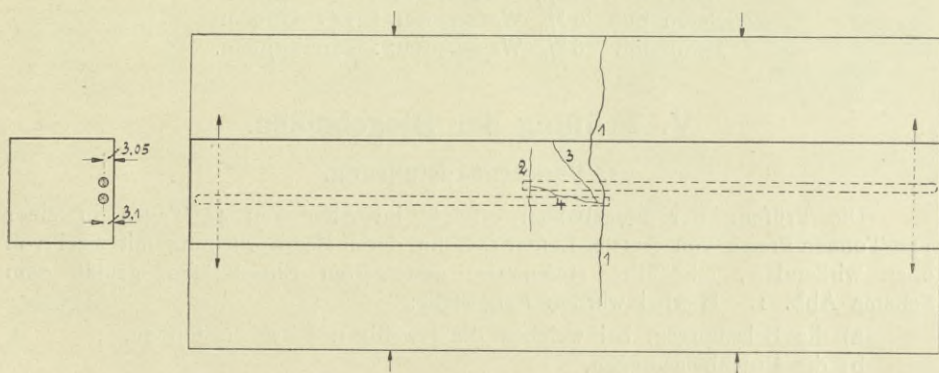


Abb. 4.

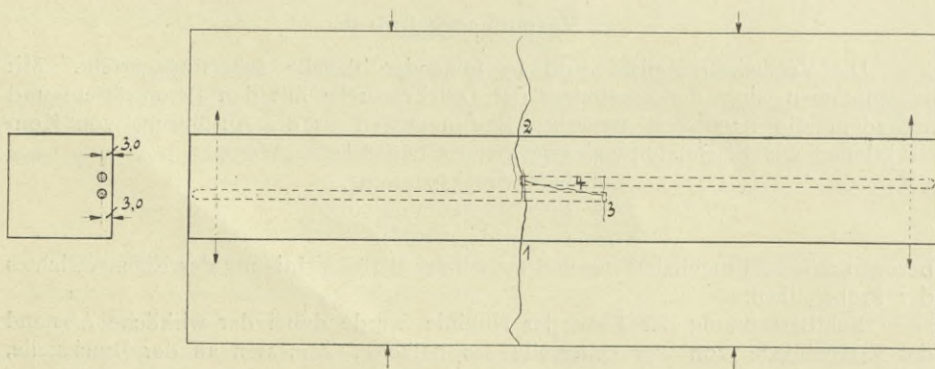


Abb. 5.

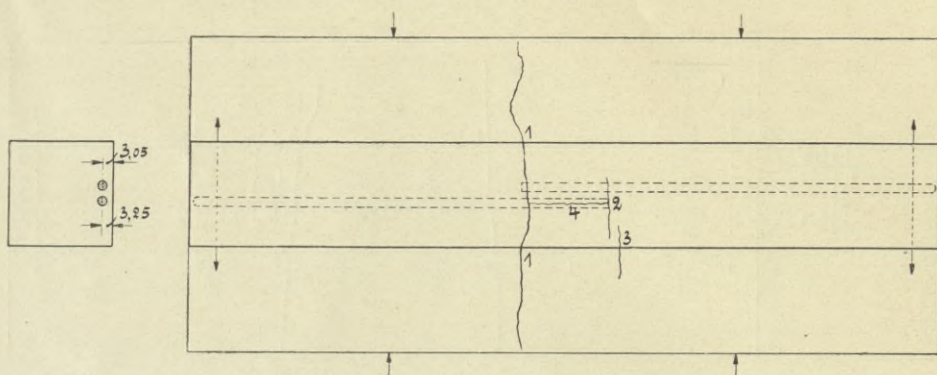


Abb. 6.

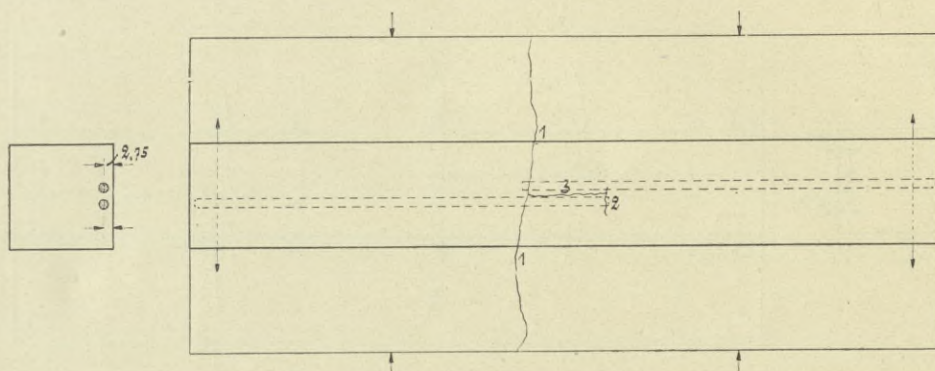


Abb. 7.

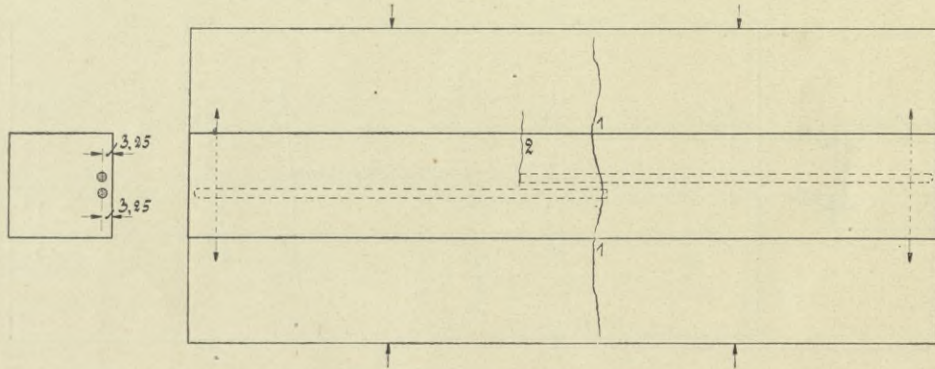


Abb. 8.

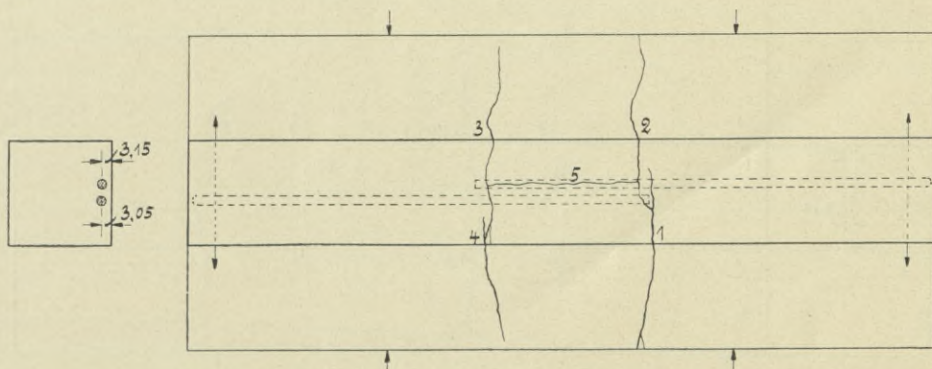


Abb. 9.

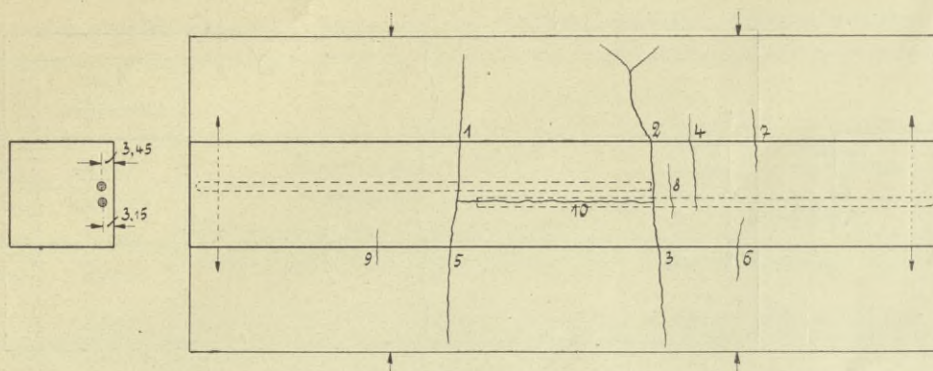


Abb. 10.

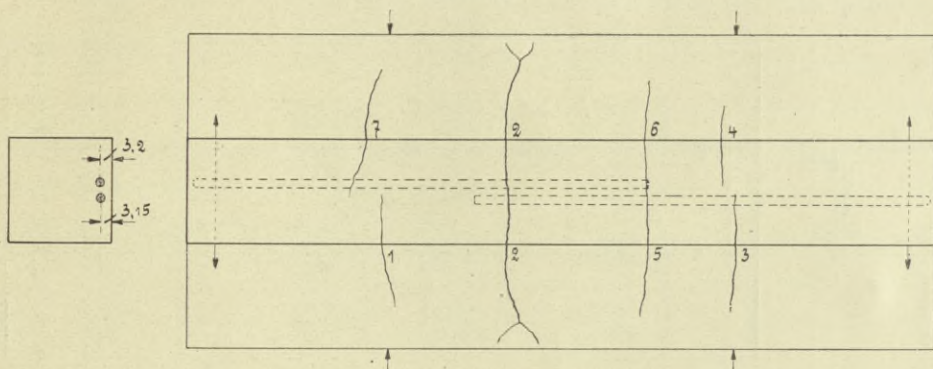


Abb. 11.

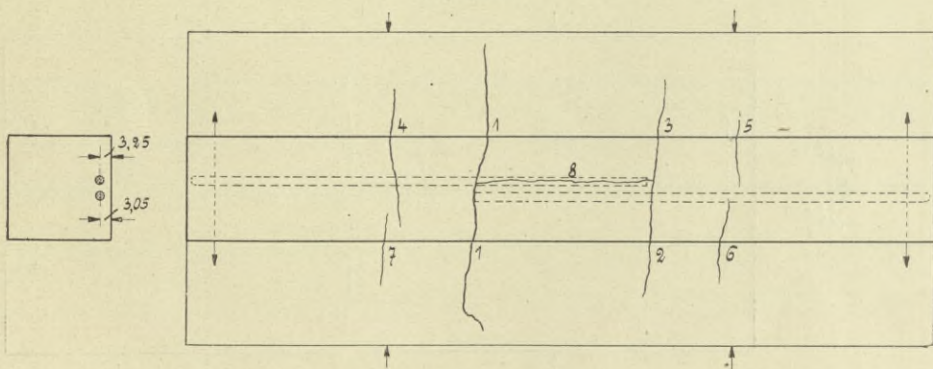


Abb. 12.

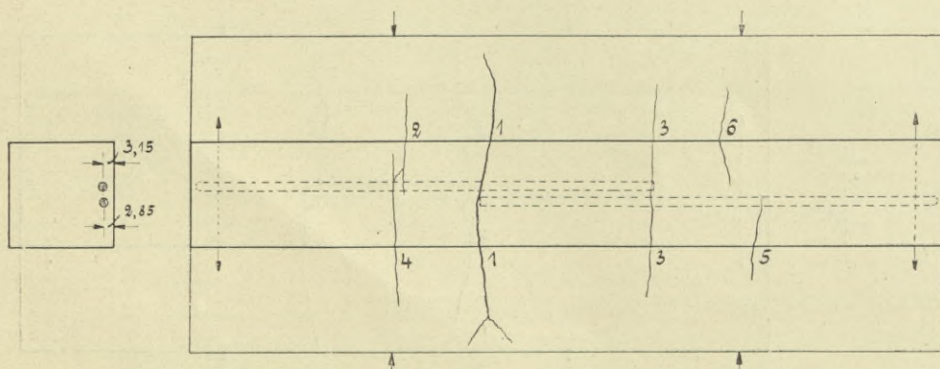


Abb. 13.

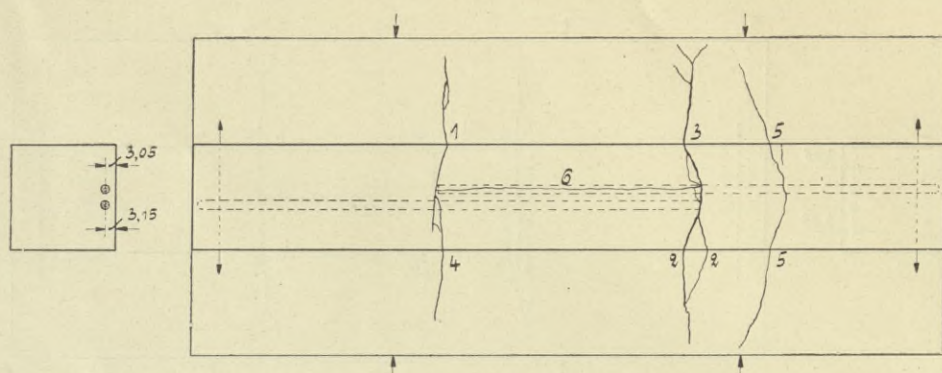


Abb. 14.

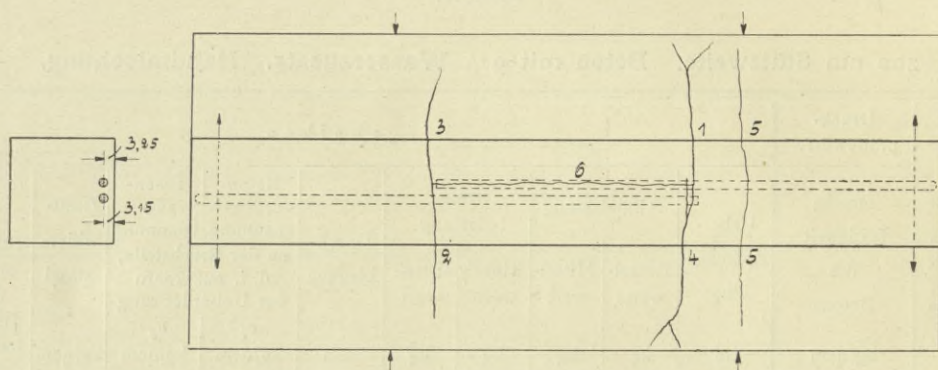


Abb. 15.

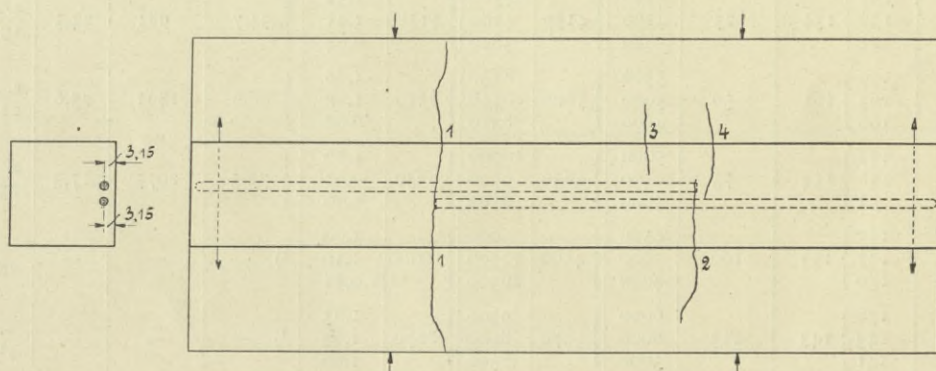


Abb. 16.

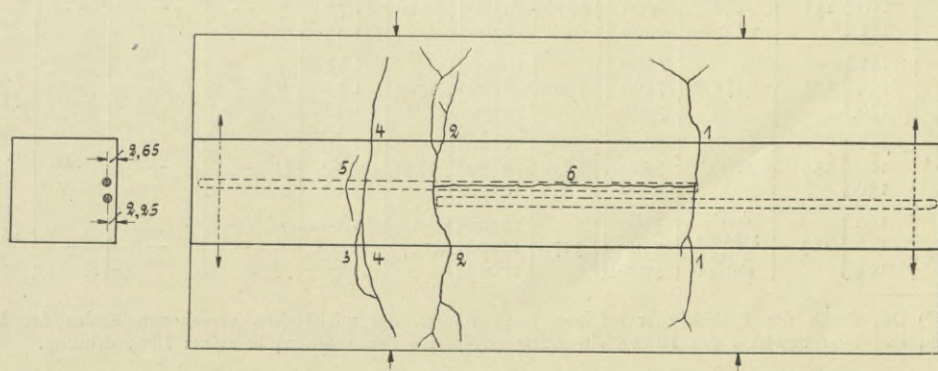


Abb. 17.

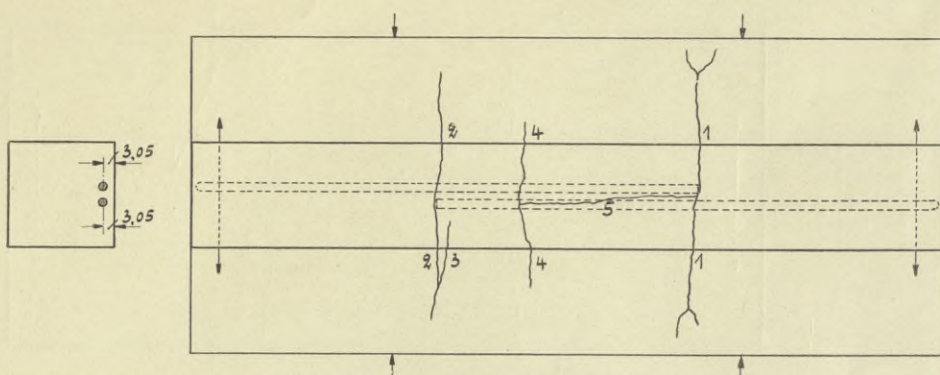


Abb. 18.

200 cm Stützweite. Beton mit 9% Wasserzusatz. Handmischung.

No. des Balkens oder Würfels	Druck- probewürfel	Biegebalken										
	Druck- festigkeit des Betrns kg/qcm	Ueber- deckungs- länge cm	Rißbelastung		Bruch- belastung		Durch- biegung mm	Beton- druck- spannung an der Bruchstelle, d. i. außerhalb der Ueberdeckung σ_b kg/qcm	Eisen- zug- spannung σ_e kg/qcm	Gleit- wider- stand τ kg/qcm	Lage der Bruch- stelle der Biege- balken	
			Einzel- werte	Mittel- wert	Einzel- werte	Mittel- wert						
			kg	kg	kg	kg						
1	132	134	25	4360	4150	4360	4150	1,32	34,7	981	24,5	s. Abb. 19—21
2	130			4260		4260		1,21				
3	141			3820		3820		0,64				
4	159	161	50	5500	5000	8130	8310	1,28	66,9	1891	23,6	s. Ab.b 22—24
5	163			5000		8440		1,16				
6	160			4500		8370		0,90				
7	152	154	75	5000	4830	10000	9330	1,20	73,3	2075	17,3	s. Abb. 25—27
8	158			4500		9500		0,92				
9	151			5000		8500		1,30				
10	153	153	100	4500	4500	9000	10000	1,00	1) —	—	—	s. Abb. 28—30
11	157			5000		10500		1,10				
12	150			4000		10500		0,81				
13	136	143	125	6000	5670	9500	8670	1,65	1) —	—	—	s. Abb. 31—33
14	143			6000		8000		1,64				
15	141			5000		8500		1,00				
16	152	151	150	6500	6670	7960	8620	1,40	1) —	—	—	s. Abb. 34—36
17	150			7000		9500		1,74				
18	152			6500		8400		1,45				
19	141	137	175	8000	7500	10000	9300	1,88	1) —	—	—	s. Abb. 37—39
20	139			7500		8500		1,75				
21	130			7000		9400		1,38				
22	158	159	200	7000	6830	9240	9730	1,40	1) —	—	—	s. Abb. 40—42
23	160			7500		9460		1,50				
24	158			6000		10500		1,18				
25	166	165	durch- gehende Eisen- einlage	5000	5170	12500	11170	1,16	1) —	—	—	s. Abb. 43—45
26	166			5500		11000		1,60				
27	164			5000		10000		1,26				

1) Der Bruch der Probekörper erfolgte durch Gleiten der mit Haken versehenen Enden der Eiseneinlagen, und zwar bewirkte der Haken ein Aufsprengen des Probekörpers in seiner Längsrichtung.

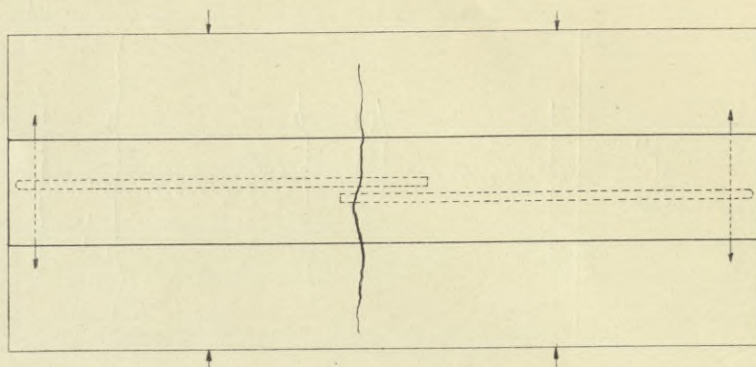
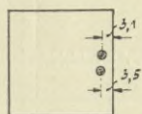


Abb. 19.

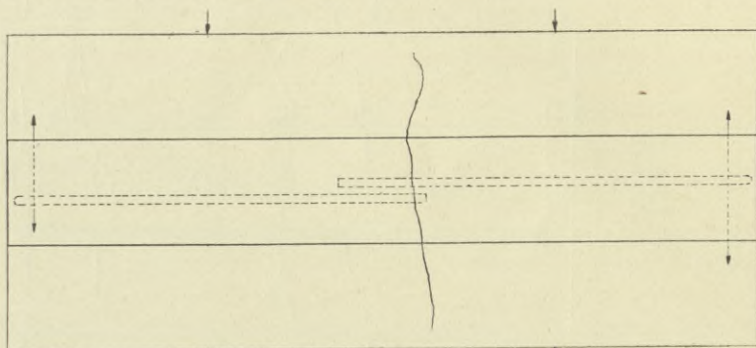
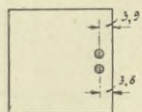


Abb. 20.

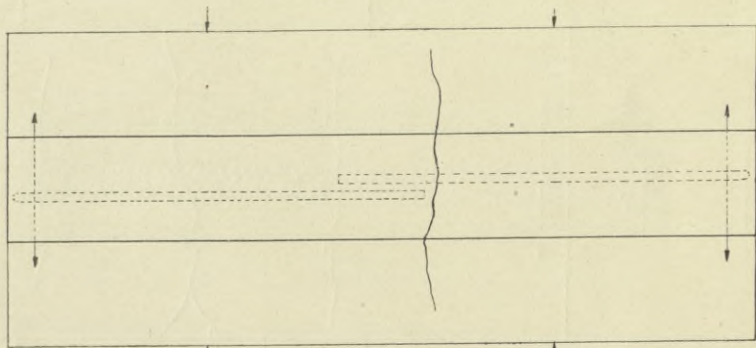
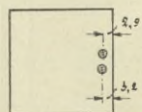


Abb. 21.

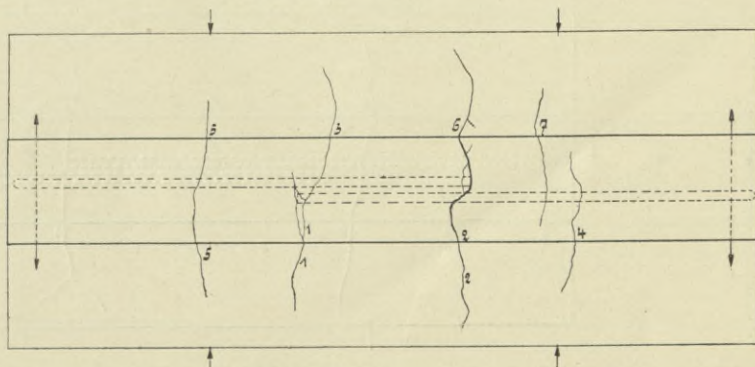
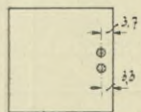


Abb. 22.

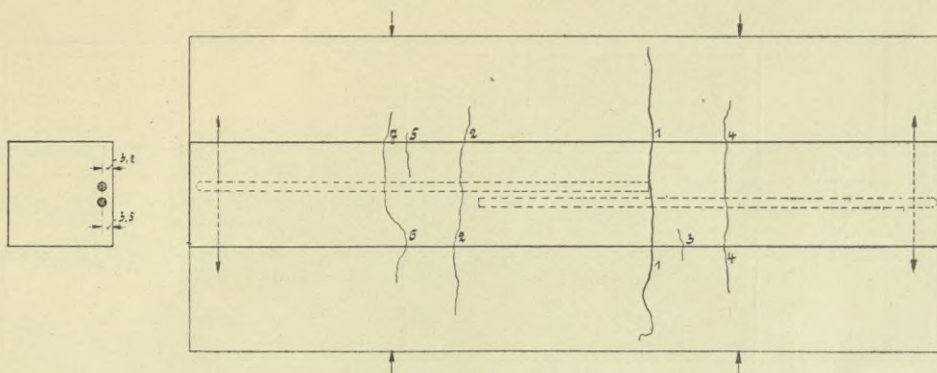


Abb. 23.

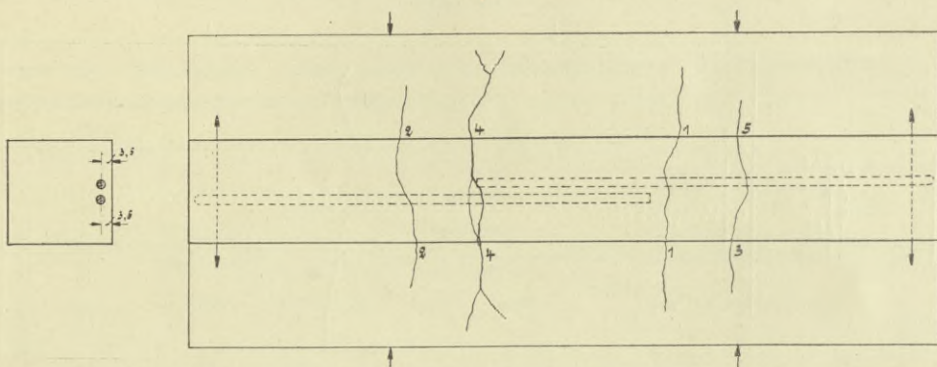


Abb. 24.

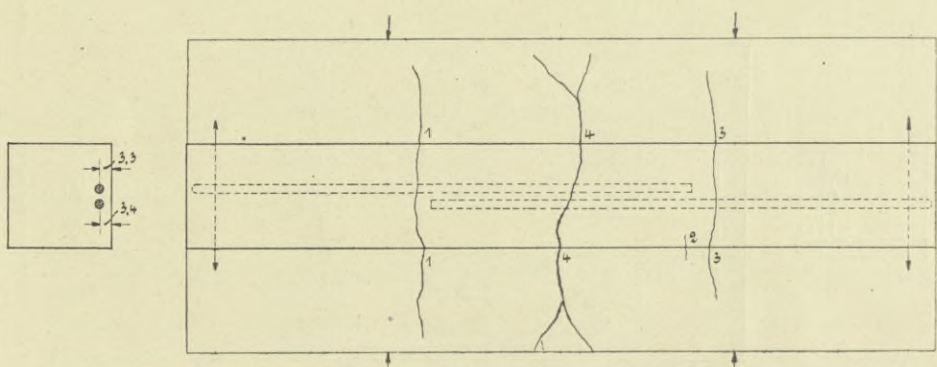


Abb. 25.

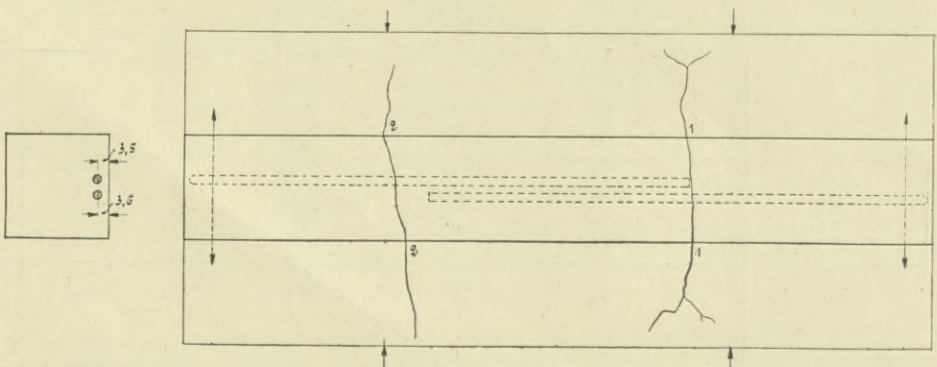


Abb. 26.

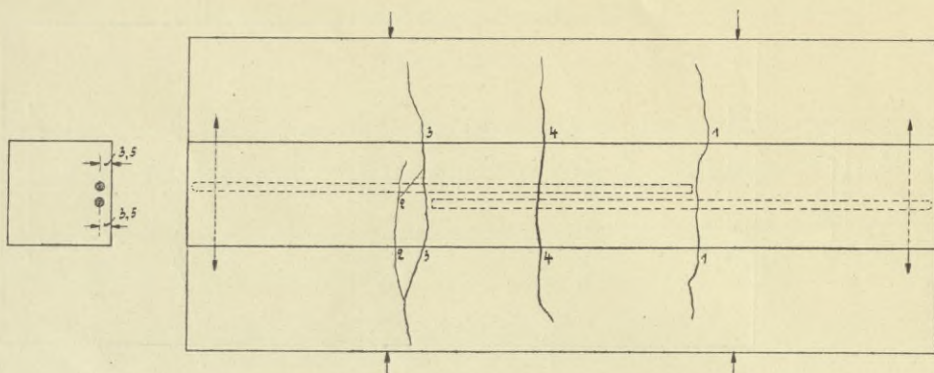


Abb. 27.

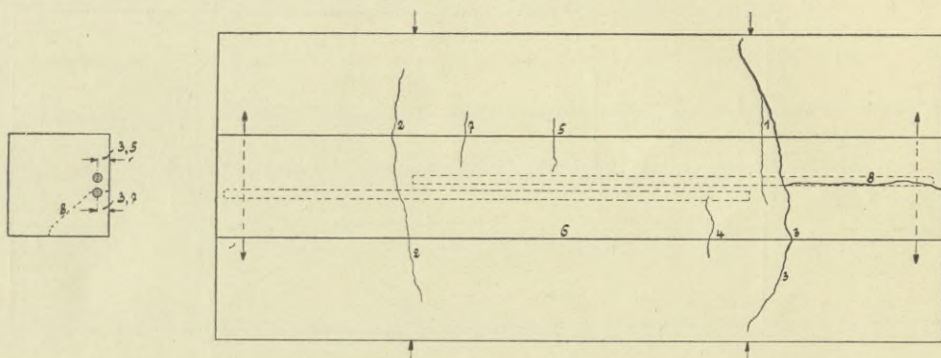


Abb. 28.

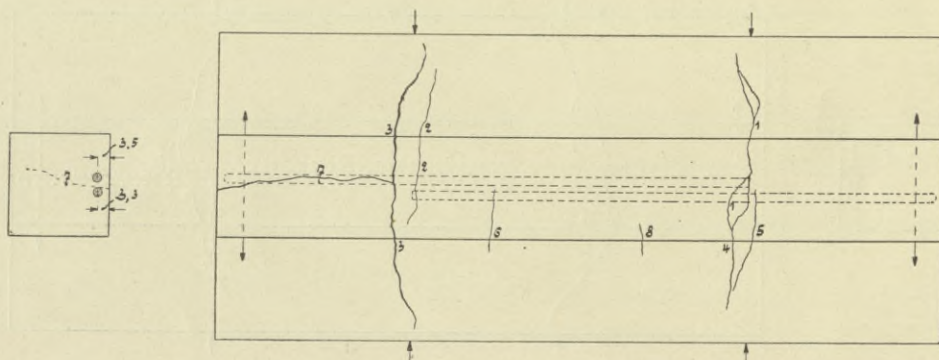


Abb. 29.

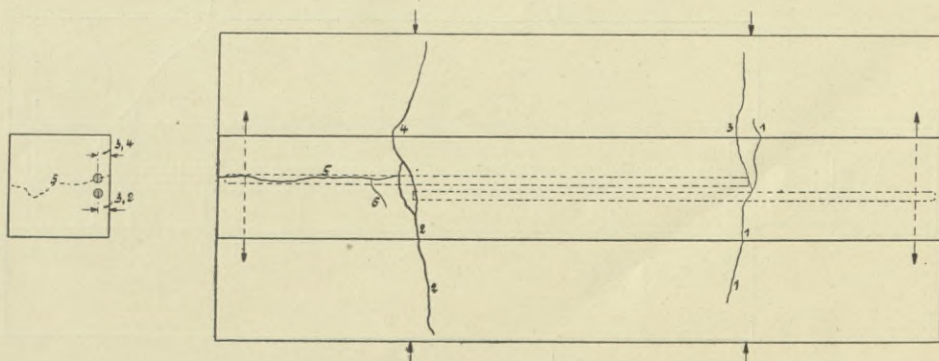


Abb. 30.

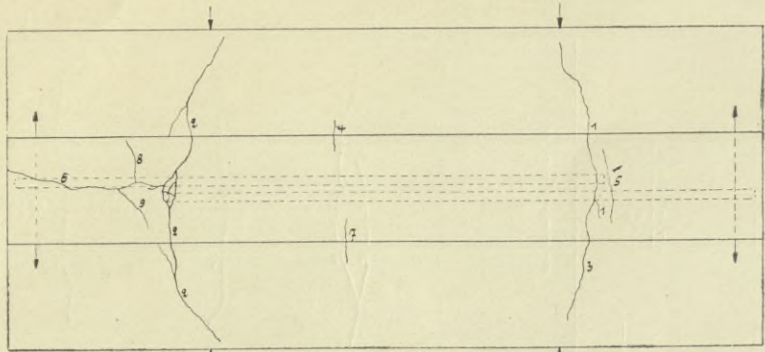
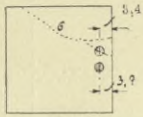


Abb. 31.

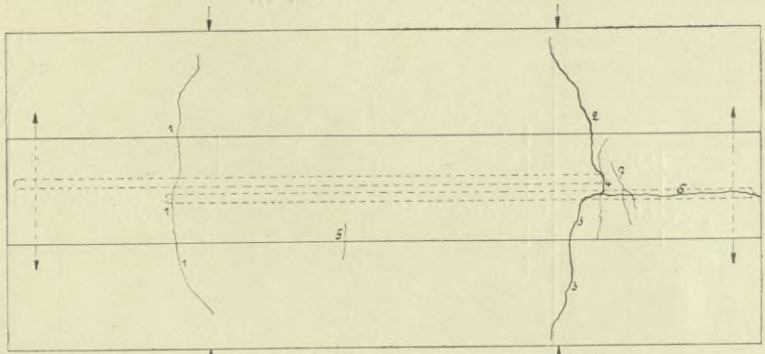
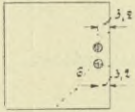


Abb. 32.

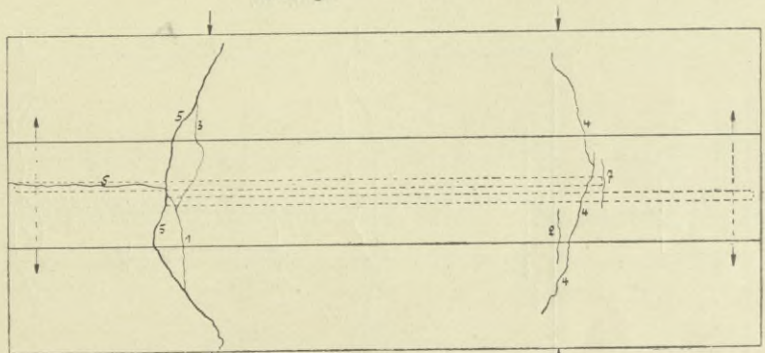
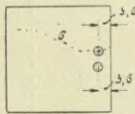


Abb. 33.

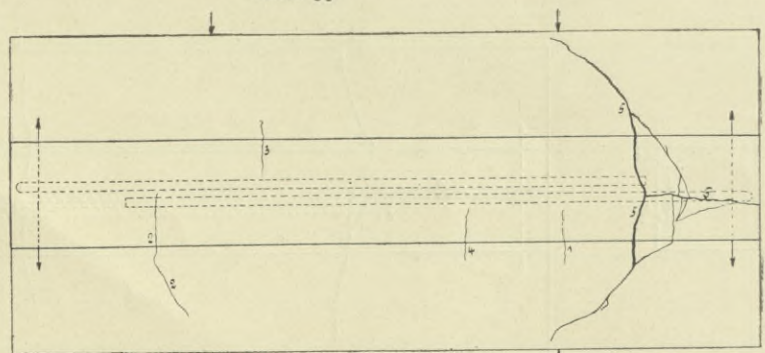
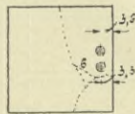


Abb. 34.

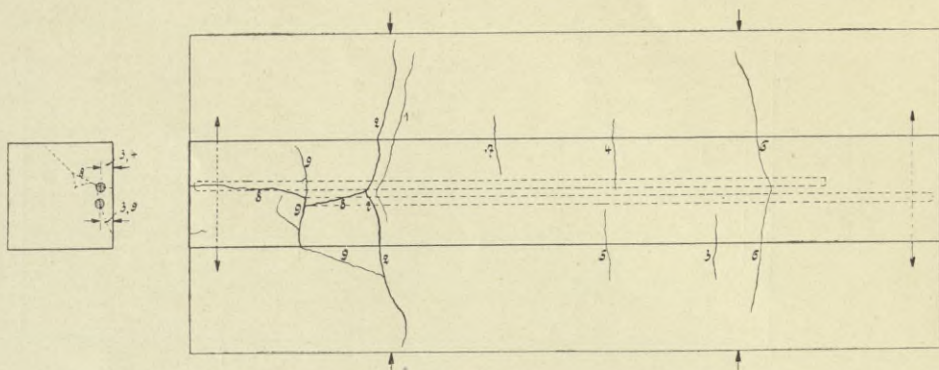


Abb. 35.

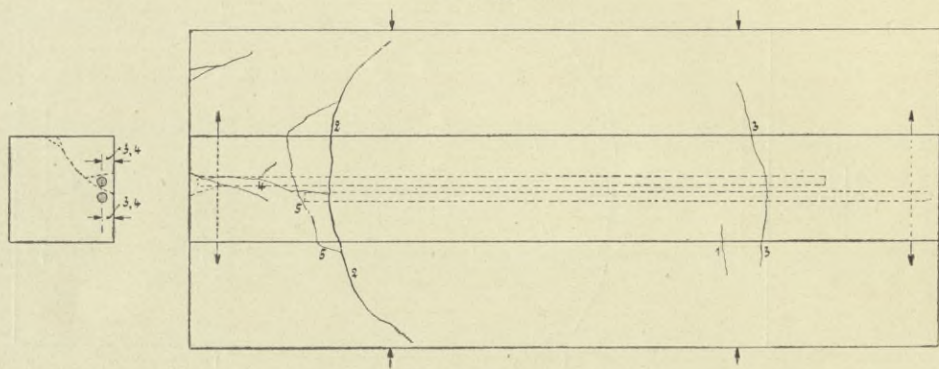


Abb. 36.

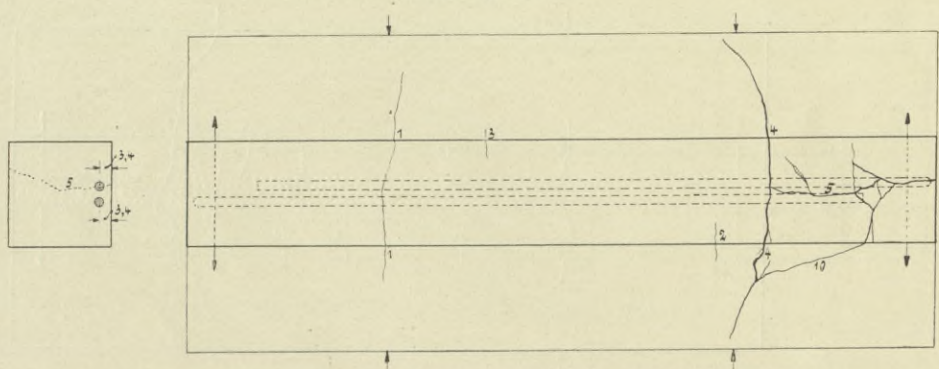


Abb. 37.

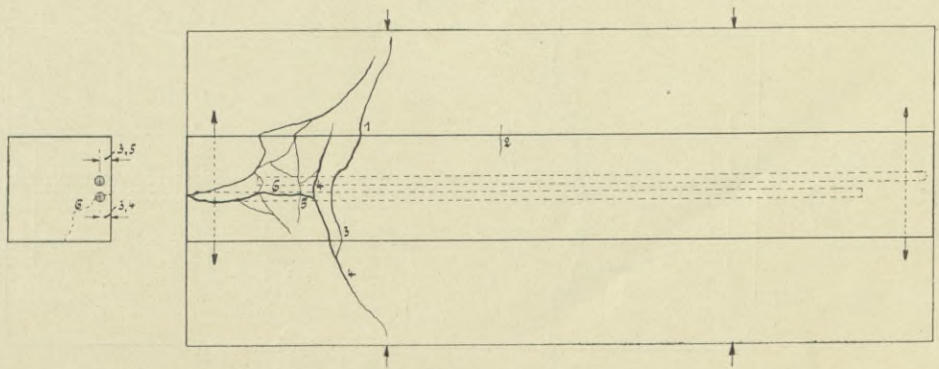


Abb. 38.

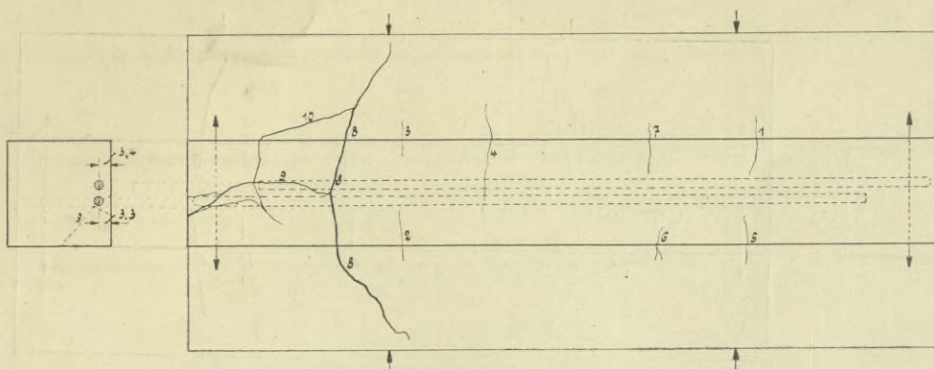


Abb. 39.

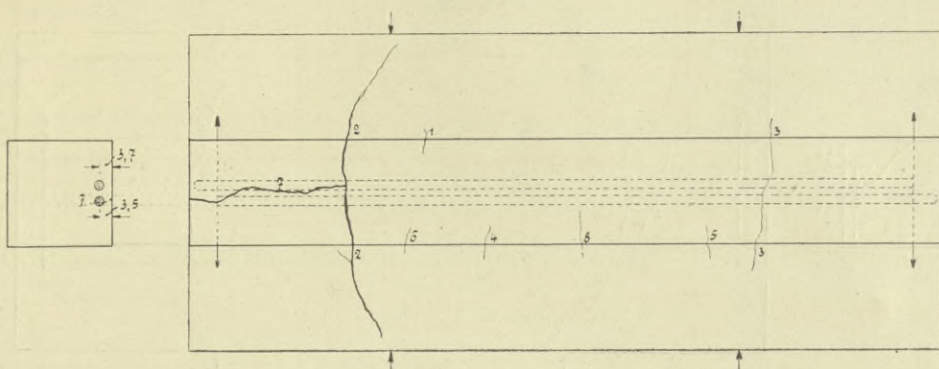


Abb. 40.

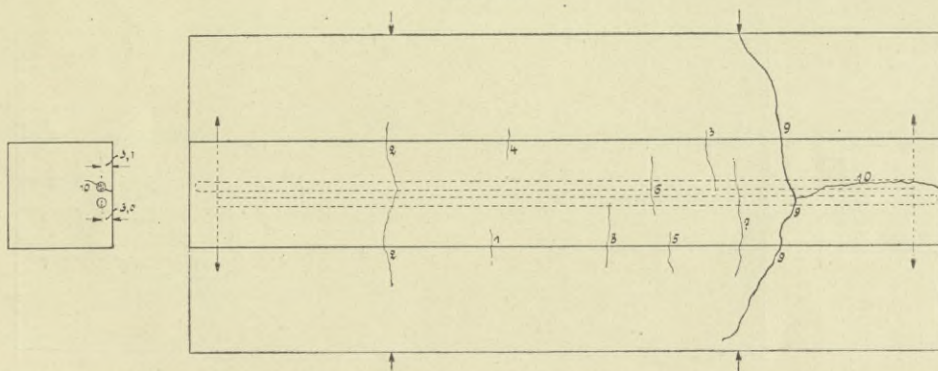


Abb. 41.

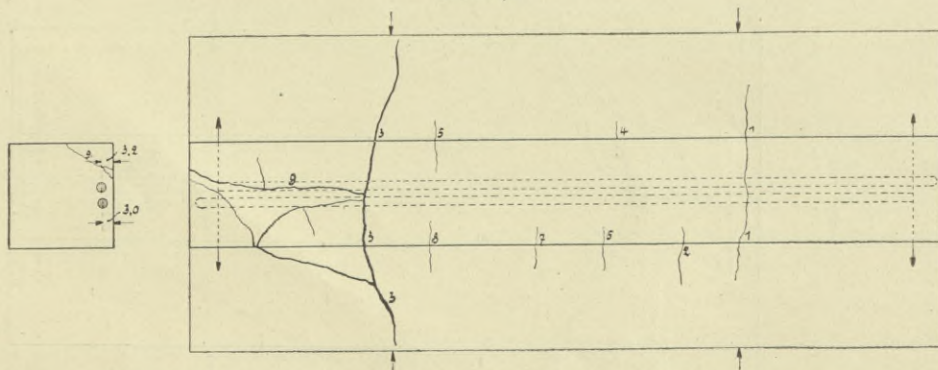


Abb. 42.

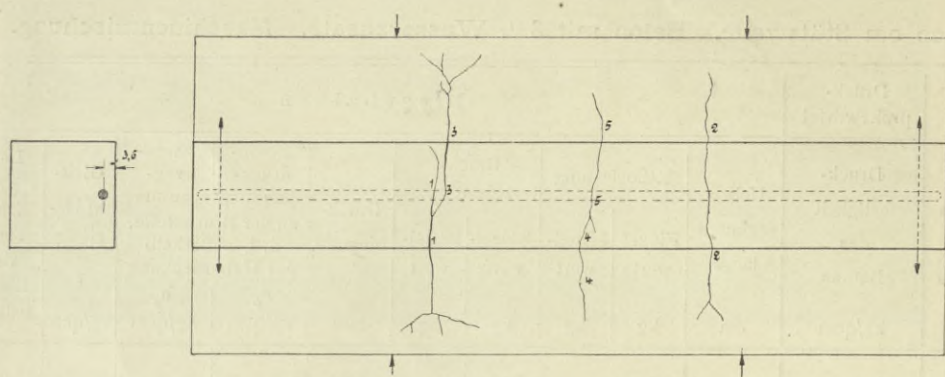


Abb. 43.

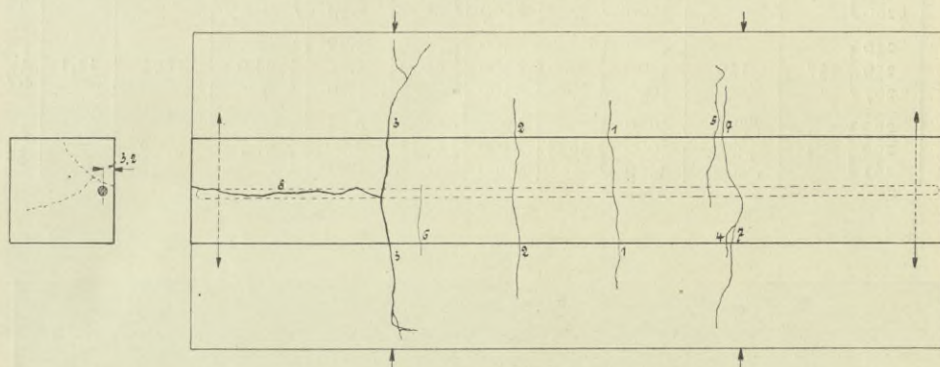


Abb. 44.

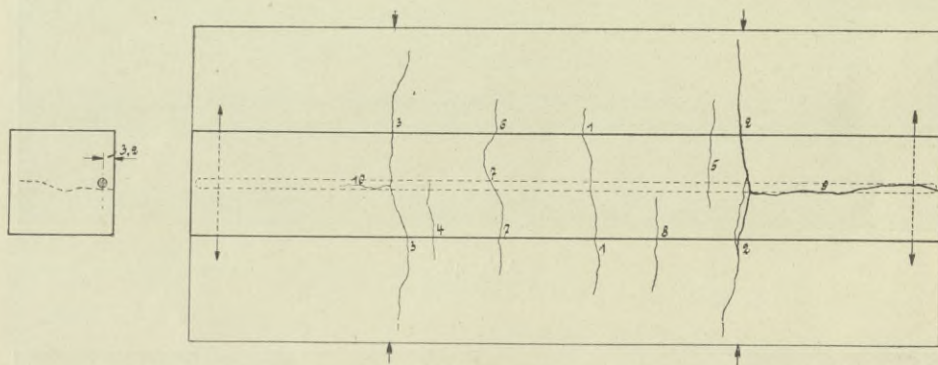


Abb. 45.

300 cm Stützweite. Beton mit 8 % Wasserezusatz. Maschinenmischung.

No. des Balkens oder Würfels	Druck- probewürfel	Biegebalken									
	Druck- festigkeit des Betons kg/qcm	Ueber- deckungs- länge cm	Rißbelastung		Bruch- belastung		Durch- biegung mm	Beton- druck- spannung an der Bruchstelle, d. i. außerhalb der Ueberdeckung σ_b kg/qcm	Eisen- zug- spannung an der Bruchstelle, d. i. außerhalb der Ueberdeckung σ_e kg/qcm	Gleit- wider- stand τ kg/qcm	Lage der Bruch- stelle der Biege- balken
			Einzel- werte	Mittel- wert	Einzel- werte	Mittel- wert					
			kg	kg	kg	kg					
1	264	125	3500	3500	8500	8500	5,09	94,0	2895	14,5	s. Abb. 46—48
2	271		3500		8500		6,20				
3	260		3500		8500		6,40				
4	246	150	4000	4000	8500	8500	5,95	94,0	2895	12,1	s. Abb. 49—51
5	259		4000		8500		5,85				
6	267		4000		8500		5,80				
7	293	durch- gehende Eisen- einlage	4000	3833	9000	8833	8,32	97,7	3000	—	s. Abb. 52—54
8	299		4000		8500		8,90				
9	261		3500		9000		8,04				

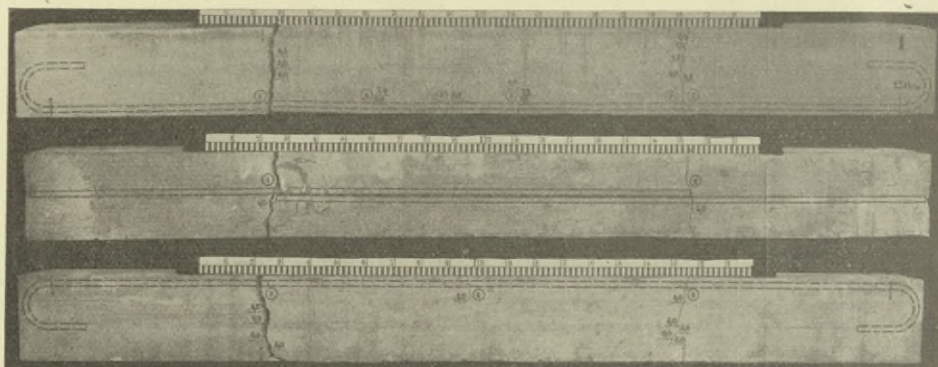


Abb. 46.

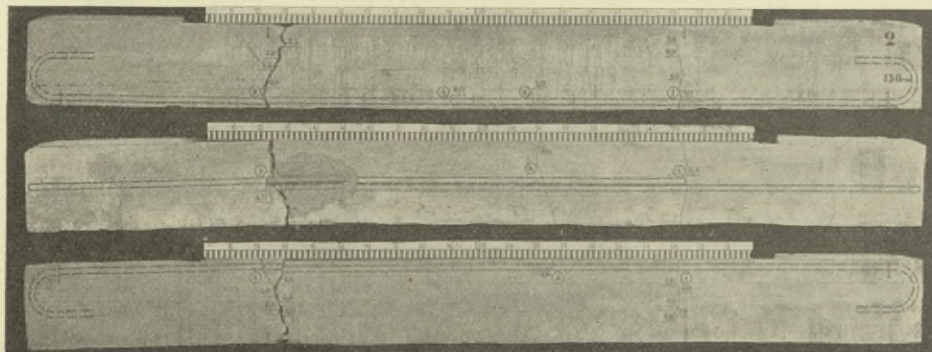


Abb. 47.

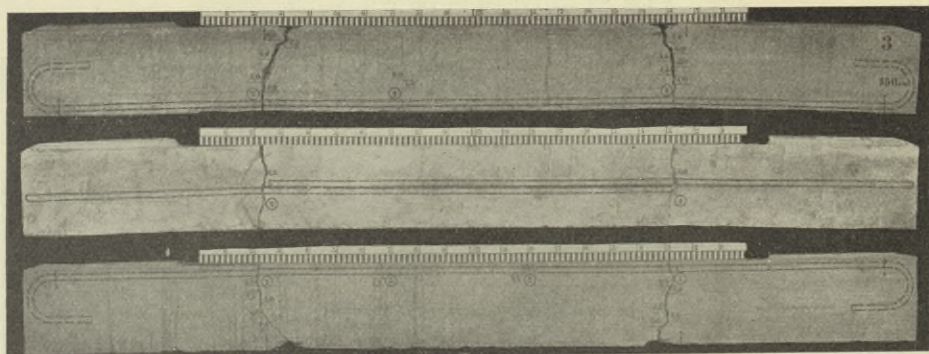


Abb. 48.

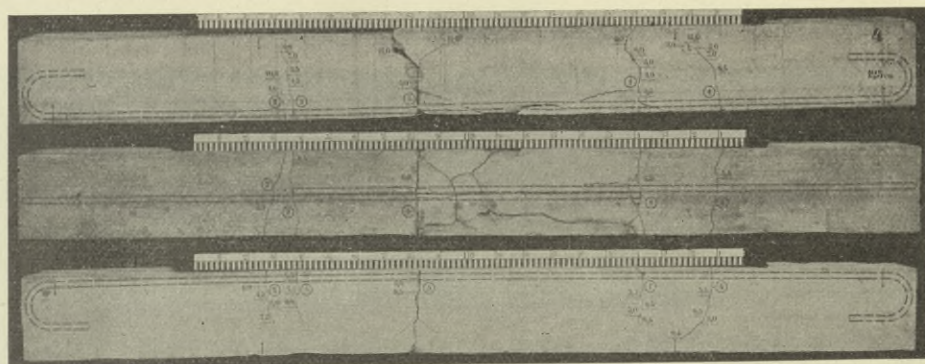


Abb. 49.

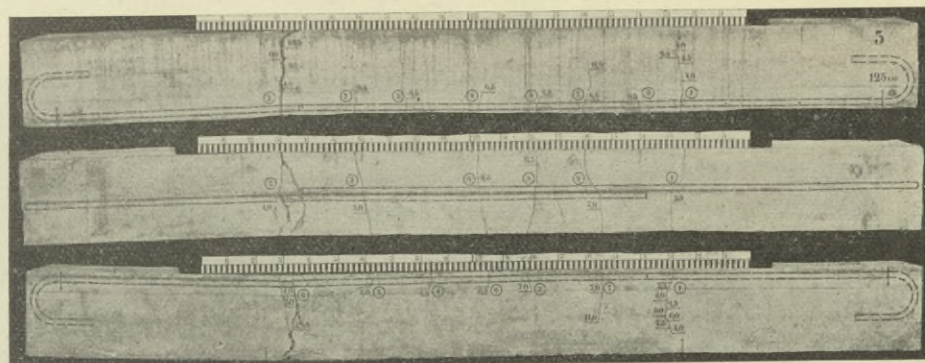


Abb. 50.

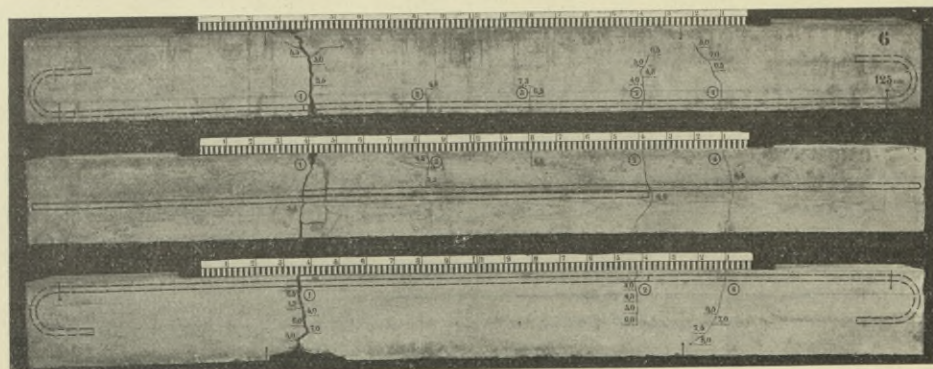


Abb. 51.

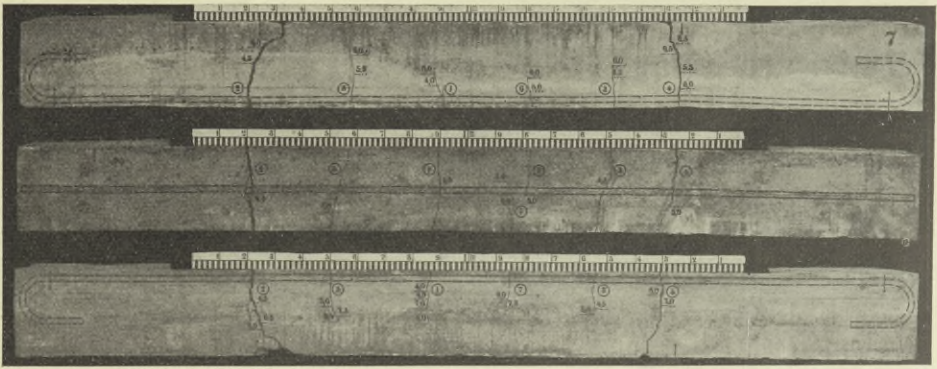


Abb. 52.

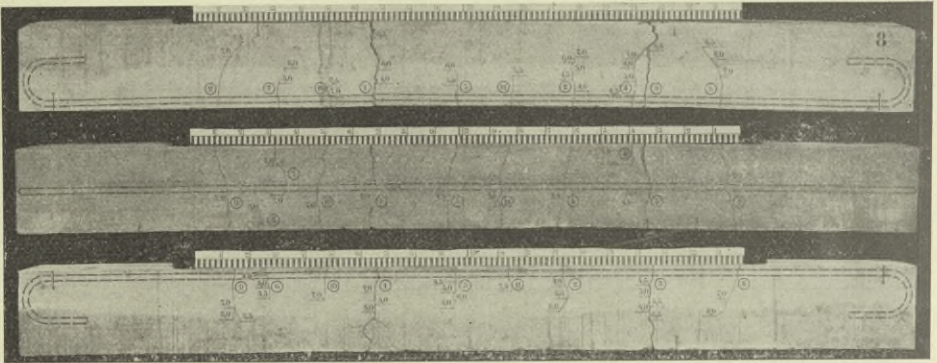


Abb. 53.

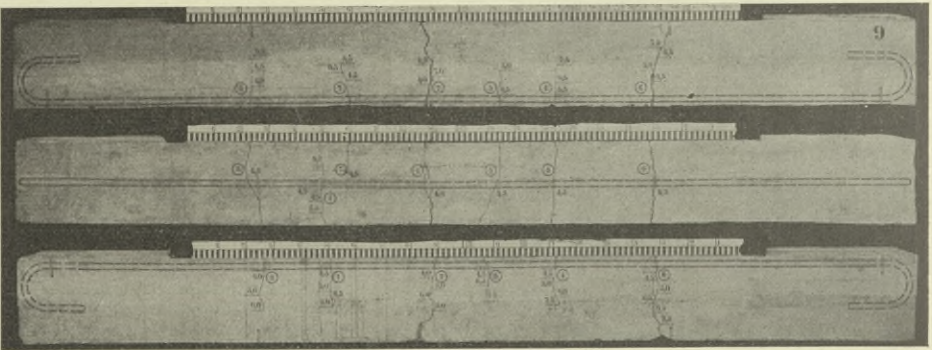


Abb. 54.

VI. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

1. Biegebalken mit 25, 50 und 75 cm Ueberdeckung der Eiseneinlagen, 200 cm Stützweite. (Beton mit 12 % Wasserzusatz. Handmischung.)

Die Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß die Ueberdeckungslänge auf die Belastung, bei welcher der erste Riß eintritt, von geringem Einfluß ist. Während nämlich bei 25 cm Ueberdeckung der erste Riß bei 2340 kg Belastung entstand, wurde er bei 50 und 75 cm Ueberdeckung durch die nur verhältnismäßig wenig höheren Belastungen von 3010 und 2734 kg hervorgerufen. Auf-

fällig ist dabei, daß die Reißbelastung bei 75 cm Ueberdeckung kleiner ist, als bei 50 cm.

Die Bruchbelastungen dagegen nehmen mit der Ueberdeckungslänge zu. Das Gesetz dieser Zunahme wird durch die Kurve a, Abb. 55 veranschaulicht.

Die Eisenzugspannungen erreichten mit 1265 kg/qcm ihren Höchstwert — entsprechend den Bruchbelastungen — bei 75 cm Ueberdeckung.

Der Gleitwiderstand nimmt jedoch mit zunehmender Ueberdeckungslänge ab, aber nicht proportional der letzteren, sondern nach einer Gesetzmäßigkeit, welche durch die Kurve b in Abb. 55 dargestellt wird.

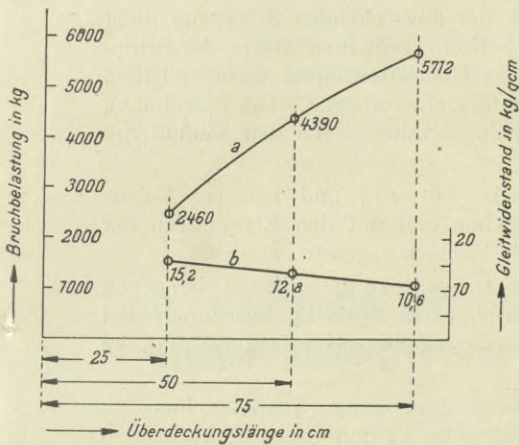


Abb. 55.

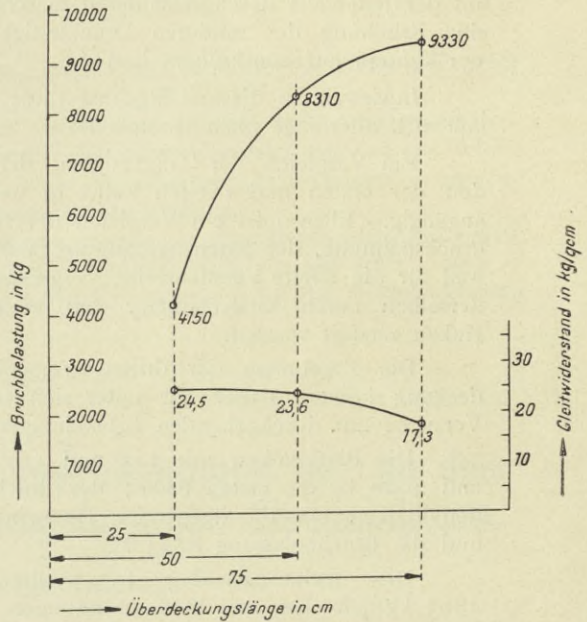


Abb. 56.

2. Biegebalken mit 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 und 200 cm Ueberdeckung der Eiseneinlagen. Zum Vergleich durchgehende Eiseneinlage. Stützweite 200 cm. (Beton mit 9 % Wasserzusatz. Handmischung.)

Aus den Versuchsergebnissen ist in erster Linie der erhebliche Einfluß der Verminderung des Wasserzusatzes zu erkennen. Gegenüber den Ergebnissen der vorhergehenden Versuchsreihe mit 12 % Wasserzusatz weist die mittlere Betonfestigkeit bei 9 % Wasserzusatz eine Steigerung um 84 % auf und auch der Gleitwiderstand, sowie die Reiß- und Bruchbelastung zeigen für die vergleichbaren Ueberdeckungslängen, d. h. für 25, 50 und 75 cm Ueberdeckung, eine sehr erhebliche Zunahme.

Die Reißbelastung ist um 77, 66 und 77 %, die Bruchbelastung um 69, 89 und 64 % gestiegen.

Ferner zeigt sich eine Zunahme der Bruchbelastung und eine Abnahme des Gleitwiderstandes mit der Ueberdeckungslänge. Abb. 56 läßt dieses Verhalten deutlich erkennen.

Wichtig ist die weitere Feststellung, daß die Balken selbst bei 75 cm Ueberdeckungslänge noch nicht die Tragfähigkeit der Balken mit einer durchgehenden Eiseneinlage, die zu 11 170 kg ermittelt wurde, besaßen. Der letztere Wert kann jedoch nicht als Höchstwert der Tragfähigkeit betrachtet werden, weil die Eisenfestigkeit insofern nicht voll ausgenutzt wurde, als der Bruch dadurch eintrat, daß die Haken an den Enden der Eiseneinlagen die Balken in der Längsrichtung aufsprengten, während der Beton auf der Druckseite unbeschädigt blieb.

3. Biegebalken mit 125 und 150 cm Ueberdeckung der Eiseneinlagen. Zum Vergleich durchgehende Eiseneinlage. Stützweite 300 cm. (Beton mit 8% Wasserzusatz. Maschinenmischung.)

Die Ergebnisse dieser dritten Versuchsreihe zeigen zunächst die Ueberlegenheit der Maschinenmischung gegenüber der Handmischung. Während zur Erzielung eines erdfeuchten Betons bei der zweiten Versuchsreihe 9% Wasserzusatz benötigt wurden, gestattete die maschinelle Herstellung des Betons die Verminderung des Wasserzusatzes auf 8%. Der geringere Wasserzusatz, in Verbindung mit der jedenfalls durchgreifenderen maschinellen Mischung der Betonmasse führte eine Erhöhung der mittleren Druckfestigkeit des Betons um 78%, d. i. von 151 kg/qcm auf 269 kg/qcm herbei.

Inwieweit an diesem Ergebnis diese beiden Faktoren einzeln beteiligt sind, läßt sich allerdings nicht feststellen.

Ein Vergleich der Tragfähigkeit der Biegebalken dieser Versuchsreihe mit den der ersten und zweiten Reihe ist wegen der abweichenden Stützweite nicht angängig. Ebenso ist ein Vergleich der rechnerisch ermittelten Werte der Betondruckspannung, der Eisenzugspannung und des Gleitwiderstandes nicht möglich, weil für die zweite Versuchsreihe Vergleichswerte nicht vorliegen. Die Berechnung derselben mußte unterbleiben, weil die Balken vorzeitig durch den Einfluß der Haken zerstört wurden.

Die Ergebnisse der dritten Versuchsreihe mit 125 und 150 cm Ueberdeckung können daher nur unter sich verglichen und mit den Ergebnissen der Versuche mit durchgehenden Eiseneinlagen in Beziehung gesetzt werden.

Die Biegebalken mit 125 und 150 cm Ueberdeckung erhielten bei 3500 und 4000 kg die ersten Risse; der Bruch erfolgte bei 8500 kg Belastung. Bei den Balken mit durchgehender Eiseneinlage betrug die Reißbelastung 3833 kg und die Bruchbelastung 8833 kg.

Die rechnungsmäßig festgestellte Eisenzugspannung beträgt hiernach 2895 kg/qcm bei den Stoßverbindungen und 3000 kg/qcm bei durchgehenden Eiseneinlagen, bezogen auf die Bruchbelastung.

Der Gleitwiderstand ergibt sich zu 14,5 kg/qcm bei 125 cm Ueberdeckung und 12,1 kg/qcm bei 150 cm Ueberdeckung.

Auffällig ist hierbei die Uebereinstimmung der Bruchbelastungen bei beiden Ueberdeckungen. Sie dürfte daher rühren, daß bei dieser Belastung bereits die Fließgrenze der Eiseneinlage überschritten war, so daß durch das Fließen des Eisens die Haftung des Betons am Eisen zerstört, d. h. der Gleitwiderstand vermindert und dadurch das Gleiten der Eiseneinlagen eingeleitet wurde.

Die etwas größere Tragfähigkeit der Balken mit durchgehenden Einlagen läßt sich dadurch erklären, daß, unterstützt durch die Verankerung der Eiseneinlagen durch die Haken, kein Gleiten stattfand, so daß die Balken sich allein durch die Eisendehnung unter der Fließbelastung weiter durchbogen und zum Bruche gelangten.

Da aber die Balken mit 125 cm Ueberdeckung bereits eine derartige Widerstandsfähigkeit besaßen, daß die Eiseneinlagen bis zur Fließgrenze beansprucht werden konnten, ohne daß Gleiten eintrat, und die Balken mit durchgehenden Eiseneinlagen nur eine unwesentlich größere Tragfähigkeit besaßen als diese, darf angenommen werden, daß unter den vorliegenden Verhältnissen eine Ueberdeckung von 125 cm ausreicht, um ein durchgehendes Eisen zu ersetzen.

Hieraus und mit Rücksicht auf die Ergebnisse der Versuche mit den Balken mit 150 cm Ueberdeckungslänge ergibt sich für die Balken der dritten Versuchsreihe, daß es unmöglich ist, durch Vergrößerung der Ueberdeckungslänge (innerhalb einer Strecke gleichen Biegemomentes wie bei den vorliegenden Balken)

die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Die Eiseneinlagen werden stets durch das Fließen gelockert werden, so daß die Haftung am Beton vermindert, die Spannungsverteilung über den Balkenquerschnitt geändert und der Bruch eingeleitet wird.

VII. Schlußfolgerungen.

Aus den Ergebnissen der drei Versuchsreihen folgt, daß

1. die Festigkeit des Betons und der Gleitwiderstand der Eiseneinlagen durch Verminderung des Wasserzusatzes eine erhebliche Steigerung erfahren,
2. die Maschinenmischung bei der Betonbereitung der Handmischung überlegen ist,
3. der Gleitwiderstand der Eiseneinlagen mit zunehmender Einbettungslänge abnimmt,
4. unter Voraussetzung gleicher Verhältnisse wie bei den vorliegenden Versuchen der dritten Versuchsreihe eine Stoßverbindung von 125 cm Ueberdeckungslänge bei geraden, nicht umgebogenen Eiseneinlagen ausreicht, um eine durchgehende Eiseneinlage zu ersetzen,
5. die Anwendung solcher Stoßverbindungen im allgemeinen nicht empfohlen werden kann, weil ihre Festigkeit in hohem Maße von den unter 1. und 2. genannten Faktoren, nämlich Wasserzusatz und Art der Betonbereitung, abhängig ist.

B. Versuche mit Stoßverbindungen mit an den Enden hakenförmig umgebogenen Eiseneinlagen.

I. Versuchsplan.

Durch die Versuche sollte ermittelt werden, ob eine der in Abb. 57 bis 65 dargestellten Stoßverbindungen geeignet sei, eine durchgehende Eiseneinlage nach Abb. 66 zu ersetzen.

Als Probekörper wurden, wie bei den Versuchen unter A, Biegebalken von 30×30 cm Querschnitt und 216 cm Länge, entsprechend einer Stützweite von 200 cm und einer Entfernung der Lastangriffspunkte von 100 cm benutzt.

Die Eiseneinlagen sollten aus Rundeisen von 2,5 und 1,8 cm Durchmesser bestehen.

Die Einlagen mit 2,5 cm Durchmesser sind bei den Stoßverbindungen nach Abb. 57, 58, 59, 62, 64 und 65 benutzt, während die mit 1,8 cm Durchmesser gemeinschaftlich mit 2,5 cm starken Eiseneinlagen bei den Verbindungen nach Abb. 60, 61 und 63 verwendet sind, wobei zwei Eisen mit 1,8 cm Durchmesser ein solches mit 2,5 cm Durchmesser ersetzen.

Die Ueberdeckungslängen L (s. Abb. 67) betragen 25, 50 und 75 cm.

Der Versuchsplan umfaßte hiernach:

1. Prüfung der verwendeten Baustoffe.
2. Prüfung von je 3 Balken mit den in Abb. 57 bis 65 dargestellten Stoßverbindungen.
3. Prüfung von 3 Balken mit einer durchgehenden, an den Enden mit Haken versehenen Eiseneinlage nach Abb. 66.
4. Prüfung von 3 Balken ohne Eiseneinlage.

Hierüber:

Kontrollprüfung des Betons auf Druckfestigkeit.

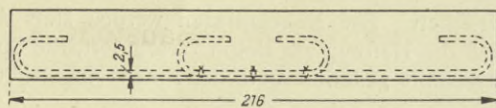


Abb. 57.

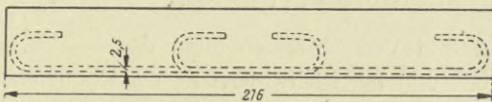
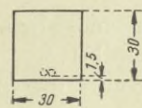


Abb. 58.

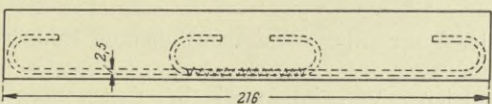
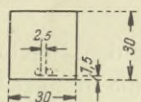


Abb. 59.

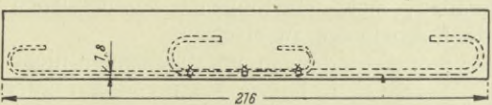
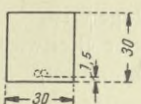


Abb. 60.

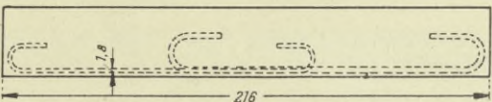
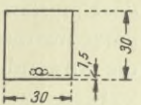


Abb. 61.

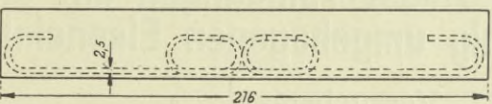
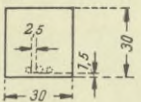


Abb. 62.

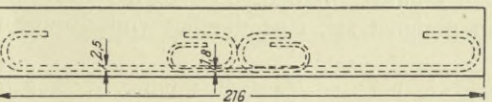
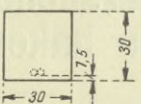


Abb. 63.

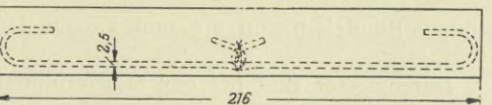
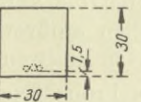


Abb. 64.

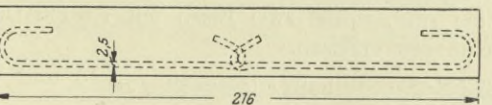
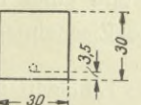


Abb. 65.

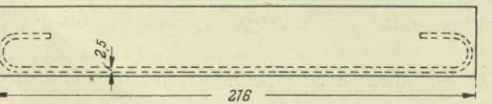
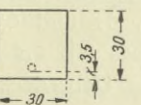


Abb. 66.

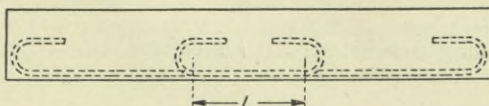
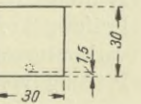


Abb. 67.

II. Prüfung der verwendeten Baustoffe.

1. Zement

der Oppelner Portlandzement-Fabriken vorm. F. W. Grundmann in Oppeln.

Der Zement lieferte bei normengemäßer Prüfung im Alter von 28 Tagen eine mittlere

Zugfestigkeit von 28,4 kg/qcm¹⁾ und 39,1 kg/qcm²⁾ und
Druckfestigkeit von 346 kg/qcm¹⁾ und 431 kg/qcm²⁾.

Die Abbindezeit betrug $7\frac{1}{2}$ Stunden bei einem Abbindebeginn von 4 Stunden.

2. Cossebauder Kies.

Der mittlere Dichtigkeitsgrad des eingerüttelten Kiesel betrug: 2,67.

Die Korngröße wechselte von 0—25 mm bei einem Gehalt von 80% Sand mit weniger als 7 mm Korngröße.

3. Eisen.

Siemens-Martin-Flußeisen der Königin-Marien-Hütte in Cainsdorf i. Sa.
Die Zerreißversuche lieferten folgende Mittelwerte:

Durchmesser	d = 1,8 cm	d = 2,5 cm
Fließgrenze σ_f	3070 kg/qcm	2660 kg/qcm
Zugfestigkeit K_z	4360 kg/qcm	4260 kg/qcm
Verhältnis $\frac{\sigma_f}{K_z}$	0,70	0,62
Bruchdehnung φ	29,9 %	31,3 %
bezogen auf 25 cm Meßlänge		
Querkusammenziehung ψ . .	55,4 %	66,0 %

III. Herstellung der Versuchskörper.

Die Herstellung der Versuchskörper erfolgte in einem gedeckten Raume in der Zeit vom 7. Februar 1911 bis 18. März 1911.

1. Betonmischung.

Die Betonmasse wurde durch Maschinenmischung in folgender Weise hergestellt.

Kiessand und Zement wurden eine Minute lang trocken gemischt. Während der folgenden halben Minute wurde das Anmachewasser zugesetzt und hiernach das Gemenge noch $2\frac{1}{2}$ Minuten lang weiter gemischt, so daß eine erdfeuchte Betonmasse mit 8% Wassergehalt entstand.

2. Formkasten.

Es gelangten dieselben Formkasten wie bei den Versuchen unter A zur Verwendung (s. S. 4).

3. Eiseneinlagen.

Die Eiseneinlagen besaßen die aus Abb. 57 bis 66 ersichtliche Form. Sie wurden mit der Säge auf Länge geschnitten und rostfrei mit der Walzhaut ver-

¹⁾ Nach den alten Normen, d. h. bei 1 Tag Lagerung in feuchter Luft und 27 Tage unter Wasser.

²⁾ Nach den neuen Normen, d. h. bei 1 Tag Lagerung in feuchter Luft, 6 Tage unter Wasser und danach 21 Tage wieder in feuchter Luft.

wendet. Die Haken, Considèrescher Form, wurden warm gebogen, ihre Abmessungen sind in Abb. 68 und 69 angegeben.

Zur Sicherung der Lage der Eiseneinlagen während des Einstampfens wurden sie mit Bindendraht zwischen den Wänden der Formkasten eingespannt.

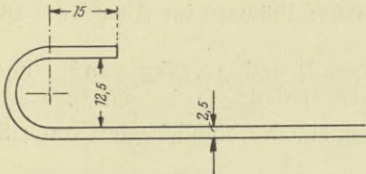


Abb. 68.

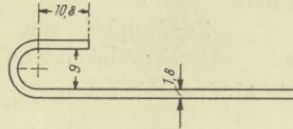


Abb. 69.

4. Einstampfen der Betonmasse.

Das Einstampfen der Betonmasse erfolgte in der gleichen Weise, wie für die Versuchsreihe A — vergl. Seite 4 —. Da jedoch bei einigen Stoßverbindungen die nahe beieinander liegenden Haken das gleichmäßige Einstampfen beeinträchtigten, konnte die beabsichtigte Stampfarbeit von 4800 mkg für jeden Balken nur angenähert eingehalten werden.

5. Lagerung der Probekörper.

Die Probek balken lagerten dauernd mit nassen Säcken bedeckt, und zwar einen Tag in den Formkasten, 4 weitere Tage auf der Grundplatte derselben und dann abgehoben bis zur Prüfung im geschlossenen Raume.

IV. Prüfung der Druckprobewürfel.

Die gleichzeitig mit den Biegebalken hergestellten Druckprobewürfel von 30 cm Kantenlänge besaßen eine mittlere Druckfestigkeit von 280 kg/qcm.

V. Prüfung der Biegebalken.

1. Versuchsausführung.

Die Prüfung der Biegebalken erfolgte im Alter von 45 Tagen in der auf S. 5 beschriebenen Weise. Sie erstreckte sich auf die Ermittlung:

- a) der Belastungen, bei denen Risse in den Balken entstanden,
- b) des Verlaufs und der Ausbreitung der Risse,
- c) der Bruchbelastung,
- d) der Durchbiegung der Mitte der Balken gegenüber den Enden.

2. Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in der folgenden Tabelle (S. 28 und 29) zusammengestellt. Mit aufgenommen wurden die Ergebnisse der Druckversuche mit den Betonwürfeln und außerdem die berechneten Werte der Betondruckspannungen und Eisenzugspannungen, und zwar für je einen Querschnitt innerhalb der Stoßverbindung und außerhalb derselben.

Bei den Balken nach Abb. 57 bis 63 wurde für die Berechnung als Querschnitt innerhalb der Ueberdeckung die Balkenmitte gewählt. Die Eisenzugspannungen sind sowohl für diejenige Stelle der Balken, an welcher der erste Riß erfolgte, als auch für die Bruchstelle angegeben¹⁾.

Die Abb. 70 bis 144 zeigen das Aussehen der Biegebalken nach den Versuchen, sie lassen den Verlauf der Risse erkennen. Die neben den Rissen angegebenen Zahlen entsprechen der Belastung, bei welcher der betreffende Riß entstand, und die horizontalen Linien deuten an, bis wohin sich der Riß bei jener Belastung erstreckte.

¹⁾ Bei der Berechnung ist mit Rücksicht auf den im vorliegenden Fall verhältnismäßig unbedeutenden Einfluß das Eigengewicht der Balken außer acht gelassen worden.

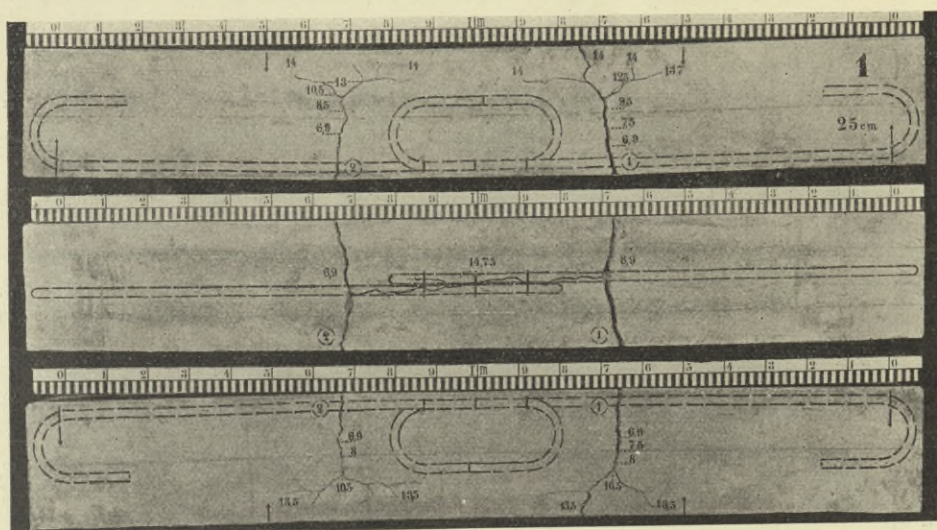


Abb. 70.

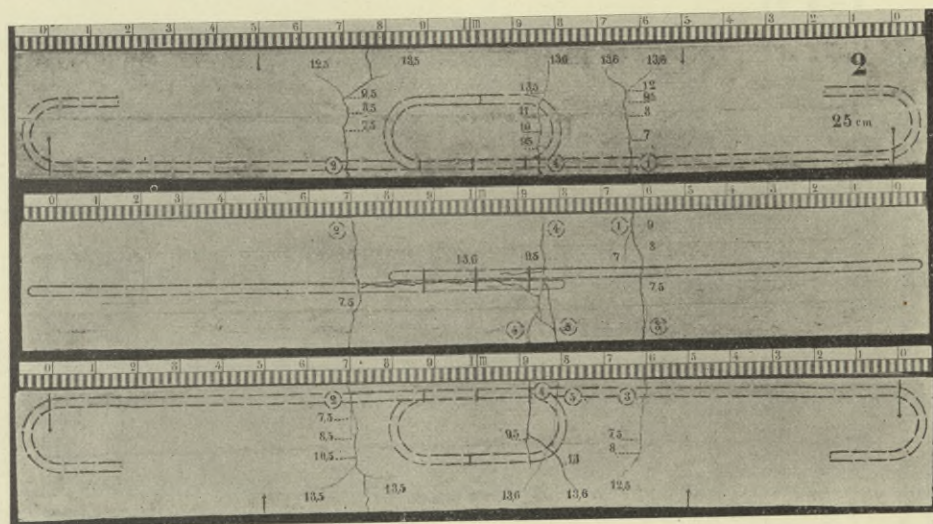


Abb. 71.

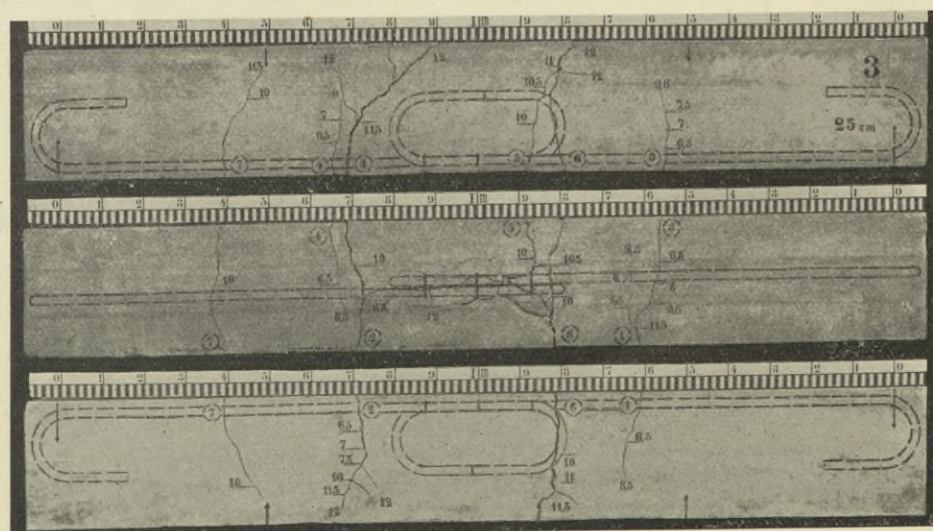


Abb. 72.

No. d. Be- ton- bal- kens	Art weh- rung s. Abb.	Ueber- dek- kungs- länge cm	Belastung bei Eintritt des ersten Risses		Bruchbelastung der Balken		Durchbiegung der Balken bei		Betondruck- spannung bei Rißbelastung σ_b		Eisenzugspannung bei Rißbelastung		Eisenzugspannung bei Bruchbelastung		Druck- probewürfel	
			Einzel- werte kg	Mittel- wert kg	Einzel- werte kg	Mittel- wert kg	Riß- be- lastung mm	Bruch- be- lastung mm	innerh. d. Ueber- deckung kg/qcm	außerh. d. Ueber- deckung kg/qcm	innerh. d. Ueber- deckung kg/qcm	außerh. d. Ueber- deckung kg/qcm	innerh. d. Ueber- deckung kg/qcm	außerh. d. Ueber- deckung kg/qcm	Einzel- werte kg/qcm	Mittel- wert kg/qcm
1	57	25	6900	6800	14 750	13 460	1,65	—	40	50	747	1435	1479	2841	283 271	275
2			7000		13 610		1,78	—								
3			6500		12 030		1,35	—								
4			6500		14 380		1,00	6,3	38	47	707	1357	1600	3073	277 266	272
5			6500	6430	14 000	14 560	1,25	—								
6			6300		15 300		1,20	—								
7	58	75	7000	6830	14 980	14 830	1,52	—	40	87	751	1442	1630	3122	222 206	214
8			6500		14 500		1,10	—								
9			7000		15 000		1,85	—								
10			5500		14 410		1,11	—								
11			5500	5500	14 000	14 010	0,75	6,25	32	41	605	1161	1540	2956	307 272	289
12			5500		13 610		0,90	—								
13	59	25	6200		15 080		1,25	—	36	45	678	1301	1707	3278	297 297	297
14			5800	6170	15 800	15 530	1,17	—								
15			6500		15 720		1,33	—								
16			6500		15 380		1,07	—	41	52	769	1477	1721	3305	234 230	232
17			7500	7000	16 000	15 660	1,60	—								
18			7000		15 600		1,20	—								
19	60	25	6000		13 630		1,50	—								
20			6500	6170	13 880	13 310	1,35	—	36	45	678	1301	1463	2808	284 273	279
21			6000		12 410		1,15	—								
22			6000		15 350		0,76	—								
23			7000	6830	15 180	15 380	1,04	—	40	50	759	1442	1690	3245	248 261	254
24			7500		15 600		0,96	—								
25	59	75	6500		15 320		1,08	—								
26			6500	6430	15 150	15 060	1,16	—	38	47	707	1358	1654	3175	257 249	253
27			6300		14 700		1,50	—								
28			7000		14 000		1,20	5,65								
29			7000	6870	12 500	13 000	1,12	5,74	40	51	736	1449	1393	2743	282 266	274
30			6600		12 500		1,00	5,60								
31	60	50	7000		14 100		1,25	—								
32			6800	7100	15 200	14 970	1,63	—	41	52	761	1498	1604	3158	294 288	291
33			7500		15 600		1,38	—								
34			7500		15 200		1,36	—								
35			7000	7830	14 180	14 930	0,99	—	46	58	839	1653	1600	3150	278 270	274
36			9000		15 400		1,29	—								

37	6500	6660	15 600	14 360	1,03	—	39	49	714	1407	1539	3030	270	271
38	7000	7000	13 980	13 360	1,16	—	—	—	—	—	—	—	273	—
39	6500	6500	13 500	13 360	1,25	5,95	—	—	—	—	—	—	—	—
40	7000	7000	16 800	16 500	1,32	—	40	50	732	1442	1768	3482	267	266
41	7000	7000	15 700	15 500	1,33	—	—	—	—	—	—	—	267	—
42	6500	6500	17 000	17 000	0,95	—	—	—	—	—	—	—	266	—
43	7000	7000	14 300	14 300	1,45	—	44	56	818	1611	1540	3030	282	272
44	7000	7000	14 700	14 360	1,65	—	—	—	—	—	—	—	262	—
45	8900	7630	14 100	14 360	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	6500	6170	10 000	9 800	1,01	—	46	46	1301	1301	2068	2068	293	285
47	6000	6000	9 800	9 800	1,30	—	—	—	—	—	—	—	277	—
48	6000	6000	9 600	9 600	0,87	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49	7100	6970	12 000	11 320	1,20	5,90	51	51	1470	1470	2389	2389	277	298
50	6800	6800	10 960	11 320	1,30	—	—	—	—	—	—	—	320	—
51	7000	7000	11 000	11 320	1,73	6,00	—	—	—	—	—	—	—	—
52	7400	7400	12 920	12 850	1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	7000	6800	12 640	12 850	1,45	—	50	50	1435	1435	2711	2711	320	312
54	6000	6000	12 980	12 850	1,10	—	—	—	—	—	—	—	304	—
55	7000	6830	11 100	11 370	1,45	—	49	50	1376	1442	2289	2400	293	291
56	6500	6500	12 020	11 370	0,85	—	—	—	—	—	—	—	289	—
57	7000	7000	11 000	11 370	1,07	4,75	—	—	—	—	—	—	—	—
58	7000	6670	12 000	12 420	1,01	6,65	48	49	1342	1407	2499	2620	314	308
59	6500	6500	12 750	12 420	0,99	7,15	—	—	—	—	—	—	302	—
60	6500	6500	12 500	12 420	1,15	6,30	—	—	—	—	—	—	—	—
61	6000	6000	13 080	13 550	0,93	11,10	48	49	1349	1414	2727	2859	310	307
62	7300	6700	13 480	13 550	1,93	8,15	—	—	—	—	—	—	304	—
63	6800	6800	14 080	13 550	1,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64	4500	4800	7 200	6 590	4,58	—	35	35	1013	1013	1391	1391	282	270
65	4900	4800	5 200	6 590	5,35	—	—	—	—	—	—	—	259	—
66	5000	4870	7 380	7 370	2,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
67	4900	4870	7 000	7 370	—	—	36	36	1010	1010	1555	1555	318	307
68	5000	4870	6 200	7 370	3,60	—	—	—	—	—	—	—	296	—
69	4700	4870	8 900	7 370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	6500	6300	14 150	14 290	1,68	—	47	47	1330	1330	3015	3015	302	295
71	6400	6300	14 310	14 290	1,37	—	—	—	—	—	—	—	288	—
72	6000	6000	14 400	14 290	1,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
73	4900	4870	4 900	4 870	0,69	0,69	27	27	—	—	—	—	298	303
74	4820	4870	4 820	4 870	0,80	0,80	—	—	—	—	—	—	309	—
75	4880	4880	4 880	4 880	0,96	0,96	—	—	—	—	—	—	—	—

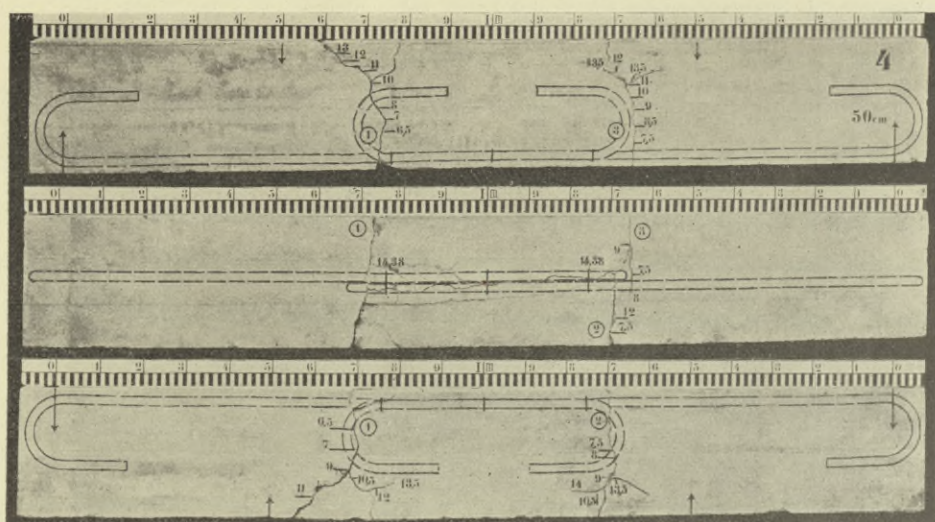


Abb. 73.

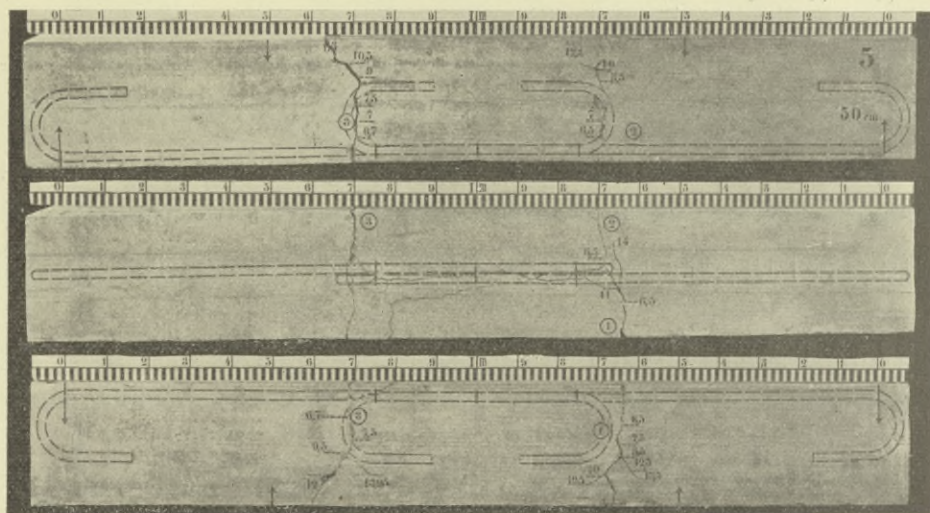


Abb. 74.

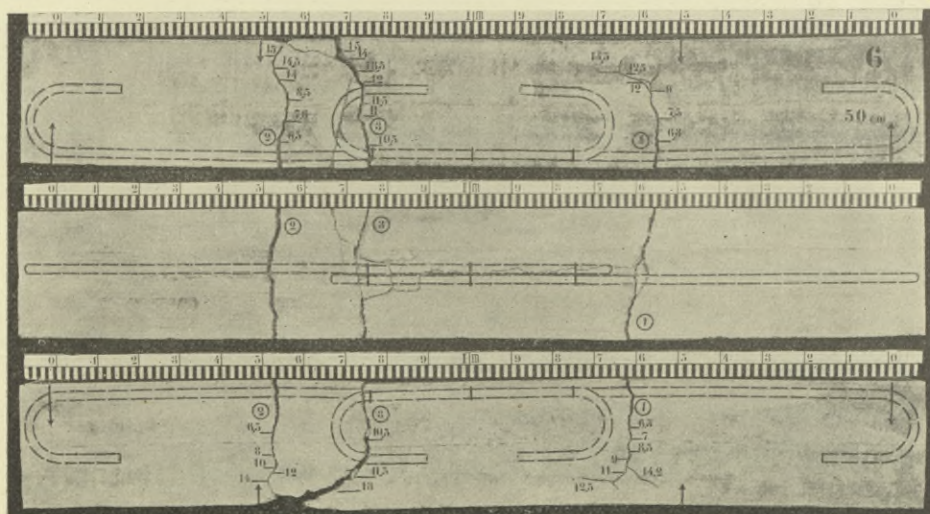


Abb. 75.

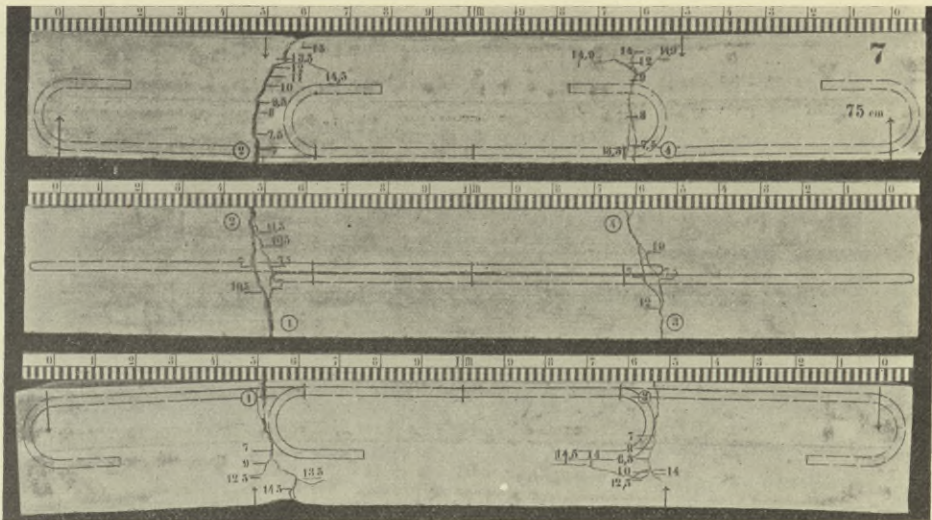


Abb. 76.

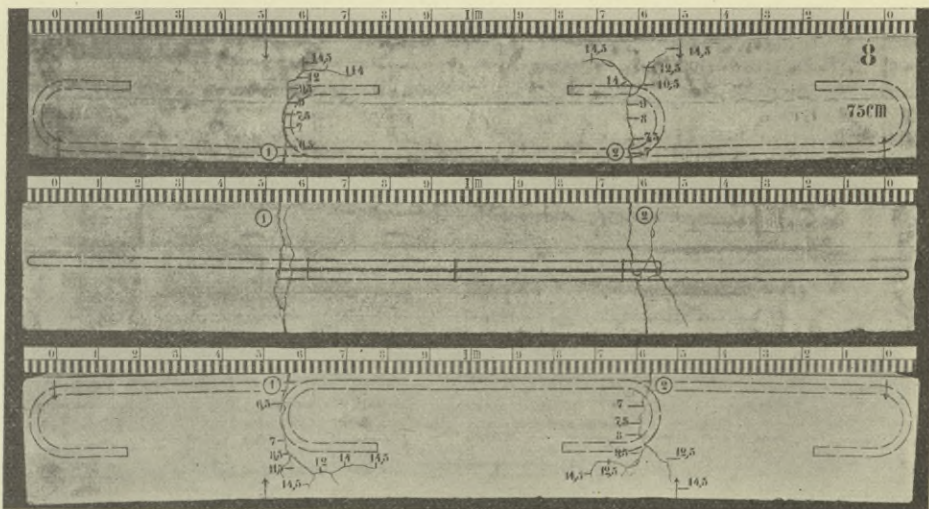


Abb. 77.

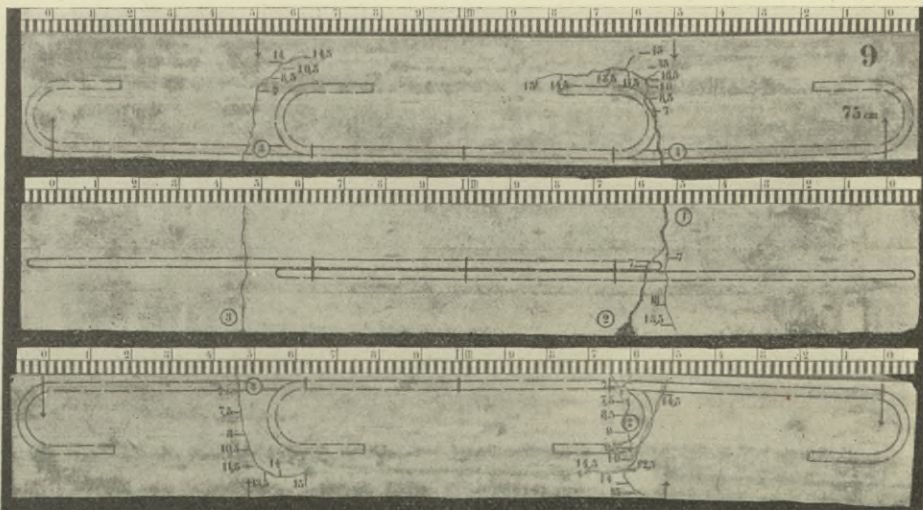


Abb. 78.

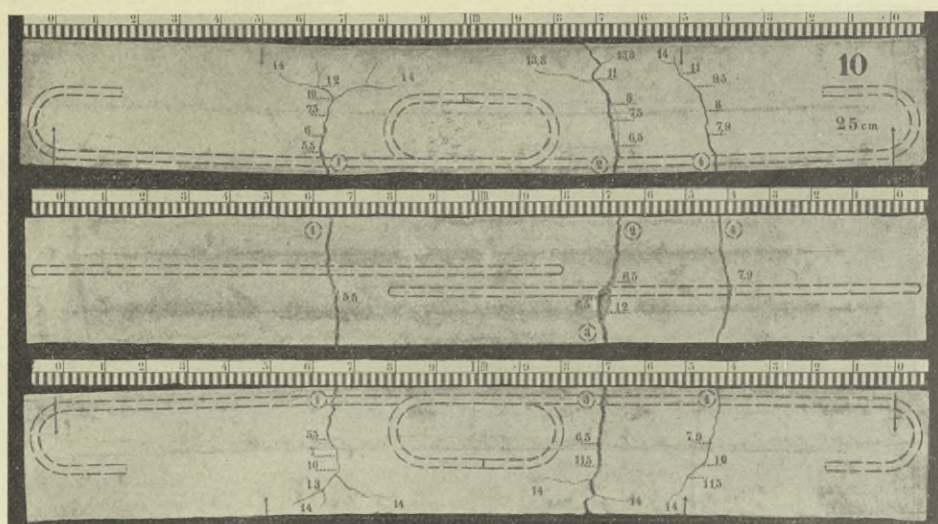


Abb. 79.

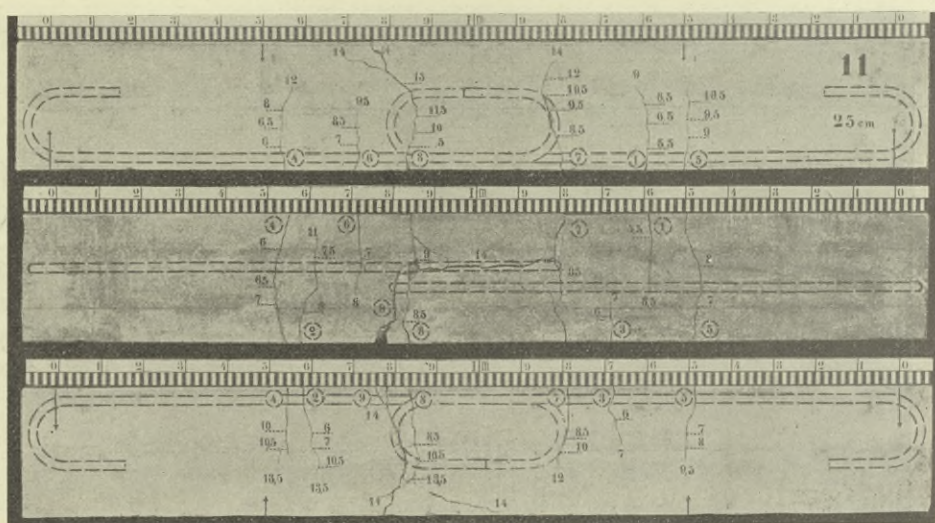
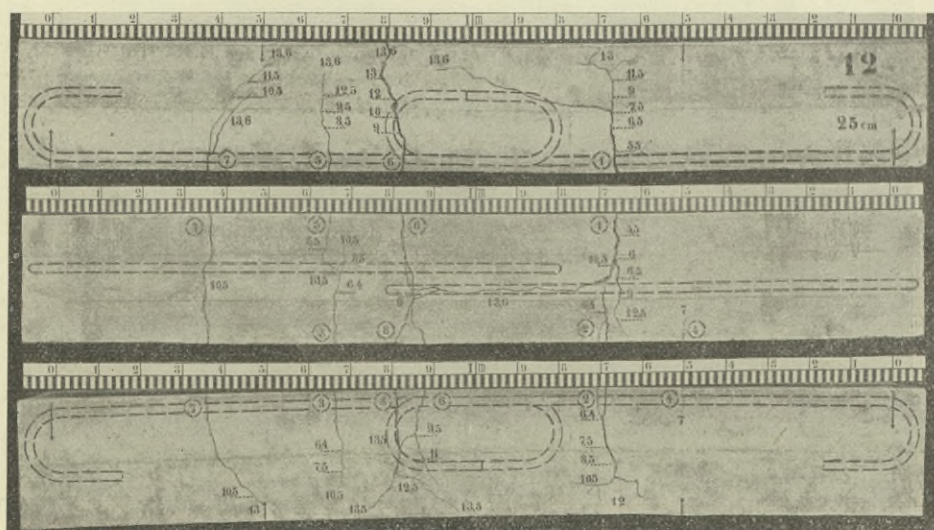


Abb. 80.



Abbb. 81.

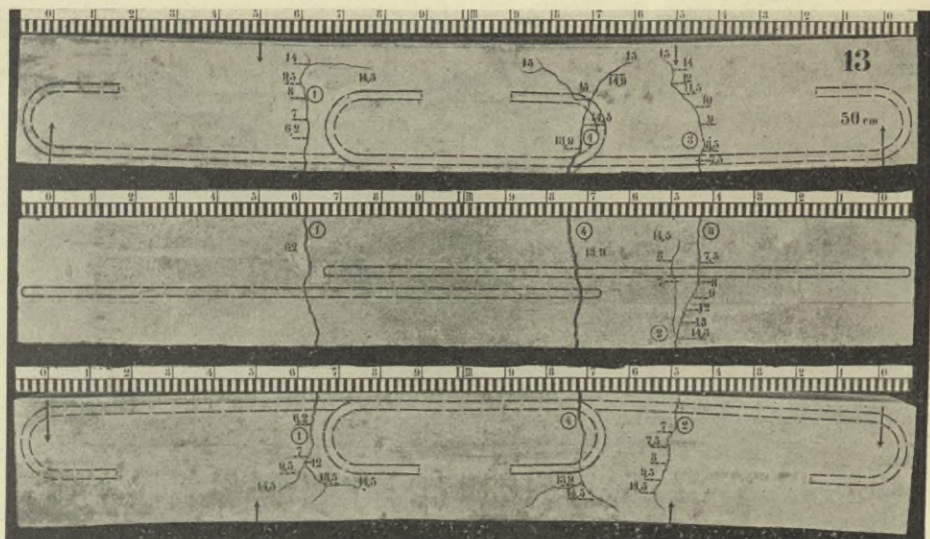


Abb. 82.

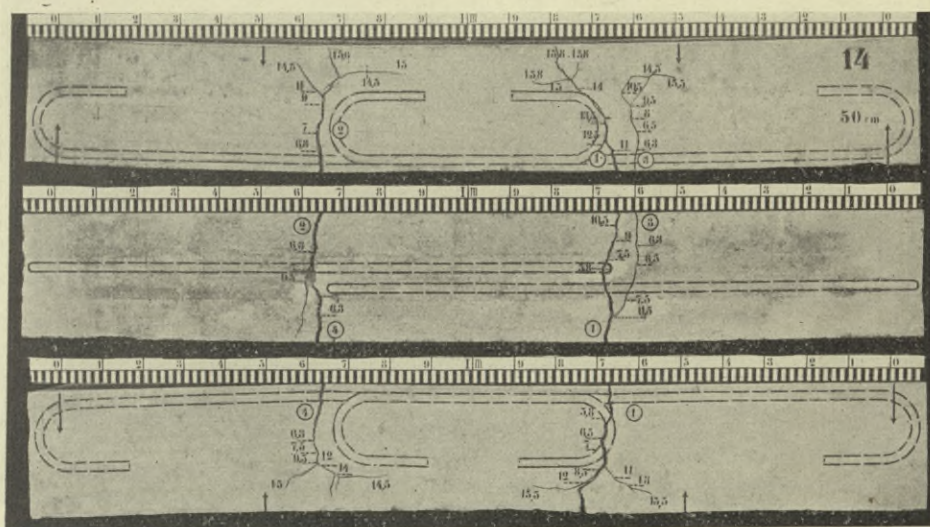
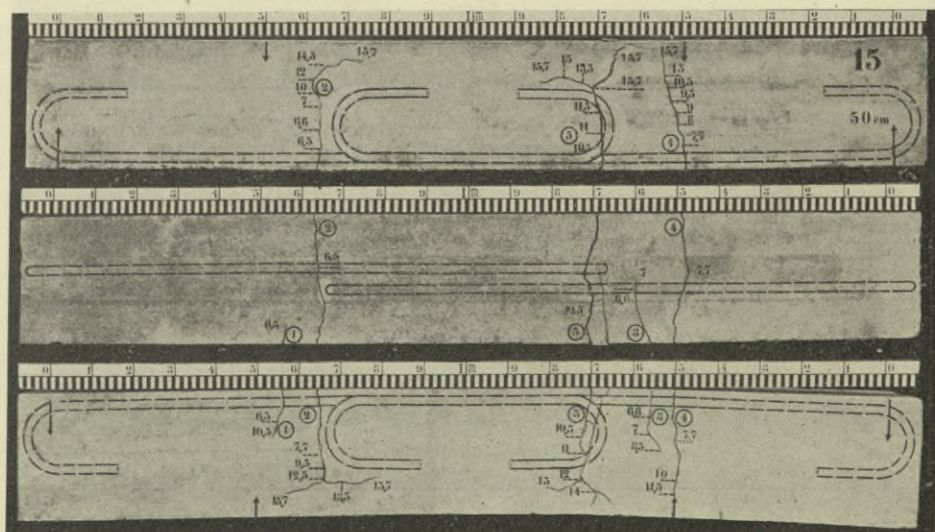


Abb. 83.



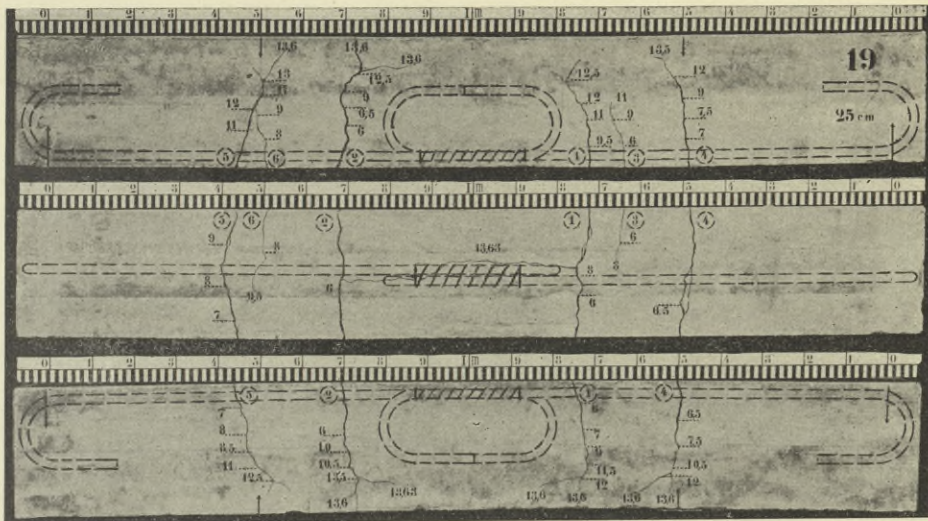


Abb. 88.

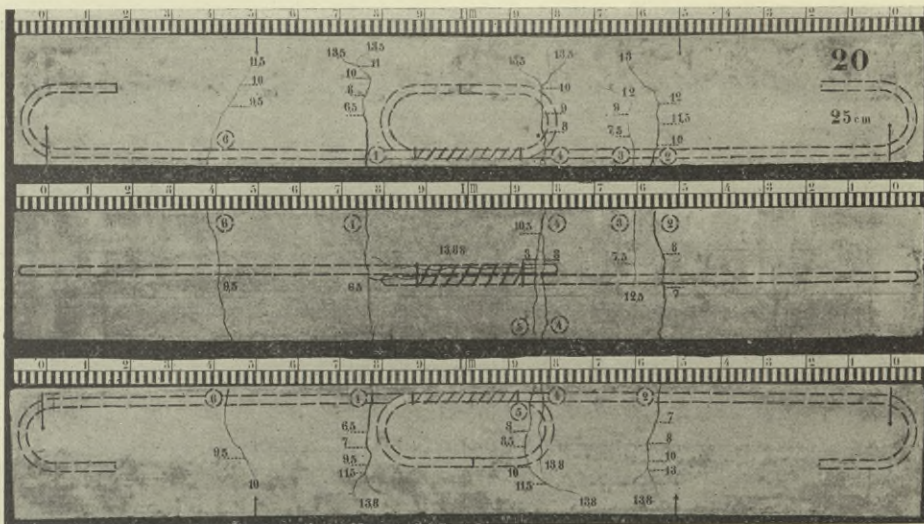


Abb. 89.

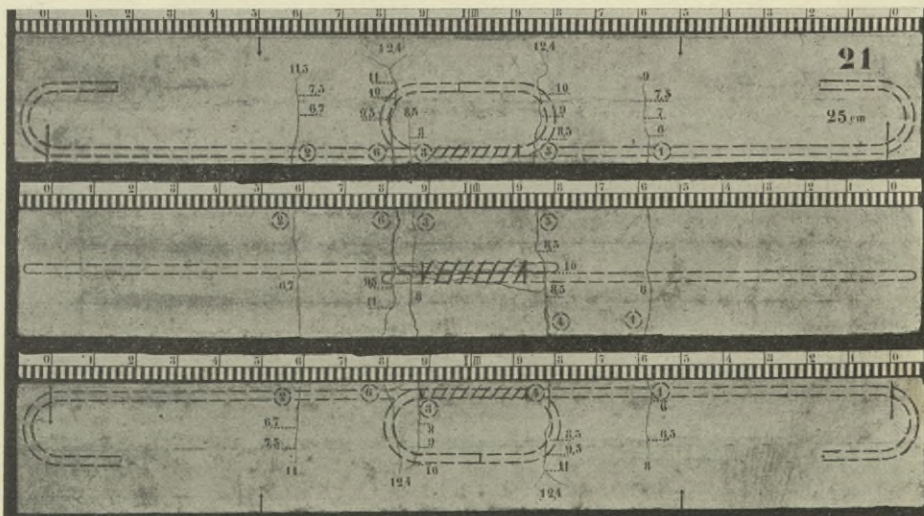


Abb. 90.

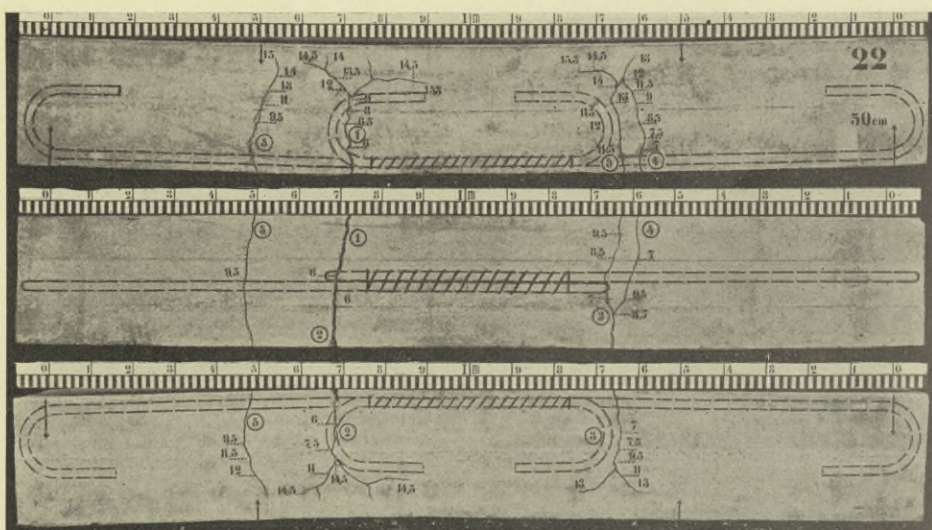


Abb. 91.

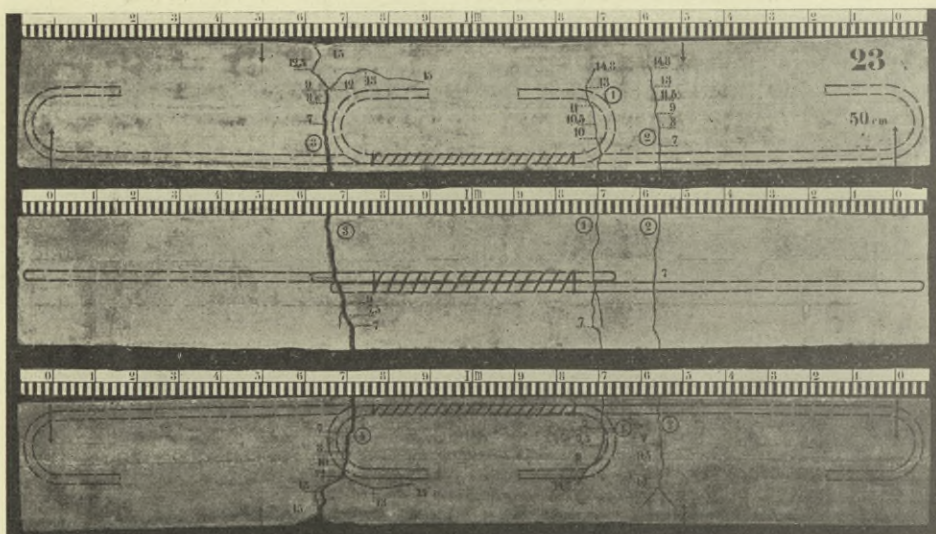


Abb. 92.

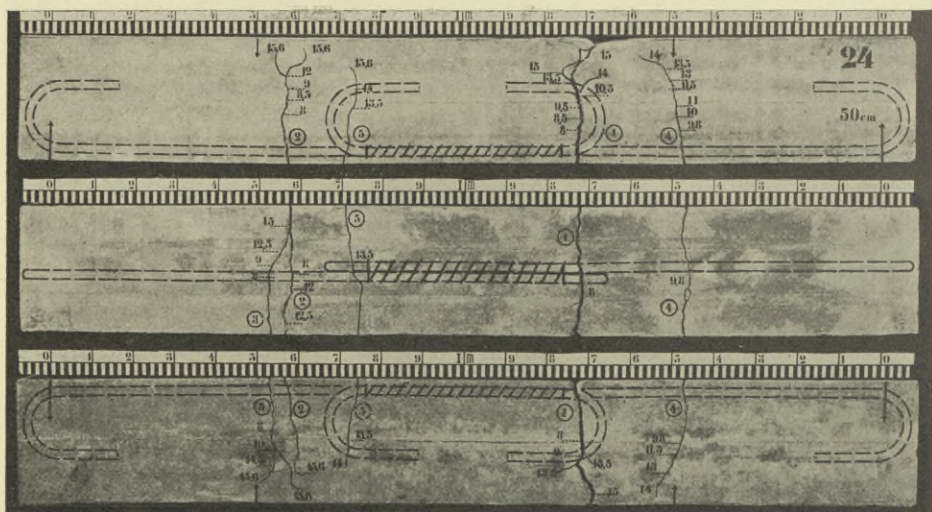


Abb. 93.

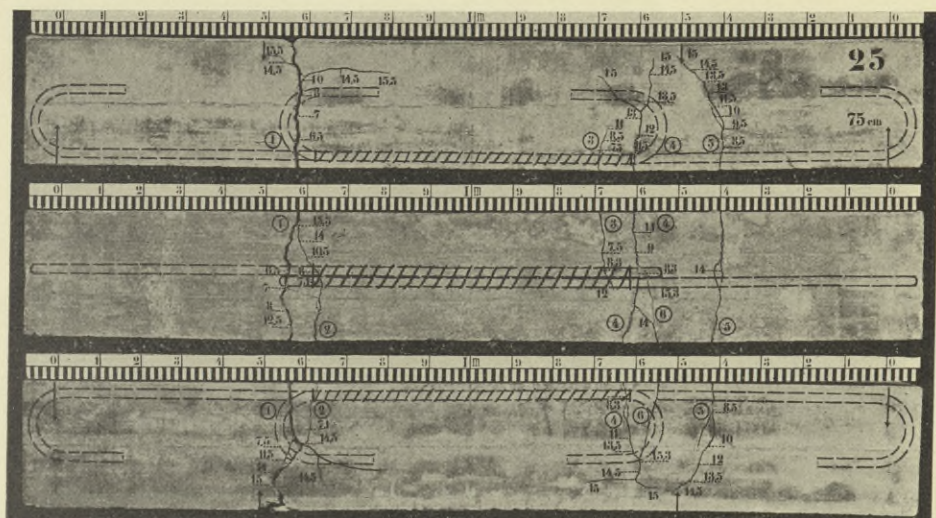


Abb. 94.

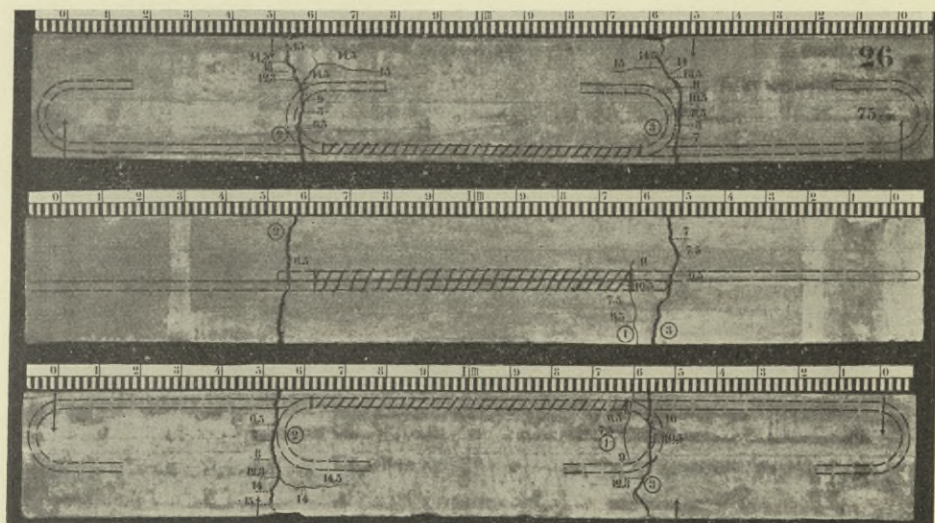


Abb. 95.

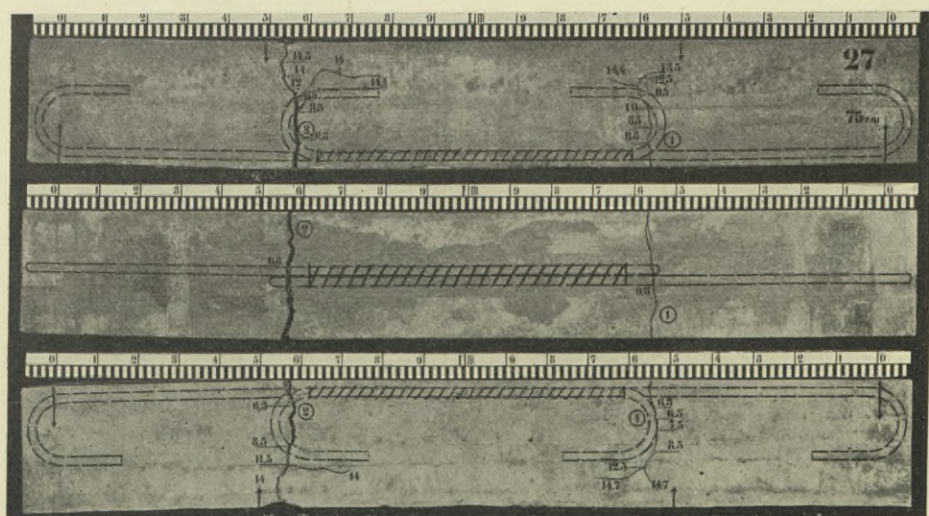


Abb. 96.

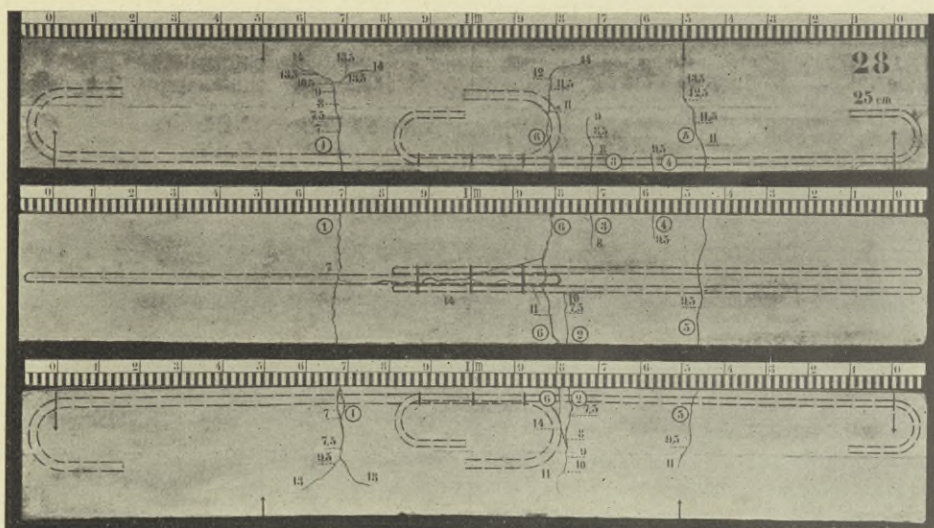


Abb. 97.

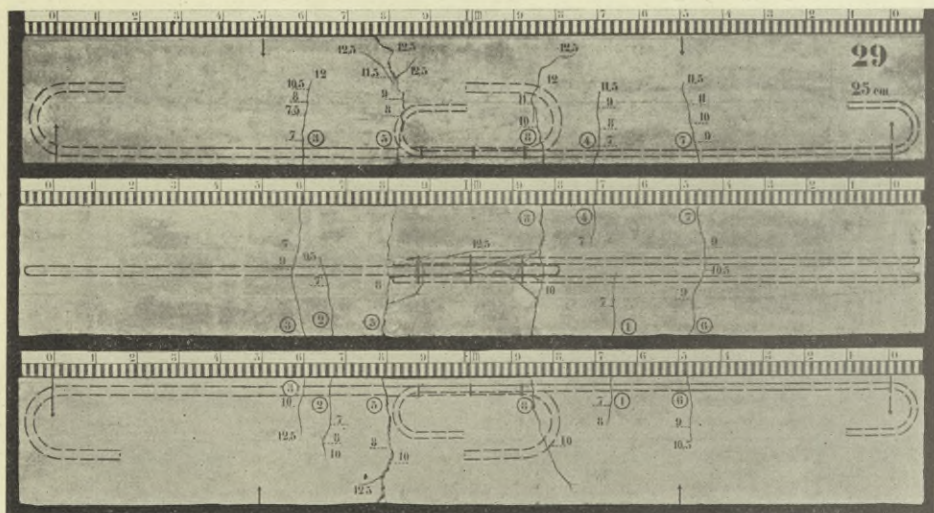


Abb. 98.

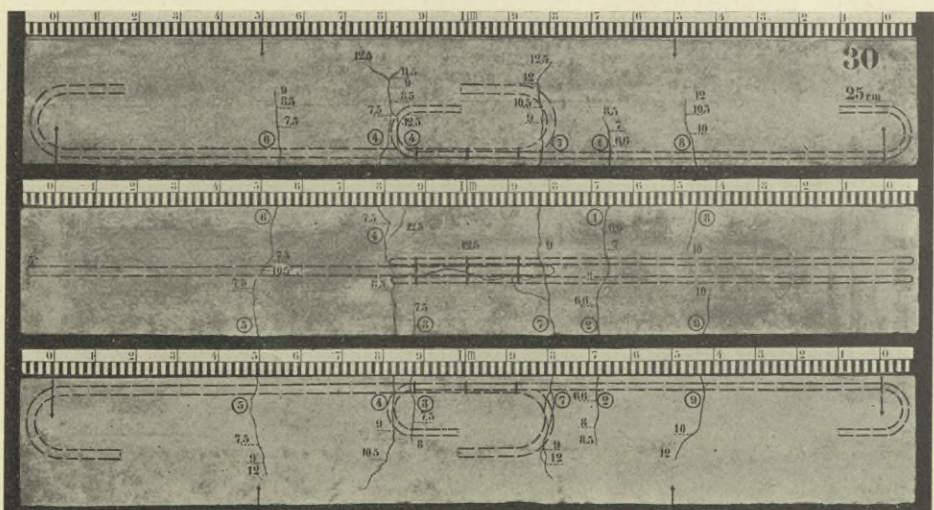


Abb. 99.

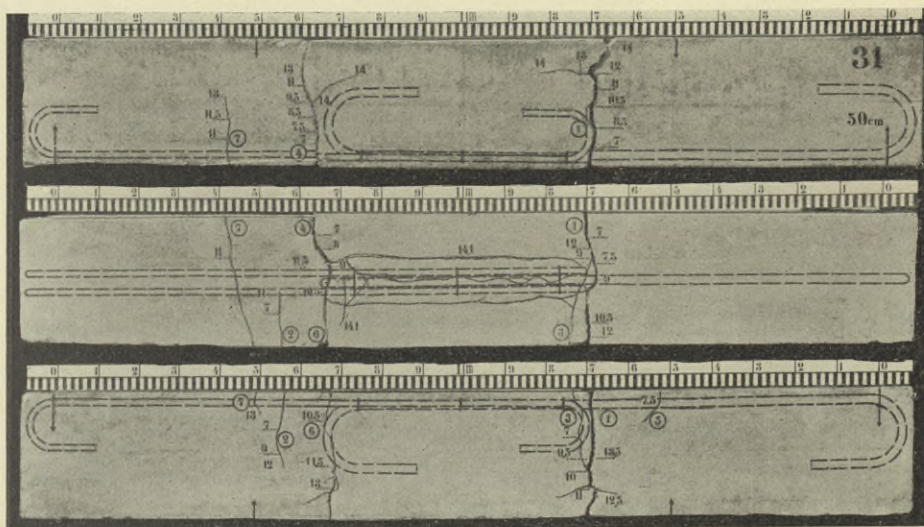


Abb. 100.

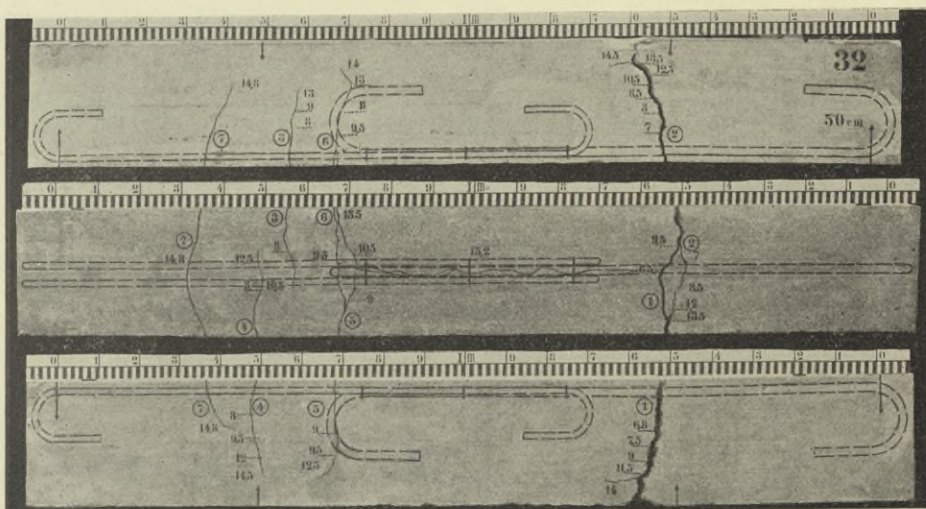


Abb. 101.

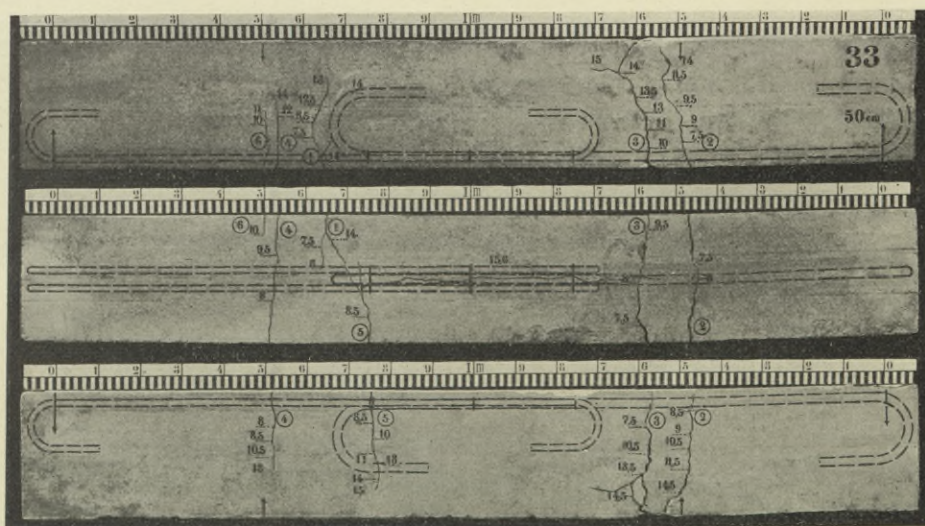


Abb. 102.

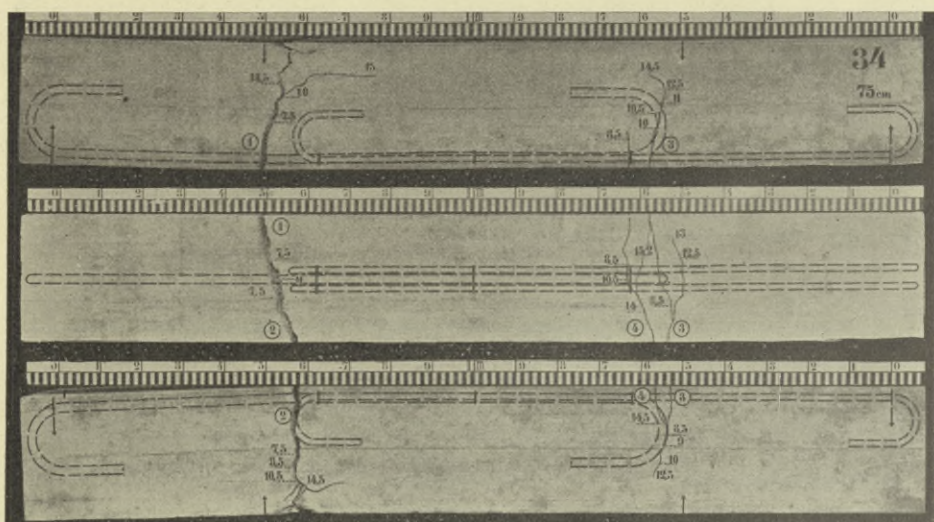


Abb. 103.

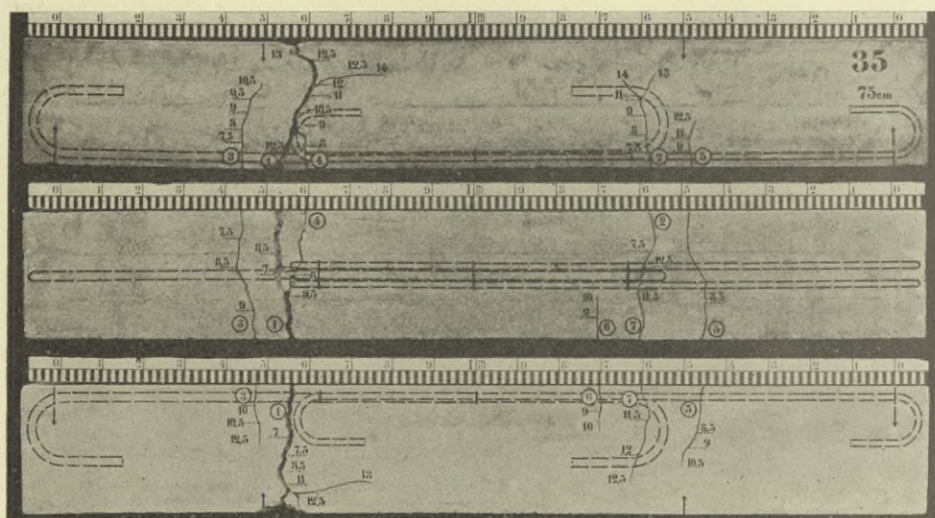


Abb. 104.

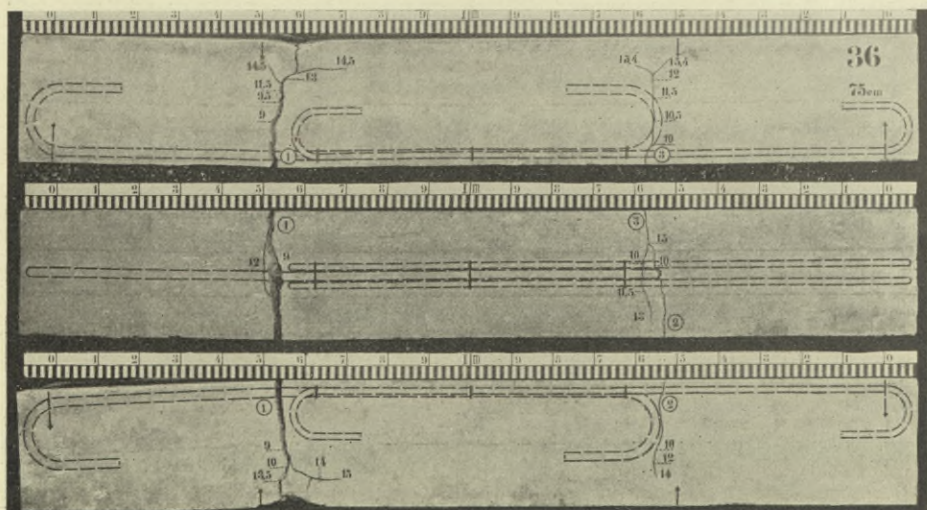


Abb. 105.

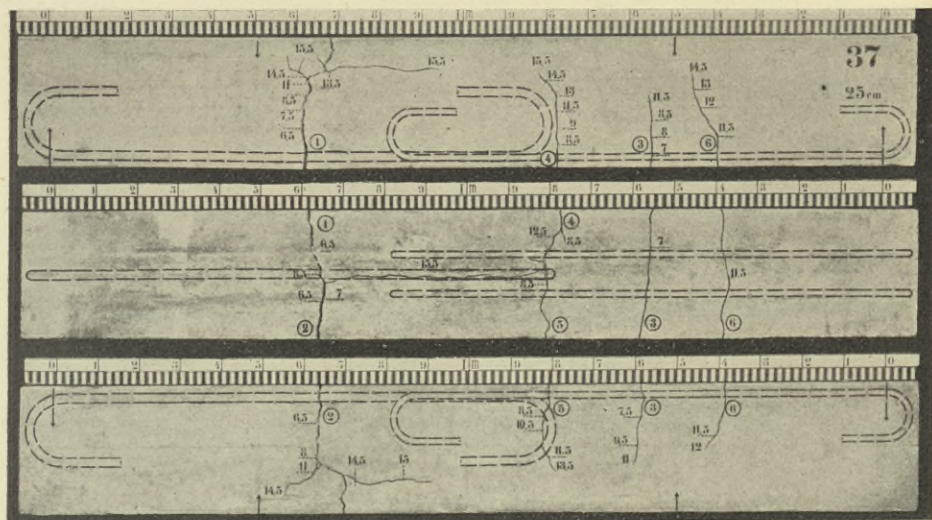


Abb. 106.

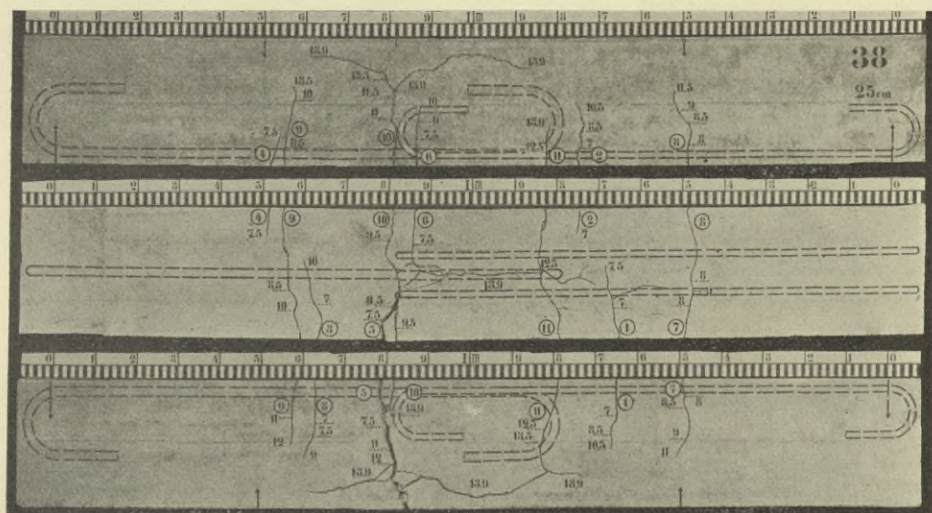


Abb. 107.

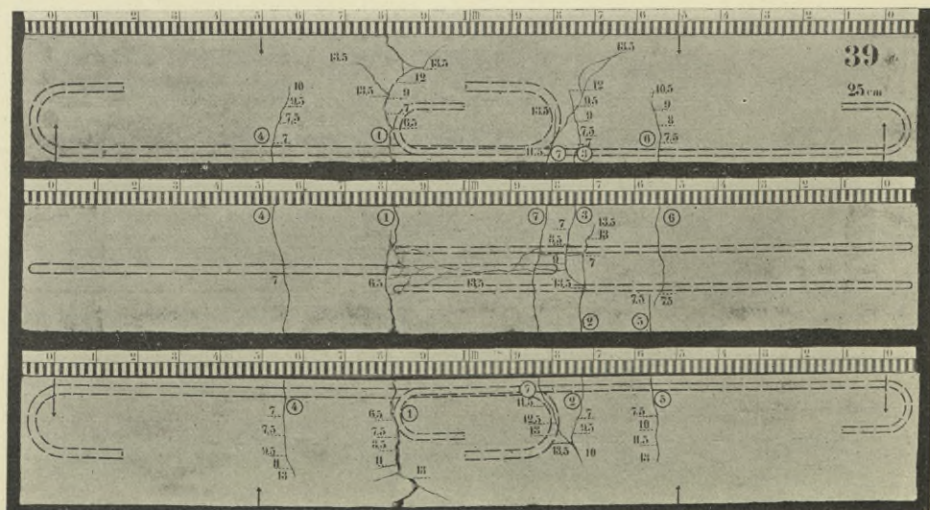


Abb. 108.

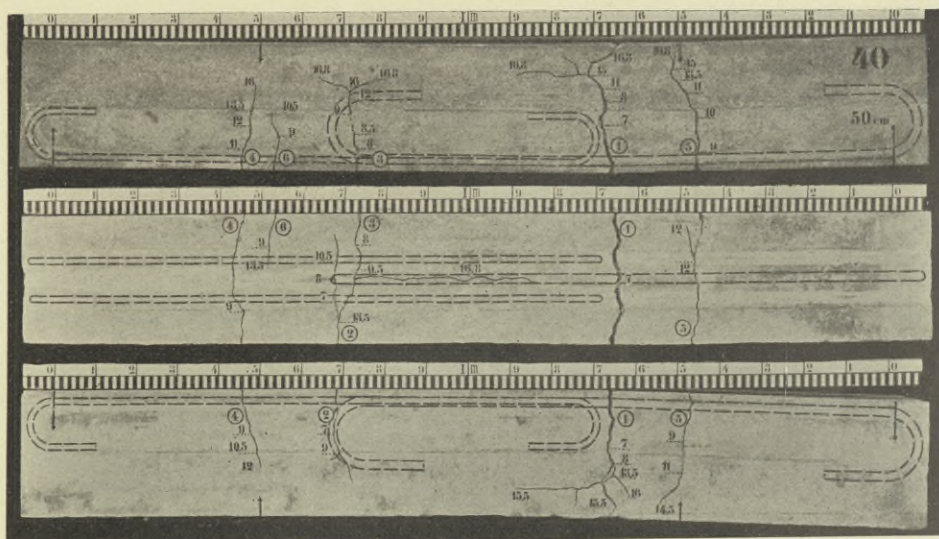


Abb. 109.

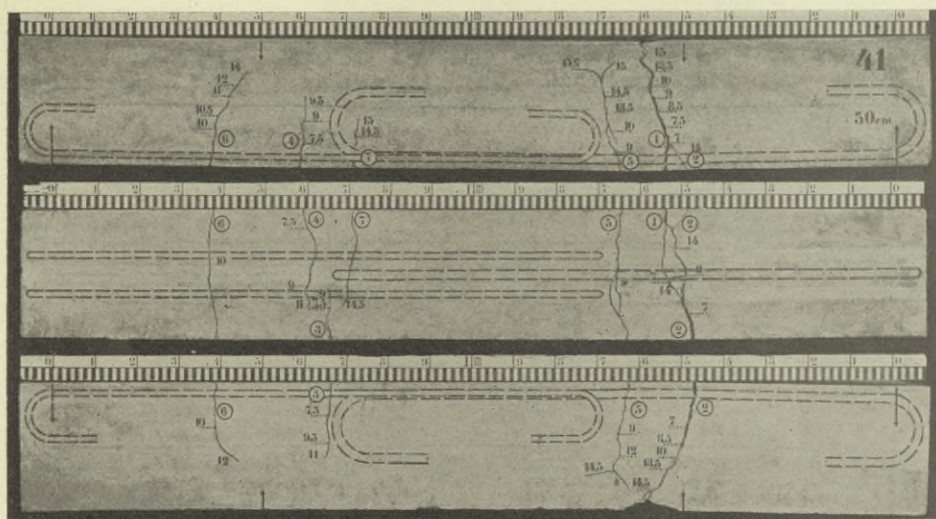


Abb. 110.

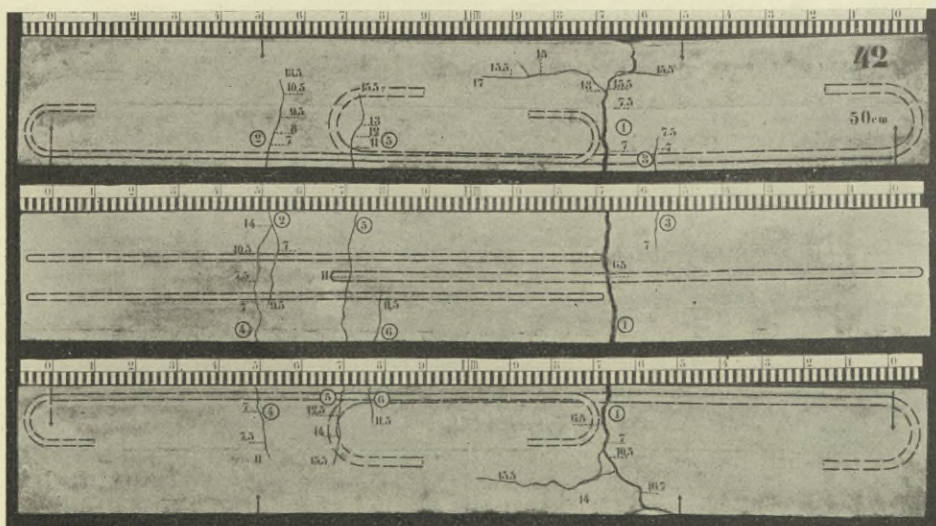


Abb. 111.

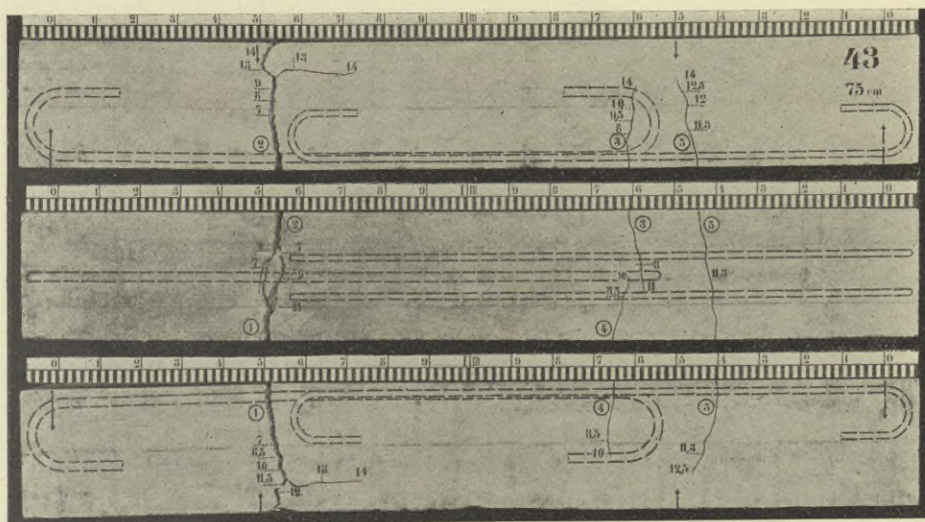


Abb. 112.

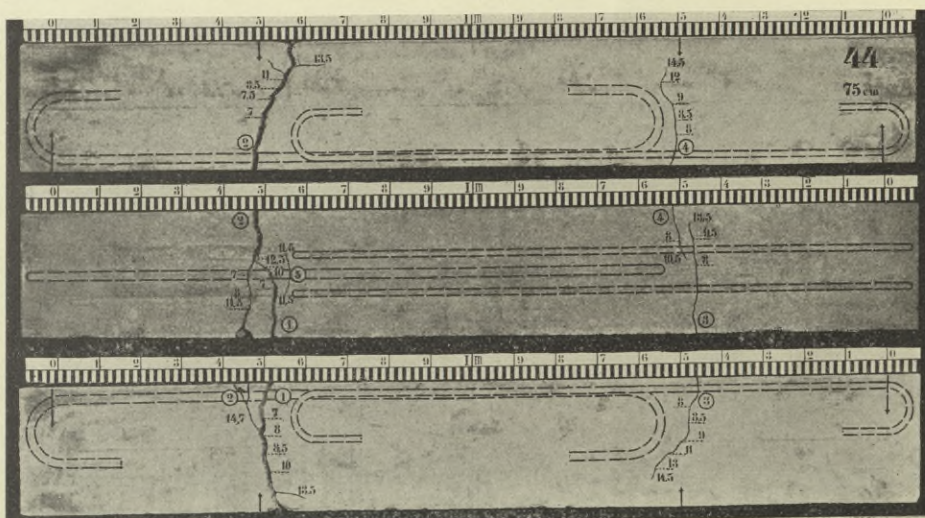


Abb. 113.

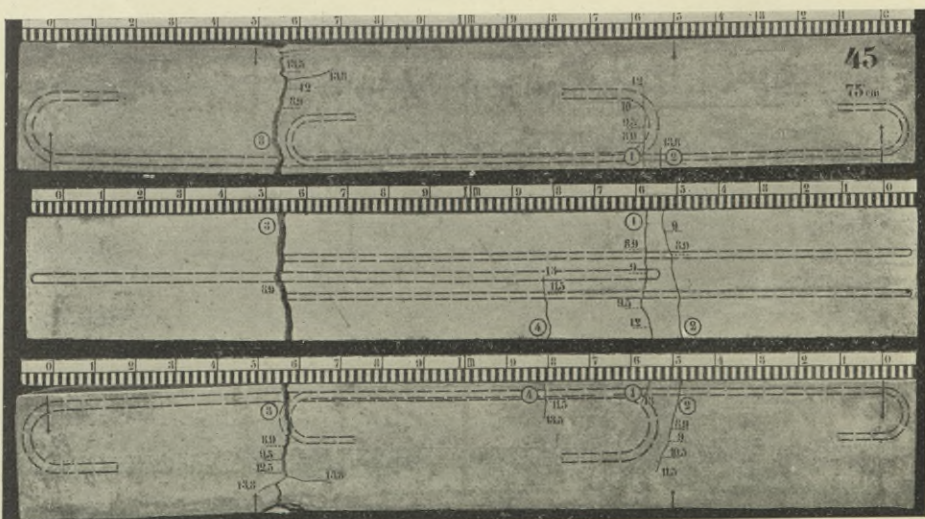


Abb. 114.

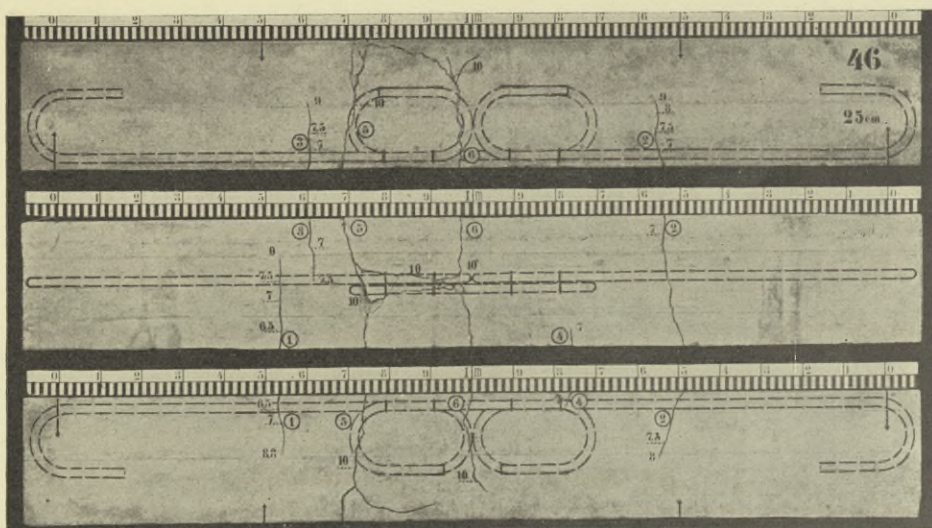


Abb. 115.

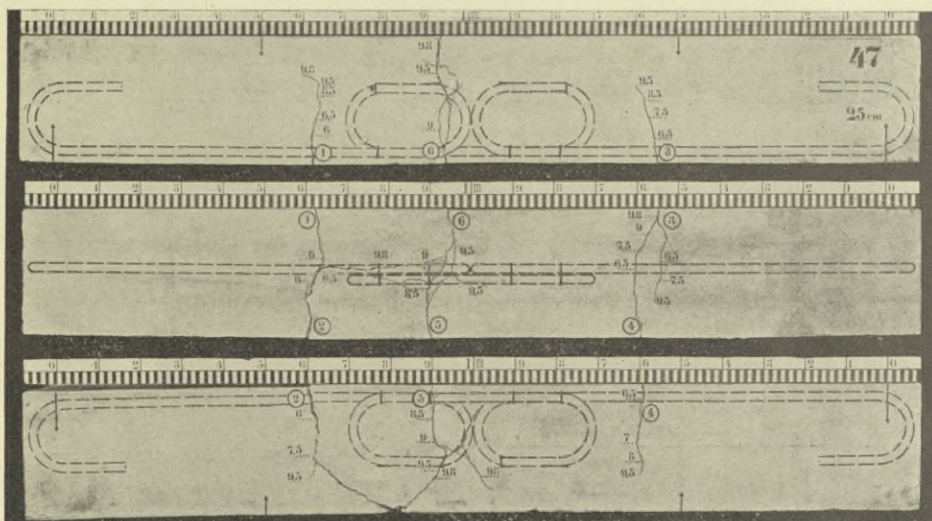


Abb. 116.

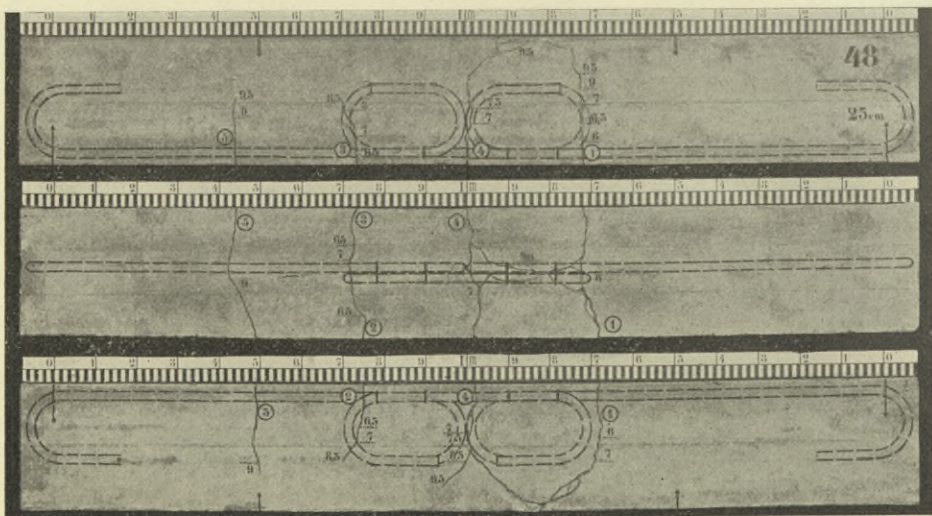


Abb. 117.

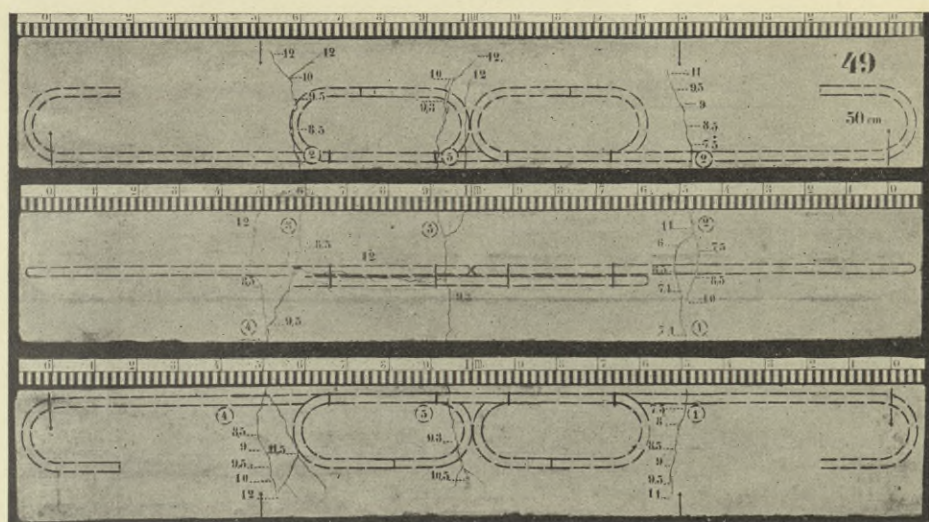


Abb. 118.

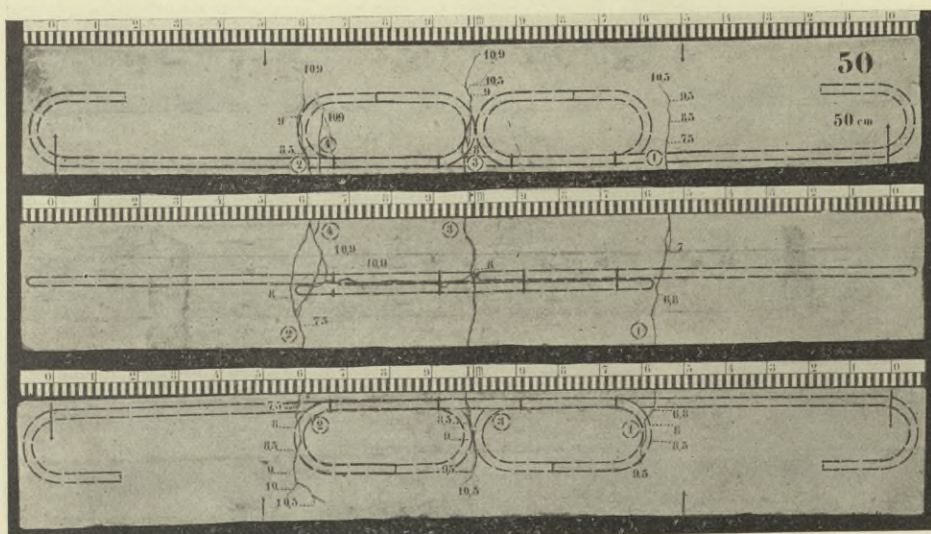


Abb. 119.

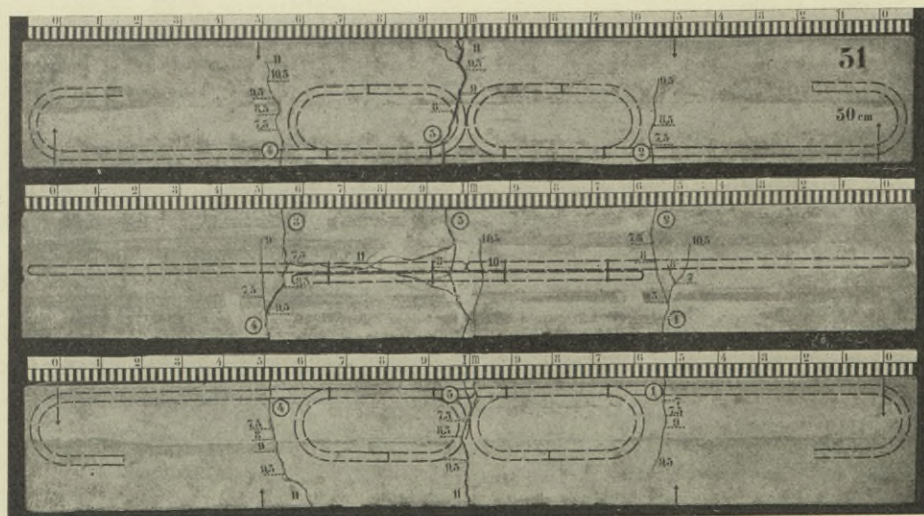


Abb. 120.

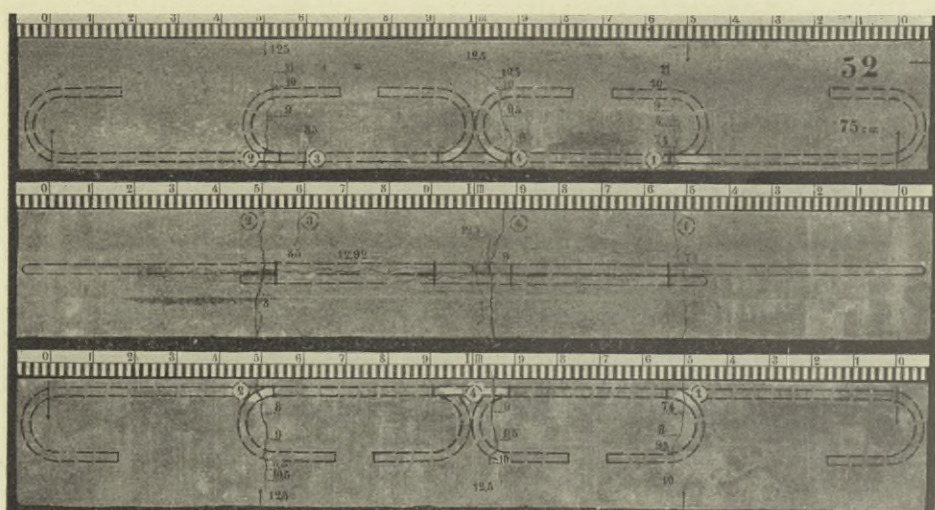


Abb. 121.

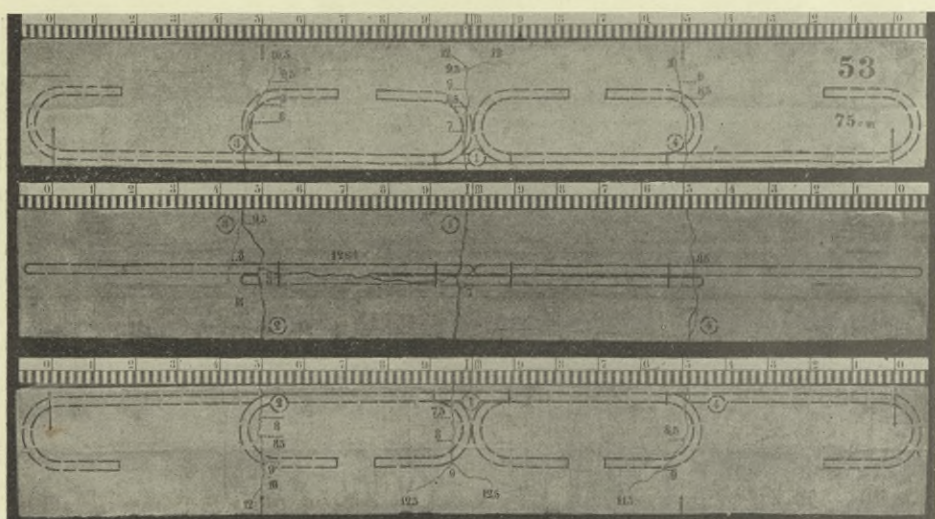


Abb. 122.

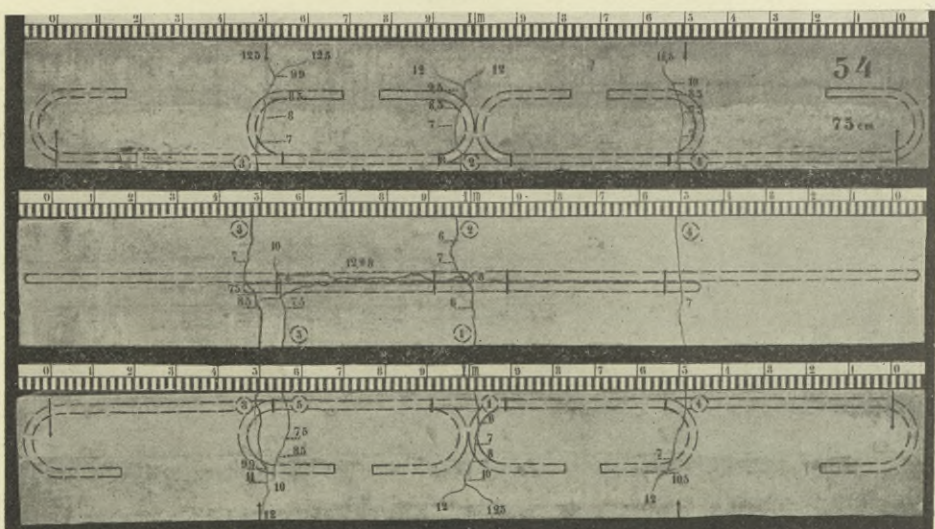


Abb. 123.

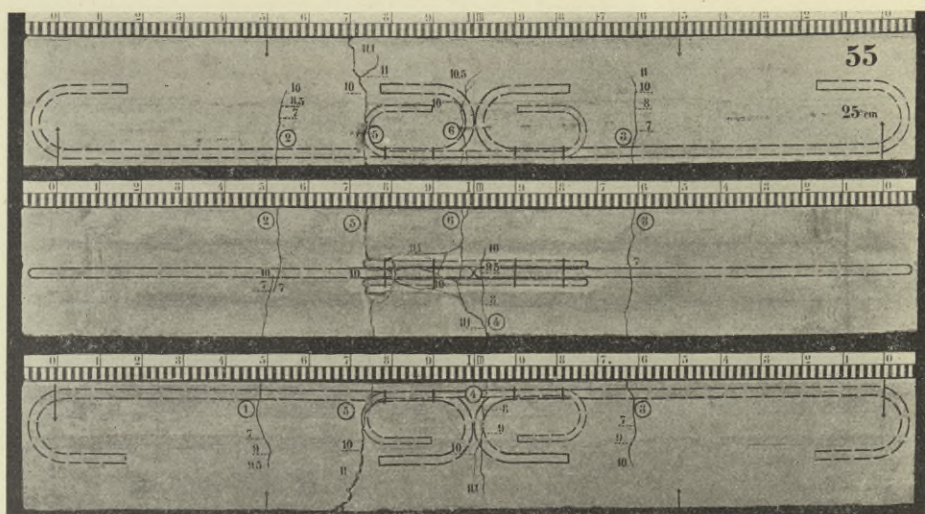


Abb. 124.

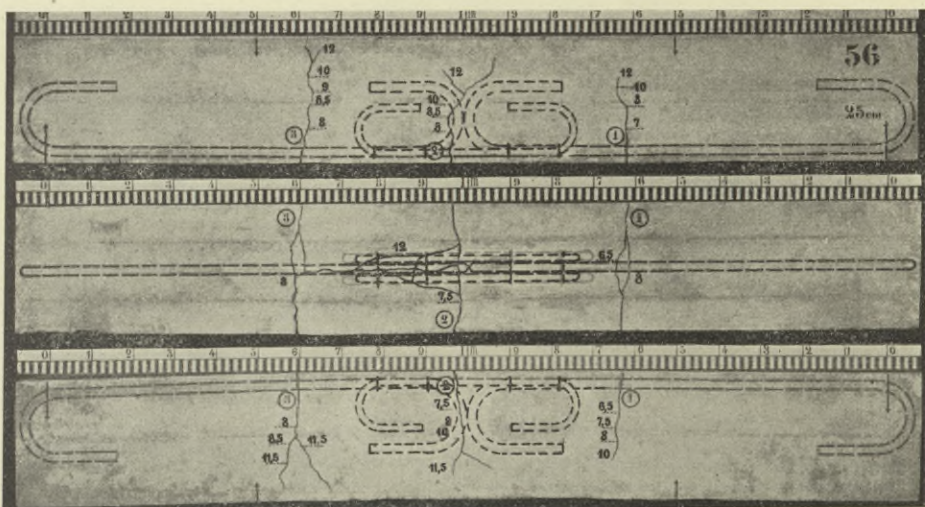


Abb. 125.

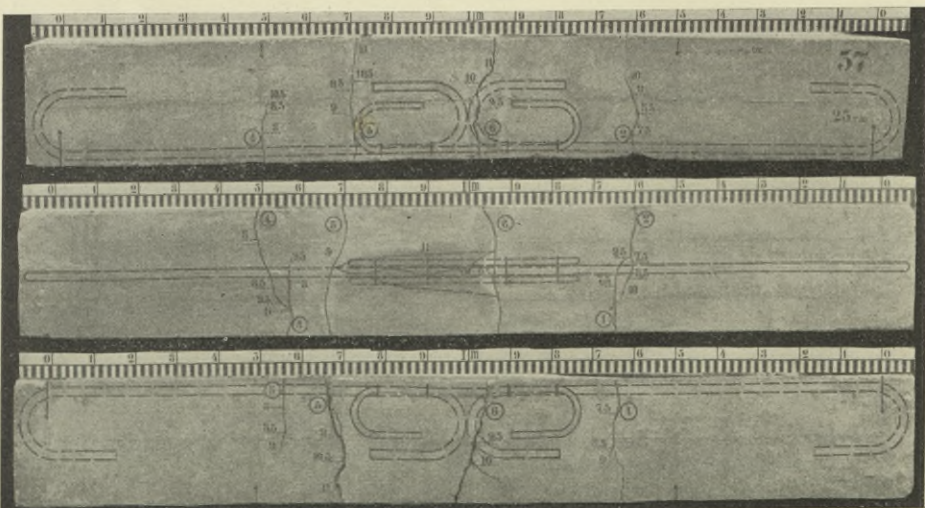


Abb. 126.

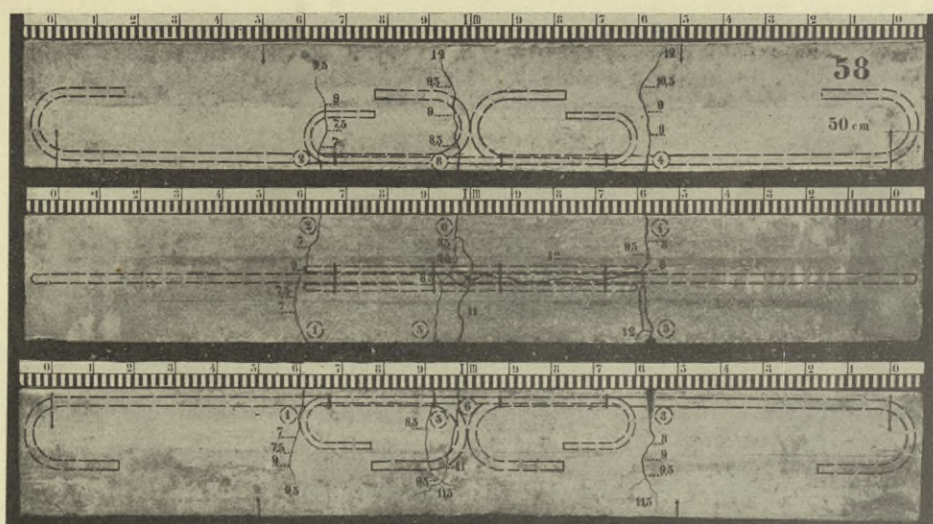


Abb. 127.

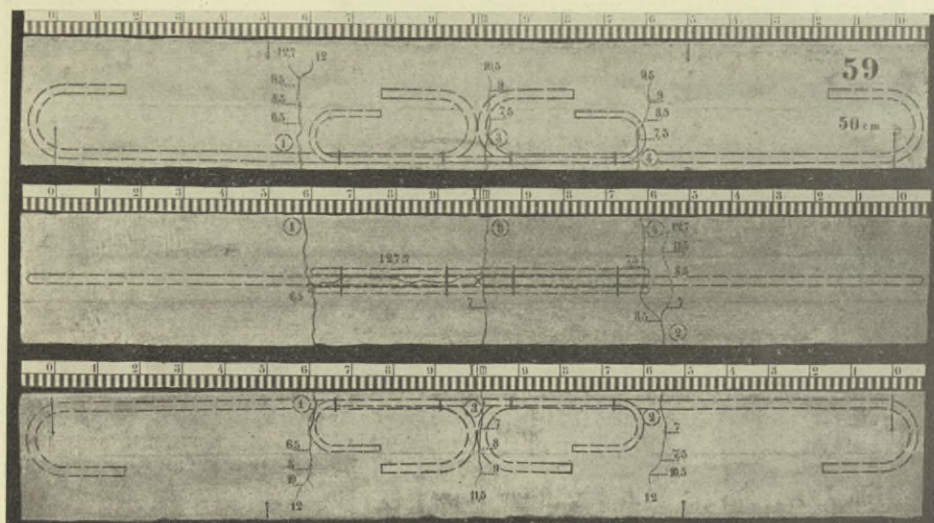


Abb. 128.

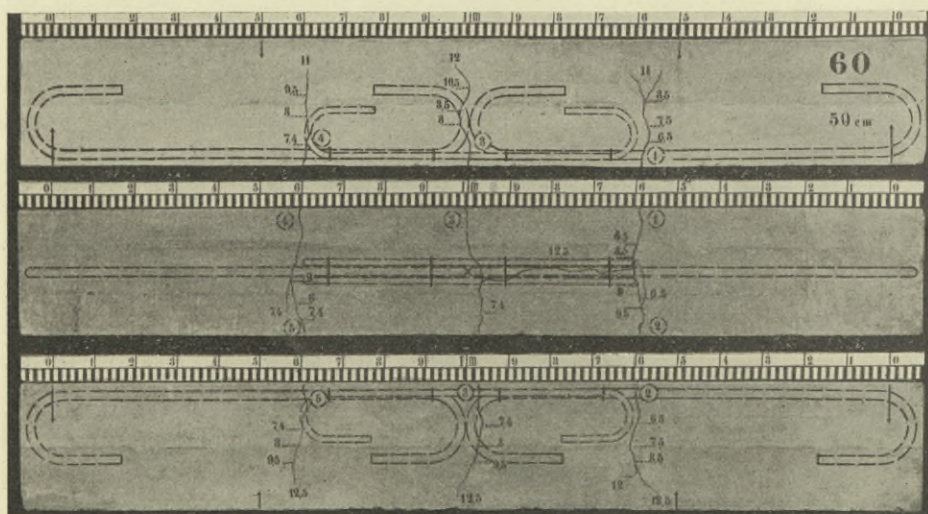


Abb. 129.

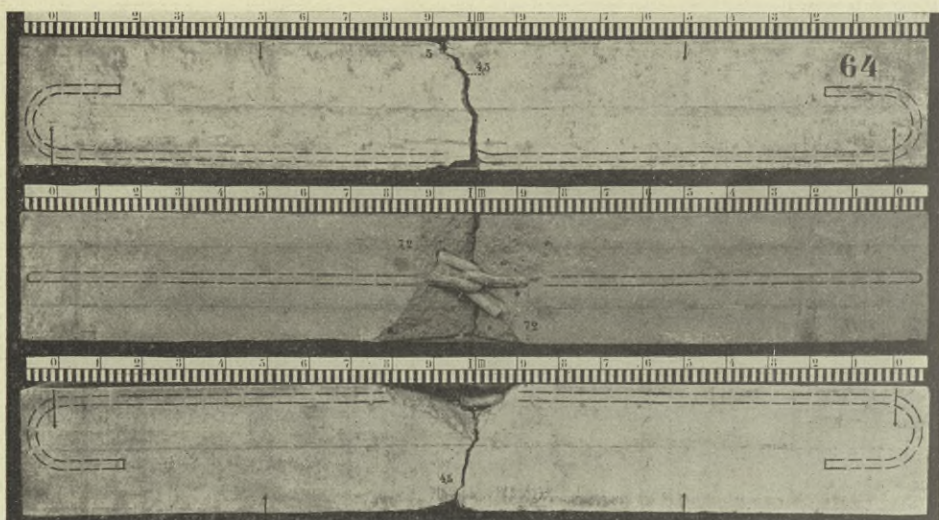


Abb. 133.

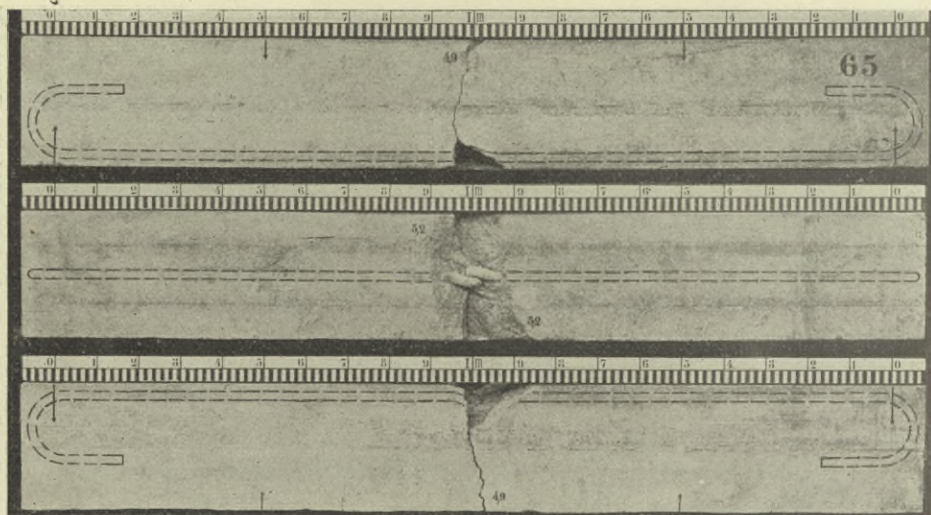


Abb. 134.

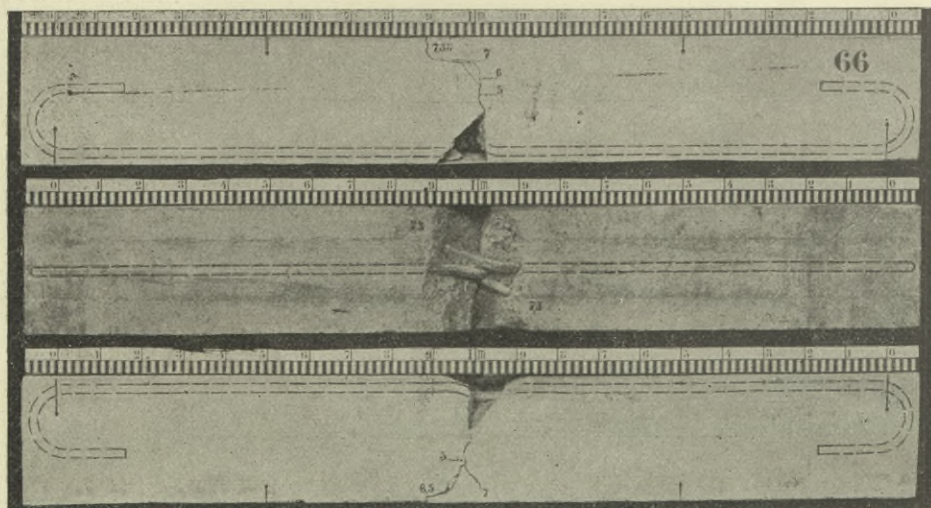


Abb. 135.

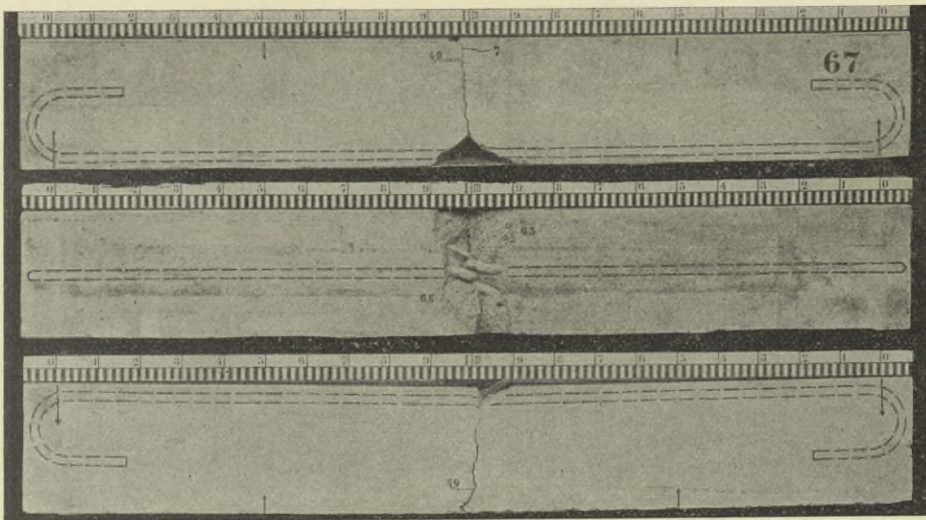


Abb. 136.

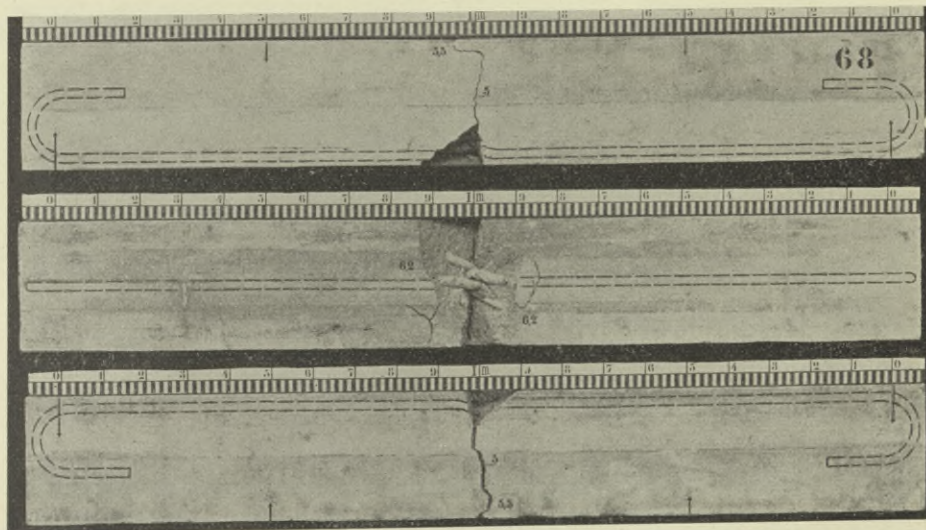


Abb. 137.

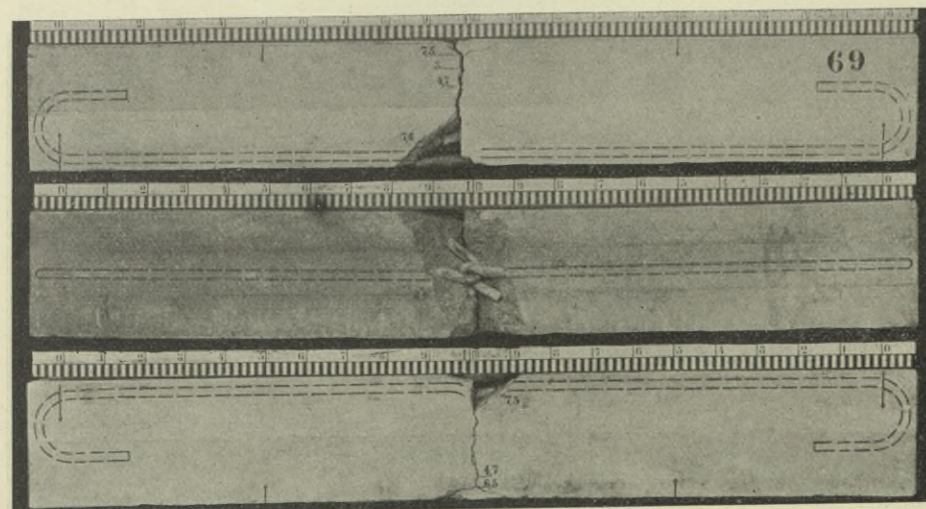


Abb. 138.

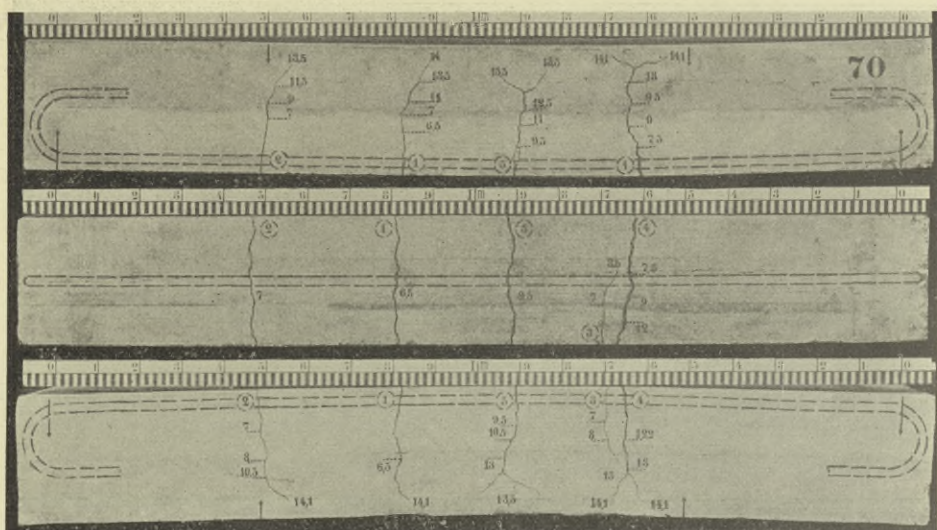


Abb. 139.

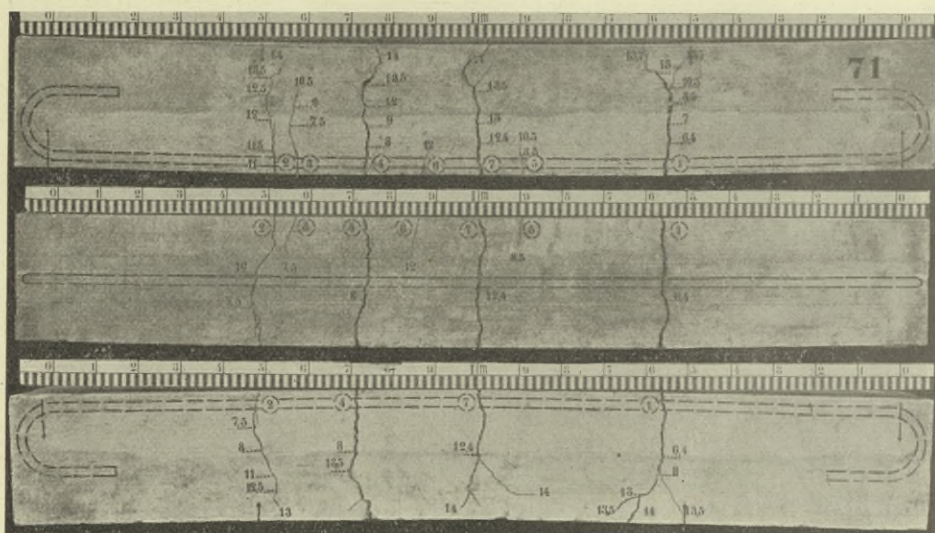


Abb. 140.

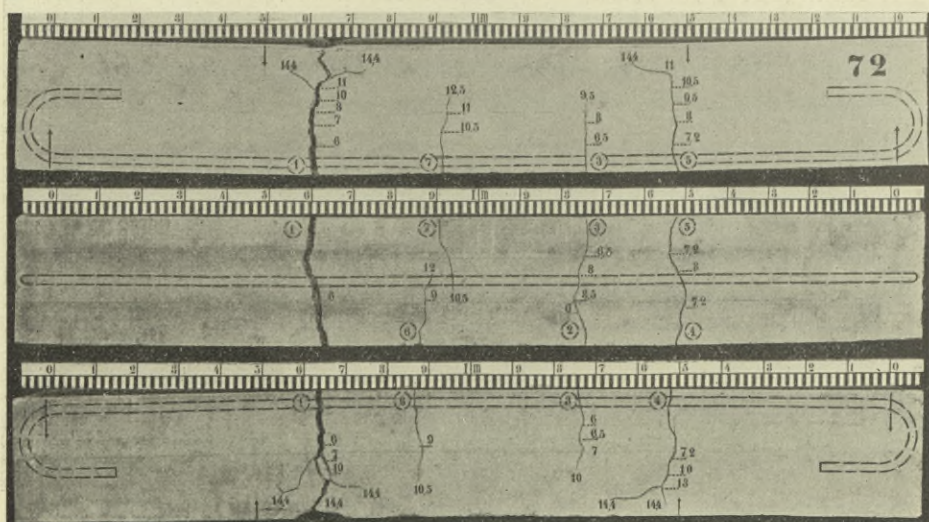


Abb. 141.

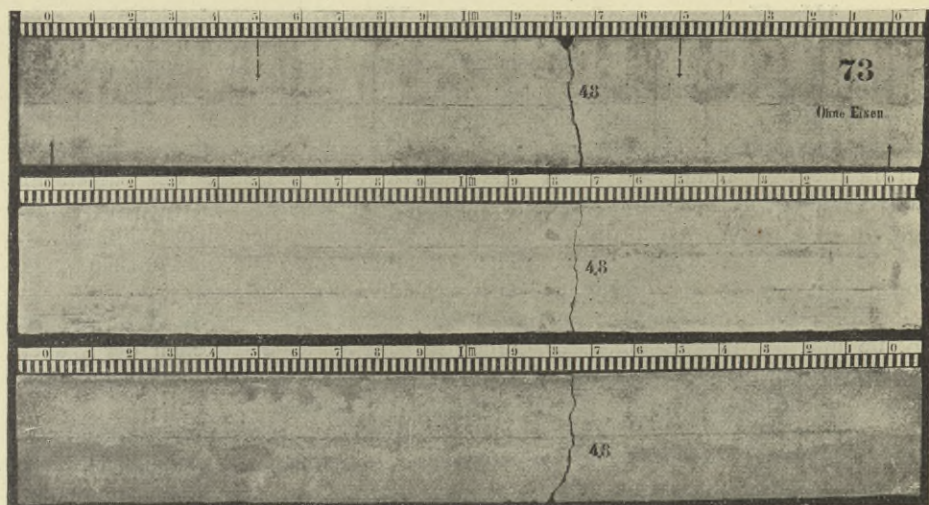


Abb. 142.

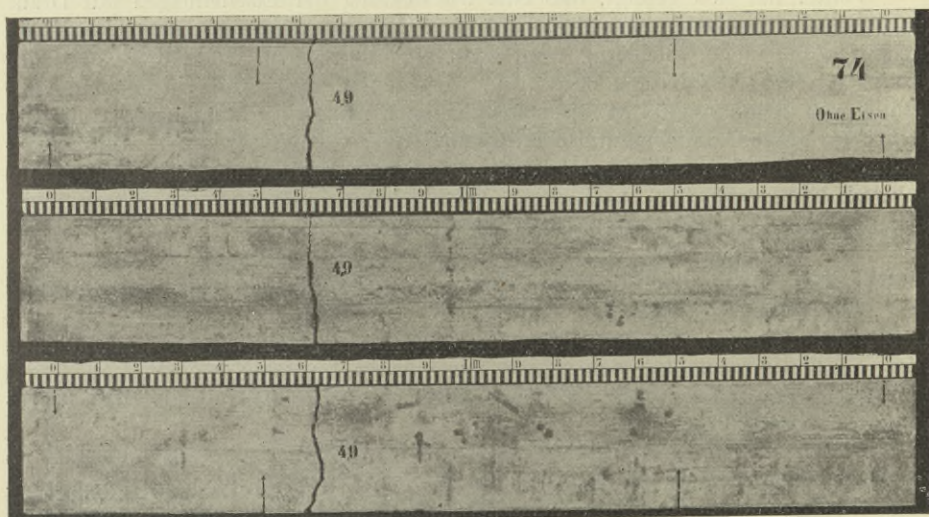


Abb. 143.

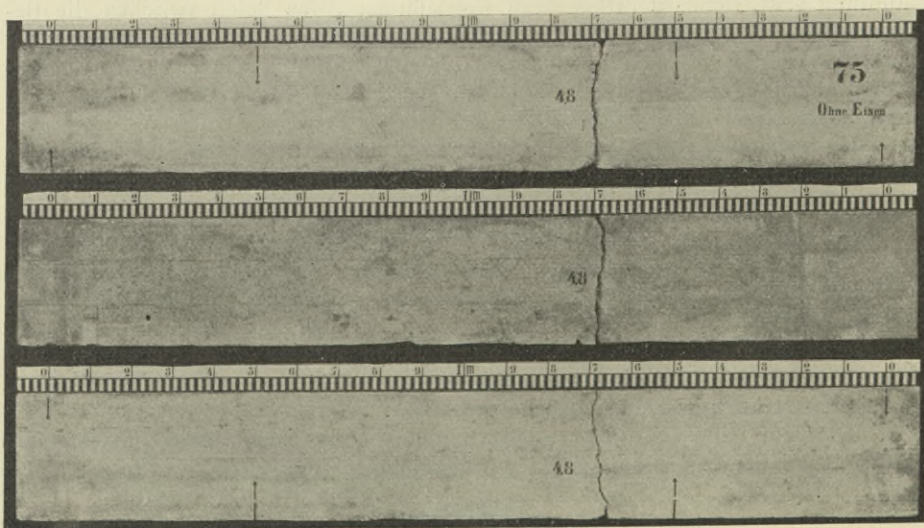


Abb. 144.

VI. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Aus der Tabelle S. 28 ist ersichtlich, daß bei 25 cm Ueberdeckung nur die Balken mit Stoßverbindungen nach Abb. 61 angenähert die gleichen Festigkeiten besaßen, wie die mit einer durchgehenden Eiseneinlage. Die letzteren wiesen eine mittlere Tragfähigkeit von 14 290 kg auf, die ersteren eine solche von 14 360 kg. Nahe kam dieser Tragfähigkeit noch diejenige der Balken mit Stoßverbindungen nach Abb. 58. Die mittlere Tragfähigkeit dieser Balken ergab sich zu 14 010 kg. Auch die Balken mit Stoßverbindungen nach Abb. 57, 59 und 60 besaßen Tragfähigkeiten, welche im höchsten Falle nur um 10 % geringer sind, als die der Balken mit durchgehenden Eiseneinlagen.

Die Stoßüberdeckungen von 50 und 75 cm Länge nach Abb. 57, 58, 59, 60 und 61 lieferten dagegen durchwegs höhere Tragfähigkeiten der Balken. Es zeigte sich dabei auch, daß eine Vergrößerung der Stoßüberdeckung von 50 auf 75 cm ohne Einfluß auf die Tragfähigkeit der Balken ist.

Merkwürdigerweise besaßen jedoch die Balken mit Stoßverbindungen nach Abb. 60 und 61 bei 75 cm Ueberdeckung eine geringere Tragfähigkeit als bei 50 cm Ueberdeckung, obgleich der Bruch bei beiden Balkenserien außerhalb der Stoßverbindung auf derjenigen Seite eintrat, wo das einzelne Eisen mit 2,5 cm Durchmesser lag. Die Ursache dieser Abweichung ist nicht feststellbar.

Ferner hat sich gezeigt, daß eine Umwicklung der Eiseneinlagen mit Draht innerhalb der Stoßverbindung nicht ungünstig wirkt, trotzdem bei dieser Anordnung die Eisenstäbe nicht vollständig vom Beton umhüllt werden. Die Abweichung der Festigkeit dieser Verbindung nach Abb. 59 gegenüber der mit freiliegenden, vollständig von Beton umhüllten Eiseneinlagen nach Abb. 58 beträgt bei der für die Praxis in Frage kommenden Ueberdeckung von 50 cm nur 1 %. Diese Feststellung ist insofern wichtig, als sich mit Draht verbundene Eiseneinlagen im Bauwerk besser anordnen und gegen Verschiebungen während des Einstampfens sichern lassen, als nicht verbundene Eiseneinlagen.

Als ungünstig haben sich die Stoßverbindungen nach Abb. 62 und 63 erwiesen, da keine von ihnen die Festigkeit einer durchgehenden Eiseneinlage erreichte.

Am nächsten kamen die Verbindungen nach Abb. 62 und 63 bei 75 cm Ueberdeckung mit 12 850 und 13 550 kg. Die Hakenverbindungen dagegen nach Abb. 64 und 65 erteilten den Balken nur mittlere Tragfähigkeiten von 6590 und 7370 kg, sie sind um etwa 50 % geringer als die der Balken mit einer durchgehenden Eiseneinlage.

Die Ursache dieser geringen Tragfähigkeit ist darin begründet, daß einerseits im gefährlichen Querschnitt des Balkens, und d. i. die Stoßstelle der Eiseneinlagen, infolge der Aufbiegung derselben diese der Mitte des Betonquerschnittes näher liegen und dadurch der Beton in höherem Maße zur Aufnahme von Zugspannungen herangezogen wird. Andererseits findet zwischen den beiden Haken keine vollkommene Berührung statt, denn es dringt beim Einstampfen etwas Beton zwischen die Berührungsflächen. Infolgedessen werden die Zugspannungen der Eiseneinlagen nicht unmittelbar durch die Haken, sondern unter Vermittlung einer dünnen Betonschicht aufeinander übertragen. Da aber diese Betonschicht nicht instande ist, der an dieser Stelle auftretenden hohen spezifischen Pressung Widerstand zu leisten, tritt eine Lockerung der Hakenverbindung ein, welche die Kraftaufnahmefähigkeit der Eiseneinlage vermindert und dadurch den Bruch des Balkens herbeiführt.

VII. Schlußfolgerungen.

Wie die Zusammenstellung der Versuchsergebnisse zeigt, ist es möglich, durch Anwendung geeigneter Stoßverbindungen durchgehende Eiseneinlagen zu ersetzen. Allerdings gilt dies zunächst nur für den untersuchten Beton. Inwieweit eine Verallgemeinerung der Ergebnisse auf Beton anderer Zusammensetzung und Herstellung, sowie auch mit Eiseneinlagen anderen Durchmessers stattfinden kann, läßt sich nur durch weitere Versuche feststellen.

In jedem Falle sind aber Stoßverbindungen mit hakenförmig umgebogenen Eiseneinlagen denjenigen mit geraden Eiseneinlagen überlegen.



Verlag von WILHELM ERNST & SOHN, BERLIN W66

Wilhelmstraße 90

Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

Bereits erschienen:

Heft 1 bis 3.

Bericht über die von der Materialprüfungsanstalt an der Königlichen Technischen Hochschule Stuttgart im Jahre 1908 durchgeführten Versuche mit Eisenbetonbalken namentlich zur Bestimmung des Gleitwiderstandes. Erstattet vom Vorstande der Anstalt **C. Bach** unter Mitwirkung von **O. Graf**. (Veröffentlicht in Heft 72 bis 74 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure.) 1909. Geheftet **Preis 3 M.**

Heft 4.

Fortsetzung von Heft 1 bis 3. (Veröffentlicht in Heft 95 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure.) 1910. Geheftet **Preis 1 M.**

Die weiteren Hefte sind im
Verlage von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, erschienen.

Heft 5.

Versuche mit Eisenbeton-Säulen Reihe I u. II. Ausgeführt im Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West. Bericht erstattet von Professor **M. Rudeloff**, Geh. Regierungsrat, Direktor im Kgl. Materialprüfungsamt.

Mit 72 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen.

1910.

Geheftet **Preis 6 M.**

Heft 6.

Versuche über den elektrischen Widerstand von unbewehrtem Beton. Ausgeführt in der Großh. Materialprüfungs-Anstalt an der Techn. Hochschule zu Darmstadt in den Jahren 1908 und 1909. Bericht erstattet von Professor **O. Berndt**, Geheimer Baurat, Professor Dr. **Wirtz**, Geheimer Hofrat, unter Mitwirkung von Dr.-Ing. **W. Müller**.

Mit 60 Textabbildungen und Tabellen.

1911.

Geheftet **Preis 3,60 M.**

Heft 7.

Versuche mit Eisenbetonbalken zur Bestimmung des Gleitwiderstandes. Ausgeführt in der Königl. Sächsischen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt in Dresden im Jahre 1908. Bericht erstattet von Professor **H. Scheit**, Geh. Hofrat, Direktor der Königl. Sächsischen Techn. Versuchsanstalt unter Mitwirkung von Privatdozent **O. Wawrziniok**, Adjunkt der Versuchsanstalt.

Mit 55 Textabbildungen.

1911.

Geheftet Preis 1,80 M.

Heft 8.

Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten. Ausgeführt im Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West in den Jahren 1908 bis 1910. Bericht erstattet von Professor **E. Heyn**, Direktor im Kgl. Materialprüfungsamt.

Mit 33 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen.

1911.

Geheftet Preis 3,20 M.

Heft 9.

Versuche mit Eisenbeton-Balken zur Bestimmung des Einflusses der Hakenform der Eiseneinlagen. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 und 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit 84 Textabbildungen und 12 Zusammenstellungen.

1911.

Geheftet Preis 5,20 M.

Heft 10.

Versuche mit Eisenbeton-Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. ERSTER TEIL. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1908 bis 1910. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit 190 Abbildungen und 31 Zusammenstellungen.

1911.

Geheftet Preis 9 M.

Heft 11.

Brandproben an Eisenbetonbauten. Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West im Jahre 1910. Bericht erstattet von Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.

Mit 22 Textabbildungen.

1911.

Geheftet Preis 2 M.

Heft 12.

Versuche mit Eisenbeton-Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte.

ZWEITER TEIL. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1908 bis 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit 304 Abbildungen und 40 Zusammenstellungen.

1911.

Geheftet Preis 14 M.

Heft 13.

Versuche über den Einfluß von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton. Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West im Jahre 1911. Bericht erstattet von Professor

M. Gary, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.

Mit 15 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis 1,60 M.

Heft 14.

Versuche mit Eisenbeton-Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Stoßverbindungen der Eiseneinlagen. Aus-

geführt in der Königl. Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt in Dresden. Bericht erstattet von Professor **H. Scheit**, Geh. Hofrat, Direktor der Versuchsanstalt und Privatdozent Dipl.-Ing. **O. Wawrziniok**, Adjunkt der Versuchsanstalt.

Mit 144 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis 4 M.

Im Druck:

Heft 15.

Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton.

Ausgeführt in der Großh. Materialprüfungs-Anstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt in den Jahren 1909 bis 1911. Bericht erstattet von Professor **O. Berndt**, Geh. Baurat, Vorstand der Materialprüfungs-Anstalt, Professor Dr. **K. Wirtz**, Geh. Hofrat, unter Mitwirkung von Privatdozent Dr.-Ing. **E. Preuß**.

Mit 214 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis etwa 5 M.

Verlag von **WILHELM ERNST & SOHN, BERLIN W 66**
Wilhelmstraße 90.

Heft 16.

Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Beton und Eisenbeton gegen Verdrehung. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 und 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. Württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit 114 Textabbildungen und 14 Zusammenstellungen.

1912.

Geheftet Preis etwa 6 M.

Heft 17.

Versuche mit Stampfbeton. Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West in den Jahren 1905 bis 1910. Bericht erstattet von Geheimem Regierungsrat Professor **M. Rudeloff**, Direktor, und Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.

1912.

Geheftet Preis etwa 6 M.

Weitere Hefte sind in Vorbereitung.

**Vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton
sind im Jahre 1908 aufgestellt:**

Allgemeine Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton.

Siebente Auflage.

1911.

Geheftet Preis 0,40 M.

50 Stück 17,50 M., 100 Stück 30 M. zuzüglich Postgeld.

A. Normen für vergleichende Druckversuche mit Stampfbeton (Laboratoriumsversuche).

Sechste u. Siebente Auflage.

1911.

Geheftet Preis 0,15 M.

50 Stück 6 M., 100 Stück 10 M. zuzüglich Postgeld.

B. Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton.

Sechste u. Siebente Auflage.

1911.

Geheftet Preis 0,15 M.

50 Stück 6 M., 100 Stück 10 M. zuzüglich Postgeld.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

18035

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



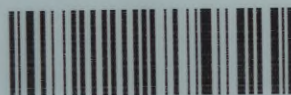
100000300783

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-18035

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300783