

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315047



J. x. 47 / 1892

MITTHEILUNGEN

AUS DEM

MECHANISCH-TECHNISCHEN LABORATORIUM

DER

K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE

IN

MÜNCHEN

VON

J. BAUSCHINGER

O. PROFESSOR DER TECHNISCHEN MECHANIK UND GRAPHISCHEN STATIK.

EINUNDZWANZIGSTES HEFT,

ENTHALTEND:

MITTHEILUNG XXV: ÜBER DEN EINFLUSS DER GESTALT DER PROBESTÄBE AUF DIE ERGEBNISSE DER ZUGVERSUCHE MIT DENSELBEN.

MIT 5 GROSSEN TABELLEN UND 4 BLÄTTERN ABBILDUNGEN.

F. No. 18387



MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER

1892.

VIII 2.

208.

1892. 47. X. J.



MITTHEILUNGEN

METEOROLOGISCHES INSTITUT

K. TECHNISCHE HOCHSCHULE

J. X. 47/1892



nr inv. 1859

K. RAUSCHING

Faint mirrored text at the bottom of the page, likely bleed-through from the reverse side.

Ueber den Einfluss der Gestalt der Probestäbe auf die Ergebnisse der Zugversuche mit denselben.

I.

Von den Conferenzen, welche in den Jahren 1884 in München und 1886 in Dresden zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien abgehalten worden sind, wurden für die Gestalt der Probestäbe bei der sog. Zerreißprobe folgende Abmachungen getroffen:*)

1) »Rundstäbe sind in vier Typen herzustellen, und zwar von der gleichen Gebrauchslänge von 200 mm, aber den Durchmessern 10, 15, 20 und 25 mm, je nach Bedarf und Möglichkeit.

»Unter Gebrauchslänge von 200 mm ist dabei zu verstehen, dass der cylindrische Theil des Stabes 200 mm und noch jederseits 10 mm, also im Ganzen 220 mm lang sein muss, die Dehnung aber nur auf jene 200 mm gemessen wird.

2) »Die Gebrauchslänge der Flachstäbe ist, wie bei den Rundstäben, 200 mm und hat man darunter ähnliches zu verstehen; wie dort.

3) »In den Fällen, wo Breite und Dicke der Flachstäbe beliebig gewählt werden können, soll die Breite 30 und die Dicke 10 mm betragen und überhaupt der Querschnitt 30×10 mm als normaler gelten.

4) »Wo die Dicke gegeben ist, wie bei Blechen, soll bis zur Dicke von 24 mm die Breite der Flachstäbe 30 mm betragen, und von 25 mm Blechdicke an die Dicke zur Breite des Probestückes und als Dicke desselben 10 mm genommen werden.«

Diese verschiedenen Normalformen der Probestäbe mussten nun aber auch bezüglich ihres Einflusses auf die Ergebnisse der Zerreißversuche, auf Zugfestigkeit, Dehnung und Querschnittsverminderung, verglichen werden. Diese Vergleichung ist aber eine so umfangreiche Aufgabe, dass sie von einem Einzelnen und aus Privatmitteln nicht bewältigt werden konnte. Es wurde daher auf der Dres-

*) »Beschlüsse der Conferenzen in München 1884 und Dresden 1886 etc.« S. 18 und 19.

dener Conferenz noch der folgende Beschluss gefasst:

»Es ist an die betreffenden Staatsbehörden die Bitte zu richten, dass sie die ihnen unterstellten amtlichen Prüfungsanstalten beauftragen möchten, den von der Conferenz für wünschenswerth erachteten Vergleich zwischen den von ihr vorgeschlagenen Normalformen von Probestücken für Zerreißversuche im allgemeinen öffentlichen Interesse auszuführen.«

Dieser Aufgabe hat sich u. A. *) auch das mechanisch technische Laboratorium der technischen Hochschule München unterzogen, nachdem es von der kgl. bay. Staatsregierung besondere Mittel hiefür erbeten und bereitwilligst erhalten hatte. Ueber die daselbst angestellte Versuchsreihe und ihre Ergebnisse soll in den folgenden Zeilen berichtet werden.

II.

Verschiedener Gründe halber schien es mir wünschenswerth, die angestrebte Vergleichung nicht auf die oben angeführten »Normalstäbe«, wie sie kurz genannt werden mögen, zu beschränken, sondern auch auf solche Stabformen auszudehnen, welche in allen ihren Theilen geometrisch ähnlich sind, um an ihnen das Barba'sche *) Gesetz, wonach solche Formen, aus gleichem Material hergestellt, durchweg gleiche Ergebnisse bei den Zugversuchen liefern sollen, einer erneuten Prüfung zu unterwerfen, und um mit ihnen Ausgangspunkte für die Vergleichung der übrigen Stabformen zu erhalten. Auf diese Weise gelangte ich

*) Auf der im September 1890 in Berlin abgehaltenen Conferenz lagen Versuchsreihen von Chemnitz, Dortmund, St. Petersburg, Wien und Zürich vor und wird über dieselben an anderen Orten berichtet werden. Tetmajer hat dieses bereits im vierten Hefte seiner »Mittheilungen der Prüfungsanstalt für Baumaterialien am Eidg. Polytechnikum in Zürich« gethan.

**) »Résistance des Matériaux. Épreuves de résistance à la traction. Étude sur les allongements des métaux après rupture.« Par J. Barba. Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils 1880. Part. I, p. 682.

zu folgenden der Vergleichung zu unterwerfenden Stabformen:

A) Rundstäbe und zwar:

1) Normal-Rundstäbe von den in Blatt I mit Form ①, ②, ③ und ④ bezeichneten Gestalten, also die im vorigen Abschnitt unter Nr. 1 aufgeführten vier Typen, mit der Abänderung, dass der erste, mit 25 mm Durchmesser nicht 200, sondern 250 mm Gebrauchslänge hat, entsprechend der Absicht, bei ihm die Verlängerung nicht bloß auf 200 und 100 mm, wie bei den drei anderen, sondern auch auf 250 = 25 × 10 mm messen zu können, wie bei dem Stab mit 10 mm Durchmesser auch auf 10 × 10, bei dem Stab mit 15 mm Durchmesser auf 15 × 10, und bei dem Stab mit 20 mm Durchmesser auf 20 × 10 mm.

2) Rundstäbe, sog. Proportionalstäbe, zur Prüfung des Barba'schen Gesetzes, von geometrisch-ähnlichen Formen, deren Dimension im Verhältniss von 4:3:2 stehen, unter Form ⑤, ⑥ und ⑦ auf Blatt I dargestellt, mit 20, 15 10 mm Durchmesser und 300, 225 und 150 mm Gesamtlänge des cylindrischen Theiles.

B) Flachstäbe ohne Walzhaut und zwar:

1) Normalstäbe von gleicher Gebrauchslänge, 200 mm, gleicher Breite, 30 mm, und den Dicken 10, 14, 18 und 24 mm, wie sie in den Formen 1, 2, 3 und 4 auf Blatt I dargestellt sind.

2) Normalstäbe von gleicher Gebrauchslänge, 200 mm, gleicher Dicke, 14 mm, und den Breiten 20, 25, 30 und 35 mm, wie sie in den Formen 5, 6, 7, 8 auf Blatt II abgebildet sind.

3) Proportionalstäbe, deren Dimensionen sich verhalten wie 4:3:2, mit 293¹/₃, 220 und 146²/₃ mm Länge, 40, 30 und 20 mm Breite und 24, 18 und 12 mm Dicke des prismatischen Theils und überhaupt von den Formen 9, 10 und 11 auf Blatt II.

Von diesen 18 Formen sollten nicht bloß die unter einem Buchstaben und einer Nummer enthaltenen unter sich, sondern auch die Rundstäbe unter A 1) mit denen unter A 2), ebenso die Flachstäbe B 1) mit denen unter B 2) und B 3)

Die Zusammenstellung A 1), A 2), B 1)

aus dem Schürbel I

und zwar aus den Stangen:	1	2	3	4
	Stab a) in Form ①,	a) in Form ②,	a) in Form ③,	a) in Form ④,
	b) » » ⑤,	b) » » ⑥,	b) » » ⑦,	b) » » <u>3</u> ,
	c) » » ⑦,	c) » » <u>1</u> ,	c) » » <u>2</u> ,	c) » » <u>4</u> ,

Die Zusammenstellung A 1), A 2), B 1)

aus dem Schürbel II

und zwar aus den Stangen:	1	2	3	4
	Stab a) in Form ①,	a) in Form ②,	a) in Form ③,	a) in Form ④,
	b) » » ⑤,	b) » » ⑥,	b) » » ⑦,	b) » » <u>7</u> ,
		c) » » <u>5</u> ,	c) » » <u>6</u> ,	c) » » <u>8</u> ,

u. s. w. und auch alle Rundstäbe mit allen Flachstäben verglichen, d. h. also sämtliche 18 Stabformen aus einem und demselben Stück hergestellt werden. Da dies nicht wohl anging, um so weniger, als auch beabsichtigt wurde, jede der 18 Stabformen nicht bloß in einem, sondern mindestens in 4 Exemplaren anzufertigen, so musste ich mich darauf beschränken, nur zum Theil direkte, zum Theil indirekte Vergleichungen in der Weise zu ermöglichen, dass aus den 5 Formklassen A 1), A 2), B 1), B 2), B 3) Zusammenstellungen (Combinations) gebildet wurden, die jede solche Klasse mindestens 4 mal enthielten, und deren jede aus einem und demselben ganzen Stücke geschnitten werden konnte.

Als solche Stücke wählte ich Barren von quadratischem Querschnitt, 105 × 105 mm, und von 1050 mm Länge, sogenannte Schürbel. Diese Schürbel, 7 an der Zahl, bezog ich von F. S. Kustermann, Eisen- und Kohlenhandlung dahier. Sie waren aus Thomasflusseisen und zwar aus 420 mm dicken Ingots in zwei Hitzen gewalzt, in der ersten Hitze auf Blöcke von 170 mm Dicke. Diese Blöcke wurden in kaltem Zustande wieder in den Ofen gebracht und dann fertig gewalzt. Die Schürbel, I—VII, wurden zunächst der Länge nach in 4 Stangen zerschnitten, welche nach dem Schema $\begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 2 \\ \hline 4 & 3 \\ \hline \end{array}$ mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet wurden; und von diesen Stangen wurden dann, immer von der gleichen Seite herein, Stücke von geeigneter Länge für die einzelnen Probestäbe, Rund- oder Flachstäbe, abgeschnitten, die der Ordnung nach mit a, b, c ... bezeichnet und dann durch Drehen oder Hobeln auf ihre Formen gebracht wurden. Alle diese Operationen mit den Schürbeln wurden natürlich auf kaltem Wege ausgeführt. Indem man jeden Probestab mit der römischen Ziffer des Schürbels, mit der arabischen der Stange, aus welcher er genommen war, und mit dem Buchstaben a, b oder c u. s. w. versah, also z. B. mit IV 2 c bezeichnete, war seine Lage gegen die übrigen vollständig bestimmt.

So wurden hergestellt:

Die Zusammenstellung A 2), B 1), B 2)

aus dem Schürbel III

und zwar aus den Stangen:

1	2	3	4
Stab a) in Form $\boxed{1}$,	a) in Form $\boxed{2}$,	a) in Form $\boxed{3}$,	a) in Form $\boxed{4}$,
b) » » $\textcircled{5}$,	b) » » $\textcircled{6}$,	b) » » $\textcircled{7}$,	b) » » $\boxed{7}$,
	c) » » $\boxed{5}$,	c) » » $\boxed{6}$,	c) » » $\boxed{8}$,

Die Zusammenstellung A 1), B 1), B 3)

aus dem Schürbel IV

und zwar aus den Stangen:

1	2	3	4
Stab a) in Form $\boxed{9}$,	a) in Form $\textcircled{2}$,	a) in Form $\textcircled{3}$,	a) in Form $\textcircled{4}$,
b) » » $\textcircled{1}$,	b) » » $\boxed{11}$,	b) » » $\boxed{2}$,	b) » » $\boxed{3}$,
	c) » » $\boxed{1}$,	c) » » $\boxed{10}$,	c) » » $\boxed{4}$,

Die Zusammenstellung A 1), B 2), B 3)

aus dem Schürbel V

und zwar aus den Stangen:

1	2	3	4
Stab a) in Form $\boxed{9}$,	a) in Form $\textcircled{2}$,	a) in Form $\textcircled{3}$,	a) in Form $\textcircled{4}$,
b) » » $\textcircled{1}$,	b) » » $\boxed{11}$,	b) » » $\boxed{6}$,	b) » » $\boxed{7}$,
	c) » » $\boxed{5}$,	c) » » $\boxed{10}$,	c) » » $\boxed{8}$,

Die Zusammenstellung B 1), B 2), B 3)

aus dem Schürbel VI

und zwar aus den Stangen:

1	2	3	4
Stab a) in Form $\boxed{9}$,	a) in Form $\boxed{2}$,	a) in Form $\boxed{3}$,	a) in Form $\boxed{4}$,
b) » » $\boxed{1}$,	b) » » $\boxed{11}$,	b) » » $\boxed{10}$,	b) » » $\boxed{7}$,
	c) » » $\boxed{5}$,	c) » » $\boxed{6}$,	c) » » $\boxed{8}$,

Die Zusammenstellung A 2), B 3) doppelt (um den Schürbel auszunützen)

aus dem Schürbel VII

und zwar aus den Stangen:

1	2	3	4
Stab a) in Form $\boxed{9}$,	a) in Form $\boxed{11}$,	a) in Form $\boxed{11}$,	a) in Form $\boxed{9}$,
b) » » $\textcircled{6}$,	b) » » $\boxed{10}$,	b) » » $\boxed{10}$,	b) » » $\textcircled{6}$,
c) » » $\textcircled{7}$,	c) » » $\textcircled{5}$,	c) » » $\textcircled{5}$,	c) » » $\textcircled{7}$,

C) Flachstäbe mit der Walzhaut. Dieselben wurden aus Flacheisen von verschiedenem Querschnitt hergestellt und zwar in gleicher Weise und Anzahl einerseits aus Schweisseisen, andererseits aus Flusseisen. Beide Sorten wurden ebenfalls von F. S. Kustermann dahier bezogen. Die Schweisseisenstäbe (mit „allerbeste Qualität, BHK., sehnige Struktur“ bezeichnet) sind aus Packeten von ca. 200/200 mm zu Knüppel auf 80/80 mm und dann in einer zweiten Hitze fertig gewalzt. Die Flusseisenstangen (ebenfalls mit „allerbeste Qualität, sehnige Struktur“ bezeichnet) sind aus 420 mm dicken Ingot's aus Thomaseisen ebenfalls in zwei Hitzen gewalzt, und zwar die mit 70/25 mm Querschnitt in der ersten Hitze auf Blöcke von 100 mm Dicke, die übrigen in der ersten Hitze auf Blöcke von 80 mm Dicke. Diese Blöcke wurden in kaltem Zustande wieder in den Ofen gebracht und dann fertig gewalzt.

Der Prüfung wurden folgende Stabformen unterzogen:

- 1) Normalstäbe von 200 mm Gebrauchslänge, 30 mm Breite des Schaftes und den Dicken 24, 18, 14 und

10 mm nach Form $\boxed{1}$ *) auf Blatt III, bezeichnet mit $\boxed{1a}$ bis $\boxed{1d}$.

- 2) Normalstäbe von 200 mm Gebrauchslänge und der gleichen Dicke von 14 mm, aber von den Breiten des Schaftes gleich 30, 24, 21,6 und 18 mm nach den Formen $\boxed{1c}$, $\boxed{2}$, $\boxed{3}$, $\boxed{4}$ auf Blatt III.

- 3) Proportionalstäbe:

a) aus Schweisseisen, ausgehend von der Normalform $\boxed{1b}$ mit den Dimensionen 220 mm Länge, 30 mm Breite und 18 mm Dicke des prismatischen Theils, in den Formen $\boxed{5a}$ und $\boxed{6a}$ mit den Hauptdimensionen

305	41 ² / ₃	25 mm
bezw. 171	23,3	14 mm

und allen übrigen Dimensionen in den Verhältnissen der Dicken: 18, 25 und 14 mm.

- b) aus Flusseisen, ausgehend von der Normalform $\boxed{1b}$

*) Die dicken Horizontalstriche sollen hier die Walzhaut andeuten.

mit den Dimensionen 220 mm Länge, 30 mm Breite und 17,5 mm *) Dicke des prismatischen Theils, in den Formen **5b** und **6b** mit den Hauptdimensionen

314	43	25 mm
bezw. 176	24	14 mm

und allen übrigen Dimensionen in den Verhältnissen der Dicken: 17,5, 25 und 14 mm.

Von jeder dieser Stabformen sollten wieder 4 Exemplare aus dem gleichen grösseren Stück (Stange) hergestellt werden. Dies geschah in folgender Weise:

- 1) Aus einer Schweisseisenstange von 2000 mm Länge und 70×25 mm Querschnitt, bezeichnet mit 01, vier Flachstäbe von der Form **5a**, bezeichnet mit 01 a, 01 b, 01 c, 01 d, und aus einer Flusseisenstange von denselben Dimensionen, bezeichnet mit 10, vier Flachstäbe von der Form **5b**, bezeichnet mit 10 a, 10 b, 10 c, 10 d.
- 2) Aus einer Schweisseisenstange von 1500 mm Länge und 55×18 mm Querschnitt, bezeichnet mit 02, vier Flachstäbe von der Form **1b**, bezeichnet mit 02 a, 02 b, 02 c, 02 d, und aus einer Flusseisenstange von derselben Länge und Breite, aber 17,5 mm Dicke, bezeichnet mit 11, vier Flachstäbe von der Form **1b**, bezeichnet mit 11 a, 11 b, 11 c, 11 d.
- 3) Aus einer Schweisseisenstange von 3000 mm Länge und 50×14 mm Querschnitt, bezeichnet mit 03, fünf Flachstäbe von der Form **1c**, bezeichnet mit 03 a, 03 b, 03 c, 03 d, 03 e, dann nach Abschneiden eines Mittelstückes von der Länge 162 mm weitere vier Flachstäbe von der Form **6a**, bezeichnet mit 03 f, 03 g, 03 h, 03 i; und aus einer Flusseisenstange von gleichen Dimensionen, bezeichnet mit 12, zuerst fünf Flachstäbe von der Form **1c**, bezeichnet mit 12 a, 12 b, 12 c, 12 d, 12 e, dann ein 130 mm langes Mittelstück und endlich vier Flachstäbe von der Form **6b**, bezeichnet mit 12 f, 12 g, 12 h, 12 i.
- 4) Aus einer Schweisseisenstange von 1500 mm Länge und 40×14 mm Querschnitt, bezeichnet mit 04, und einer Flusseisenstange von denselben Dimensionen, bezeichnet mit 13, je vier Flachstäben von der Form **2**, bezeichnet mit 04 a, 04 b, 04 c, 04 d und bezw. 13 a, 13 b, 13 c, 13 d.
- 5) Aus einer Schweisseisenstange von 2400 mm Länge und 36×14 mm Querschnitt, bezeichnet mit 05, und einer Flusseisenstange von gleichen Dimensionen, bezeichnet mit 14, je 6 Flachstäbe von der Form **3** bezeichnet mit 05 a, 05 b, 05 c, 05 d, 05 e, 05 f und bezw. 14 a, 14 b, 14 c, 14 d, 14 e und 14 f.
- 6) Aus einer Schweisseisenstange von 1500 mm Länge und 30×14 mm Querschnitt, bezeichnet mit 06, und einer ebensolchen Flusseisenstange, bezeichnet mit 15, je 4 Flachstäbe von der Form **4**, bezeichnet mit 06 a, 06 b, 06 c, 06 d, bezw. 15 a, 15 b, 15 c, 15 d.
- 7) Aus einer Schweisseisenstange von 1500 mm Länge und 50×18 mm Querschnitt, bezeichnet mit 07, und einer ebensolchen Flusseisenstange, bezeichnet mit 16, je 4 Flachstäbe von der Form **1b**, bezeichnet mit 07 a, 07 b, 07 c, 07 d, bezw. 16 a, 16 b, 16 c, 16 d.
- 8) Aus einer Schweisseisenstange von der Länge 1500 mm und dem Querschnitt 50×24 mm, bezeichnet mit 08, und einer Flusseisenstange von gleichen Dimensionen, bezeichnet mit 17, je 4 Flachstäbe von der Form **1a**, bezeichnet mit 08 a, 08 b, 08 c, 08 d, bezw. 17 a, 17 b, 17 c, 17 d.
- 9) Aus einer Schweisseisenstange von 1500 mm Länge und 50×10 mm Querschnitt, bezeichnet mit 09, und einer ebensolchen Flusseisenstange, bezeichnet mit 18, je 4 Flachstäbe von der Form **1a**, bezeichnet mit 09 a, 09 b, 09 c, 09 d, bezw. 18 a, 18 b, 18 c, 18 d.

Auch diese Flachstäbe wurden selbstverständlich aus den angelieferten Stangen auf kaltem Wege bearbeitet, durch Abstossen, Hobeln und Feilen.

Sämmtliche Probestücke, sowohl die Rundstäbe unter A, als die Flachstäbe unter B und C, wurden vollständig fertig gestellt, bei den Flachstäben auch die Nuten für die Einspannkeile eingefräst, dann wurden sie, mit Ausnahme der Stäbe I 1c, II 1b, III 3b, IV 2b, V 3c, VI 1a, VII 1b aus den Schürbeln und 03 e, 12 e, 05 e, 05 f, 14 e und 14 f aus Flacheisenstangen, welche dazu verwendet werden sollten, das Material im Anlieferungszustande zu prüfen, sorgfältig ausgeglüht. Dies geschah in einem eigens hiefür im Hofe des Laboratoriums erbauten Ofen, der auf Blatt IV dargestellt ist. Die auszuglühenden Stäbe wurden in Blechkästen K, deren Boden mit Holzasche belegt war, auf der Hochkante stehend, so eingeschlichtet, dass Zwischenräume von ca. 5 mm zwischen ihnen waren, die mit Holzasche ausgefüllt wurden. Ebenso wurde oben auf die Stäbe, bis an den Rand der Kästen, Holzasche gebracht und dann die Kästen mit Blechdeckeln geschlossen, die mit Lehm gedichtet wurden. Die Kästen standen im Ofen auf Eisenschienen in angemessener Höhe über dem Rost. Die Feuerung geschah mit Holz, meist Buchenholz, und währte 3—4 Stunden, wobei das Holz von beiden Stirnseiten her eingeworfen und eingelegt wurde. Nach Schluss der Feuerung, wo die Kästen in voller Rothglut standen, wurden die Stirnseiten des Herdes mit starken Blechplatten geschlossen und der Ofen ca. 20 Stunden lang ruhig erkalten gelassen. Beim Oeffnen der Kästen überzeugte man sich, dass ihr Inhalt durch und durch geglüht hatte. In Folge der gleichmässigen

*) Von den gleichfalls mit 18 mm Dicke bestellten Flusseisenstangen war eine in Wirklichkeit nur 17,5 mm stark.

Erwärmung und ruhigen langsamen Abkühlung blieben die Stäbe vollständig gerade.

III.

Die Versuche mit den im vorstehenden Abschnitte beschriebenen Probestäben wurden sämtlich mit der Werder'schen Maschine ausgeführt. Sie erstreckten sich ausser auf Bestimmung der Zugfestigkeit, der Querschnitts-Contraction und der Dehnung nach dem Bruche auch auf Ermittlung der Elasticitäts- und Streckgrenze, sowie des Elasticitätsmoduls innerhalb der ersteren.

Die Rundstäbe wurden ihren auf Blatt I gezeichneten Köpfen gemäss mit der in Heft XIV dieser „Mittheilungen“ S. 287 beschriebenen und auf Blatt II Fig. 4 daselbst abgebildeten Vorrichtung eingespannt. Die Enden der Flachstäbe wurden mit sorgfältig eingefrästen Nuten versehen und mittelst ebenso gefräster und in die Mäuler der bekannten Werder'schen Einspannköpfe sorgfältig eingepasster Keile in jenen festgehalten. Die Einspannköpfe waren dabei so aufgehängt, wie es im vorigen Hefte dieser Mittheilungen auf S. 7 beschrieben und auf Blatt I abgebildet ist. Diese Anordnung hat sich auch bei allen den hier mitzutheilenden Versuchen gut bewährt.

Die Messung der Dehnung bis zur Elasticitäts- und darüber hinaus bis zur Streckgrenze wurde mittelst meines Spiegelapparates gemacht, welcher bei den Flachstäben in der Mitte der Breitseiten angebracht war. Die Messlänge, d. h. die Länge, auf welche die Dehnung gemessen wurde, betrug:

- a) bei den Rundstäben mit 22 und 22,5 cm Länge des cylindrischen Theils 10 cm, bei den mit 27 cm Länge 14 und bei den mit 30 cm Länge 15 cm (die im cylindrischen Theil nur 15 cm langen Probestäbchen von der Form ⑦ waren zu kurz, um diese Messungen überhaupt vornehmen zu können);
- b) bei den Flachstäben mit 22 und mehr cm Länge des prismatischen Theils 15 und bei den kürzeren (Form 11, 6a und 6b) nur 10 cm.

Die Uebersetzung meines Spiegelapparates ist bekanntlich 1 : 500 (Verhältniss des Halbmessers der Hartgummiwälzchen zur Entfernung der Scala von den Spiegeln); auf den Scalen in den Gesichtsfeldern der Fernrohre werden $\frac{1}{10}$ Doppelmillimeter abgelesen (geschätzt), welche also die Bedeutung von $\frac{1}{5000}$ mm haben. Da beide Ablesungen immer nur addirt werden, anstatt das Mittel zu ziehen, so hat die letzte Stelle in der Summe die Bedeutung von $\frac{1}{10000}$ mm. Dass der Apparat das in der That leistet, dass seine Genauigkeitsgrenzen*) zu $\pm 0,0001$ mm angenommen

*) Unter Genauigkeitsgrenzen $\pm \Delta x$ einer gemessenen Grösse x verstehe ich hier, dass diese Grösse gemäss der Genauigkeit der angewandten Messwerkzeuge und Messmethoden auch gleich $x + \Delta x$ oder $x - \Delta x$ sein könnte. Wenn $\pm \Delta x$, $\pm \Delta y \dots$ die Genauigkeits-

werden dürfen, habe ich bei verschiedenen Gelegenheiten gezeigt, zuletzt wieder durch die im vorigen Hefte mitgetheilten Messreihen. Der Durchmesser der Hartgummiwälzchen (rund 6,4 mm) wird mittelst meines Dickemessers auf 0,001 mm genau bestimmt, die Entfernung der Scala von den Spiegeln (rund 1600 mm) kann auf 1 mm genau eingestellt werden, also kann im Uebersetzungsverhältniss $\frac{1}{2} \times 6,4 : 1600 = 1 : 500$ nur ein Fehler von rund 0,1 % gemacht werden. Diess entspricht wieder bei vorliegendem Material und den gewöhnlich gebrauchten Dimensionen den obigen Genauigkeitsgrenzen.

Um die Elasticitätsgrenze zu finden, wurde mit der Belastung von 0 an in je einer Minute in solchen Intervallen vorgegangen, dass die Differenzen der gemessenen Dehnungen etwa 100 (oder auch nur 70—80 und 110 oder 120) Zehntausendtel Millimeter betragen. Diese Intervalle waren also beispielsweise bei Stäben mit 10 cm Messlänge und 5 qcm Querschnitt für vorliegendes Material, dessen Elasticitätsmodul ungefähr 2'000000 at ist, gleich einer Tonne (rund). Beim Aufbringen dieser Belastungen wurden stets die Pumpen der Werdermaschine angewendet, mit denen ein ganz sicheres Einstellen möglich ist. Nach je vier solchen Intervallen wurde auf Null zurückgegangen, um die bleibende Dehnung zu messen. Dabei wurde der Presskolben der Maschine mittelst Wurmrad und Zahnstange soweit zurückgeschoben, bis der Bolzen des vorderen Einspannkopfes, der etwas Spielraum im Loche des Kopfes hat, mit der Hand leicht gedreht werden konnte.

Als Kennzeichen der Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze wurde in erster Linie das Wachsen jener bis dahin ganz oder nahezu constanten Differenzen um mindestens 2 Einheiten (Zehntausendtel Millimeter) und Fortwachsen derselben in den folgenden Intervallen genommen. Ich nehme also „Elasticitätsgrenze“ gleichbedeutend mit „Proportionalitätsgrenze“. Dabei trafen in der Regel beim nächsten Rückgang der Belastung auf Null auch die beiden anderen Kennzeichen dieser Ueberschreitung zu: bedeutende Steigerung der bis dahin nur allmählich anwachsenden bleibenden Dehnungen und Vergrösserung der gesammten Dehnung, wenn nach der Entlastung die gleiche Belastung wieder aufgebracht wurde, wie vorher. — War hiebei die erste Vergrösserung jener Dehnungsdifferenzen nur gering, etwa 2—5 Einheiten, so wurde die Elasticitätsgrenze in die Mitte des betr. Intervalls verlegt, an den Anfang desselben dagegen, wenn jene

grenzen der Grössen $x, y \dots$ sind, aus welchen die Funktion $f(x, y \dots)$ gebildet wird, so sind, wie leicht zu sehen, die Genauigkeitsgrenzen dieser Funktion:

$$\pm \left[\pm \frac{df}{dx} \Delta x \pm \frac{df}{dy} \Delta y \pm \dots \right]$$

wo die Zeichen in der Klammer so zu wählen sind, dass die Glieder stets zu einander addirt werden.

Vergrößerung mehr als ca. 5 Einheiten betrug. Die Genauigkeitsgrenze für diese Art der Bestimmung der Elasticitätsgrenze dürfte also auf ca. $\pm \frac{1}{4}$ des Belastungsintervalls angenommen werden.

Nach Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze wurde in denselben Zeit- und Belastungsintervallen fortgegangen, bis die Streck- (Fließ-)grenze erreicht oder überschritten war. Dieselbe gab sich in den meisten Fällen scharf dadurch zu erkennen, dass die Wagschale der Maschine plötzlich sank und zugleich die Scalenbilder rasch durch die Gesichtsfelder der Fernrohre liefen. Manchmal fiel die Ueberschreitung der Streckgrenze und Elasticitätsgrenze in dasselbe Intervall; dann wurde die Elasticitätsgrenze etwas, ohngefähr um das Viertelintervall vor die Streckgrenze gelegt. Manchmal aber war auch die Streckgrenze weit über der Elasticitätsgrenze, und dann der Uebergang von dieser zu jener sehr allmählich. In diesem Falle findet dann auch kein plötzliches Sinken der Wagschale statt und wurde eben die Streckgrenze dahin gelegt, wo die Scalenbilder bereits rasch durch das Gesichtsfeld gingen, so dass die Dehnungsdifferenz in der Minute und für das Belastungsintervall ohngefähr das 3—4fache derjenigen war, die man innerhalb der Elasticitätsgrenze erhielt. In allen Fällen kann die Genauigkeitsgrenze für diese Bestimmung der Streckgrenze etwa so, wie bei der Elasticitätsgrenze angenommen werden.

Nach Ueberschreiten der Streckgrenze wurde der Spiegelapparat abgenommen und das Probestück mittelst des Pohlmyer'schen Multipliers weiter belastet, bis die Maximalbelastung erreicht wurde. Dabei wurde jedesmal, wenn die Libellenblase in der Mitte eingespielt hatte und diese überschreiten wollte, ein neues Mehrgewicht zugelegt, das anfangs grösser, gleich einer $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$ Tonne genommen wurde; später aber, wenn man in die Nähe der Maximalbelastung kam, wurde stets nur 0,1 Tonne zugelegt. Das Belastungsmaximum war scharf durch das Sinken der Wagschale zu erkennen und wurde gleich der auf der Wagschale liegenden Belastung gesetzt, wenn die Libellenblase von der Mitte zurückging, oder gleich der auf der Wagschale liegenden Belastung weniger 0,05 Tonnen, wenn die Blase die Mitte nicht wieder erreichte. Die Genauigkeitsgrenze für die Maximalbelastung kann also gleich $\pm 0,025$ Tonnen oder ± 25 kg angenommen werden. — Die Bruchbelastung wurde nicht beobachtet; als Zugfestigkeit wird der Quotient aus der Maximalbelastung durch den ursprünglichen Querschnitt genommen. Die Geschwindigkeit der Dehnung war hiebei immer so, dass der Presskolben der Maschine in der Minute um ca. 2 mm vorrückte; doch ist das Resultat, wie ich im vorigen Hefte dieser „Mittheilungen“ zeigte, innerhalb sehr weiter Grenzen von jener Geschwindigkeit unabhängig.

An den Bruchstücken wurde noch der Bruchquerschnitt und die Dehnung nach dem Bruche gemessen. Jener, bei den Rundstäben sowohl als bei den Flachstäben, mittelst eines Zirkels, dessen Spitzen gegeneinander verstellt und mittelst einer kleinen Mikrometerschraube gegen- oder voneinander bewegt werden können, und mit dem dann das Maass auf einen, in 0,1 mm getheilten, auf Neusilber eingeritzten Transversal-Maassstab abgegriffen wurde. In Folge dieses doppelten Abgreifens darf wohl die Genauigkeitsgrenze dieser Messung nicht unter $\pm 0,1$ mm gesetzt werden. Der ursprüngliche Querschnitt wurde bei Rund- wie bei Flachstäben mit einem Schubmass gemessen, auf dessen Theilung mittelst Nonius 0,1 mm abgelesen werden können. Hier darf die Genauigkeitsgrenze zu $\pm 0,05$ mm angenommen werden. Wo bei den Flachstäben der Querschnitt eingezogen, in der Mitte dünner war, als an den Rändern, da wurden diese Dimensionen dreimal, an den beiden Rändern und in der Mitte gemessen und daraus dann nach der Simpson'schen Regel das Mittel genommen, indem man die Summe aus den beiden Rand-Dimensionen und der vierfachen Dimension in der Mitte durch 6 dividirte. Dasselbe Verfahren wurde verfolgt, wenn auch die Breite an 3 Stellen gemessen werden musste, was jedoch nur selten vorkam, während jener erste Fall fast ausnahmslos auftrat.

Um die Dehnung nach dem Bruche messen zu können, wurden vor der Prüfung auf jedem Rundstab auf zwei entgegengesetzten Seiten, auf jedem Flachstab in den Mitten der beiden Schmalseiten und in der Mitte einer Breitseite Längslinien gezogen (geritzt) und auf denselben über den ganzen cylindrischen oder prismatischen Theil des Stabs eine Centimetertheilung angebracht, bei einigen Stäben in Strichen mittelst der Theilmaschine, bei den meisten in Körnern mittelst eines Doppelkörners, dessen beide Spitzen 1 cm von einander entfernt waren. In jedem Fall wurde die Entfernung der Endmarken mittelst des oben schon genannten Schubmaasses controlirt, so dass diese bis auf $\pm 0,05$ mm genau angesehen werden konnte. — Längs dieser Linie wurde die Länge der betr. ursprünglichen Strecke nach dem Bruche gemessen, und zwar immer so, dass man auf jedem Bruchstücke einzeln bis zur Bruchstelle mass. Die Bruchstücke wurden also an der Bruchstelle nicht zusammengeschoben und über diese hinweg gemessen, weil ein völliges Zusammenpassen beider Bruchstücke nicht möglich ist.

Bei allen Rund- und bei allen Flachstäben auf den Schmalseiten wurde die Verlängerung von ursprünglich 10 cm und ausserdem noch bei den entsprechend langen Stäben die von ursprünglich 20 cm, bei allen sog. Proportionalstäben aber auch noch die Verlängerung des ganzen cylindrischen oder prismatischen Theiles gemessen, so dass

für jeden Stab, ohne Ausnahme, die Verlängerung von mindestens 2 Längen gemessen wurde, woraus dann die sog. gleichförmige und die locale Dehnung*) berechnet werden kann. Ausserdem wurde bei den Flachstäben noch die Verlängerung von ursprünglich 20 cm bei den längeren und von ursprünglich 10 cm bei den kürzeren auf einer der Breitseiten gemessen. Diese Messungen wurden ohne Ausnahme nach der strengeren, von den Conferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden empfohlenen und in deren „Beschlüssen“ (S. 18) niedergelegten Methode**) ausgeführt. Ausserdem wurde der Vergleichung halber bei denjenigen Stäben, welche mindestens 200 mm Gebrauchslänge hatten, für diese Länge auch die weniger genaue aber bequemere Methode angewendet, wo auf jedem der beiden Bruchstücke, gleichviel wo der Bruch liegen mag, vom Ende jener Länge von 200 mm bis zur Bruchstelle gemessen wird.

Alle diese Messungen wurden mit dem schon oben genannten Schubmass gemacht, dessen Genauigkeitsgrenze an sich zu $\pm 0,05$ mm angenommen werden darf, für solche Strecken aber, die bis zur Bruchstelle reichen, wegen Unsicherheit der Einstellung daselbst, nicht niedriger als $\pm 0,1$ mm.

IV.

Die Resultate aller dieser Versuche und Messungen sind in den Tabellen I—V niedergelegt und zwar in den Tabellen I—IV nach den Stabformen geordnet und in der Tabelle V für die Schürbel zusammengestellt. Für die Flachstangen war eine solche Zusammenstellung nicht nöthig, da sie sich in den Tabellen III und IV nahezu vollständig und übersichtlich genug schon von selbst ergab. Die Resultate für die oben (Seite 6) bezeichneten nicht ausgeglühten Stäbe sind in liegender Schrift gedruckt. In diesen Tabellen enthält die Spalte 1 die Bezeichnung des Probestabes und des Materials, aus dem er besteht, die Spalte 2 Querschnittsform und -Grösse und Spalte 3 die Länge des prismatischen oder cylindrischen Theils des Probestabes in mm. Die Querschnittsdimensionen konnten bei der Bearbeitung natürlich nicht ganz genau eingehalten werden; sie waren wohl auch um einen oder einige Zehntelmmillimeter grösser oder kleiner, als in Spalte 4 angegeben. Natürlich wurden sie vor der Prüfung jedes Stabes genau und zwar bis auf 0,1 mm mit dem schon öfter erwähnten Schubmaass oder auch mit dem ebenfalls schon genannten Zirkel und Transversal-Maassstab bestimmt, sodass ihre Genauigkeitsgrenze, wie oben (S. 8) bereits erörtert, zu $\pm 0,05$ mm angenommen werden kann. Daraus ergibt sich die Genauigkeits-

*) Vgl. „Protokolle der III. Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden etc.“ S. 11 und Tetmajer in „Schweizer'sche Bauzeitung“ 1891 Nr. 19 und 20.

**) vgl. auch das XIV. Heft dieser „Mittheilungen“ S. 149.

Bauschinger, Mittheilungen, XXI.

grenze der ursprünglichen Querschnittsfläche eines Rundstabes mit dem Durchmesser d zu $\pm \frac{10}{d}$ Proc. und eines Flachstabes mit der Breite a und der Dicke b zu $\pm \left[\frac{5}{a} + \frac{5}{b} \right]$ Proc. Für den dünnsten hier gebrauchten Rundstab mit 10 mm Durchmesser beträgt also die Genauigkeitsgrenze der Querschnittsausmessung $\pm 1\%$, für den dicksten mit 25 mm Durchmesser $\pm 0,4\%$; für den schwächsten Flachstab ($a = 20, b = 12$ mm) $\pm 0,67$ und für den stärksten ($a = 43, b = 25$ mm) $\pm 0,32\%$.

Die Spalten 4—7 enthalten den Elasticitätsmodul, die Elasticitäts- und Streckgrenze und die Zugfestigkeit. Ueber die Genauigkeitsgrenzen dieser Zahlen und über die damit in Zusammenhang stehenden Einheiten, in denen sie ausgedrückt wurden, ist das Folgende zu sagen:

Der Elasticitätsmodul ist gleich $\frac{Pl}{F\Delta l}$, wo P , in Tonnen, die Belastung innerhalb der Elasticitätsgrenze ist, welche an einen Stab vom Querschnitt P , in qmm, auf die Länge l , in mm, die Verlängerung Δl in mm hervorbringt, Die Genauigkeitsgrenze von P hängt ab von der Genauigkeit des Hebels der Controlwage, von der Genauigkeit der Controle selbst und von der Genauigkeit oder Empfindlichkeit der Libelle am Wagehebel. Der kleine Hebelarm der Controlwage ist rund 34 mm lang und kann auf 0,1 mm, also auf $\frac{1}{340}$ oder $\frac{1}{3}\%$ genau controlirt werden, der grosse, 340 mm lange, sicher auf $\frac{1}{2}$ mm oder $\frac{1}{680} = \frac{1}{6}\%$. Das Uebersetzungsverhältniss dieses Hebels kann also bis auf $\frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}\%$ genau festgestellt werden; Bei der Controle lasse ich immer ein Gewicht von 100 kg auf die Wagschale der Controlwage und 2 kg (mit dem Werthe 1 Tonne) auf die der Hauptwage legen; dabei gibt die Libelle der letzteren bei 4 gr noch einen sehr merklichen Ausschlag, sodass die Hauptwage sicher auf $\frac{1}{500}$ oder $\frac{1}{5}\%$ richtig controlirt und daher ihre Genauigkeit gleich der des Controlhebels, $\frac{1}{2}\%$, angenommen werden darf. Dass diess auch für höhere Belastungen zutrifft, zeigt das proportionale Anwachsen der Dehnungen des von mir gebrauchten Controlstabes (bis 50 Tonnen) und die weit ausreichende Empfindlichkeit der Libelle dabei.

Die Länge l , für welche die Dehnung mit dem Spiegelapparat gemessen wird (15, 14 oder 10 cm), kann auf $\pm 0,1$ mm, und die Verlängerung Δl derselben, wie oben erörtert, bis $\pm 0,0001$ mm genau gesetzt werden, F endlich, wie gleichfalls bereits gezeigt, zu $\pm 0,32$ bis $\pm 1\%$. Die Genauigkeitsgrenze des Elasticitätsmoduls ist folglich gleich:

$$\pm 100 \times \left[\frac{0,1}{l} + 0,005 + \left\{ \frac{0,0032}{0,01} \right\} + \frac{0,0001}{\Delta l} \right] \%$$

Setzen wir hierin für l den grössten Werth, welcher

gebraucht wurde, 150 mm, dann ist Δl , bei Annahme des Elasticitätsmoduls von 2'200000 kg pro qcm und einer Elasticitätsgrenze von 1500 kg pro qcm,

$$= 150 \times \frac{1500}{2'200000} = 0,1 \text{ mm,}$$

also die obige Genauigkeitsgrenze

$$\pm 100 \times \left[0,0007 + 0,005 + \left\{ \begin{array}{l} 0,0032 \\ 0,01 \end{array} \right\} + 0,001 \right]$$

oder $\pm 0,99$ bis $\pm 1,67\%$. Es kann also, da die Grösse des Elasticitätsmoduls (fast constant) gleich 22 t pro qmm ist, in seiner Bestimmung ein Fehler von mindestens $\pm 0,22 t$ gemacht worden, wesshalb es nicht nöthig ist, denselben genauer als auf 0,1 t pro qmm auszurechnen und anzugeben.

Die Elasticitäts- und Streckgrenze werden durch Division der dabei erreichten Belastung P durch den Querschnitt F erhalten. Die Genauigkeitsgrenze jener ist oben zu $\pm \frac{1}{4}$ des bei der Messung angewendeten Belastungsintervalls ΔP , die der letzteren Grösse zu $\pm 0,32$ bis $\pm 1\%$ angegeben worden. Als Belastungsintervall wurde im Mittel dasjenige angewendet, welches $\frac{100}{10000} \text{ mm}$ Ausdehnung hervorbrachte, also aus der Gleichung

$$\frac{\Delta P \cdot l}{P} = 22000 \text{ kg p. qmm}$$

$$\text{als } \Delta P = 220 \frac{F}{l} \text{ kg.}$$

berechnet werden kann, wo l in mm und F in qmm auszudrücken ist. Demnach ist in dem Quotienten $\frac{P}{F}$ die Genauigkeitsgrenze von P gleich $\pm 55 \frac{F}{l} \text{ kg}$ und folglich die von

$$\frac{P}{F} \text{ gleich } \pm 100 \times \left(\frac{55 \frac{F}{l}}{P} + \left\{ \begin{array}{l} 0,0032 \\ 0,01 \end{array} \right\} \right) \text{ Proc.}$$

$$\text{oder } \pm \left(\frac{5500}{\frac{P}{F} l} + \left\{ \begin{array}{l} 0,32 \\ 1 \end{array} \right\} \right) \text{ Proc.}$$

P wird man bei oder nahe bei der Elasticitätsgrenze annehmen, $\frac{P}{F}$ also gleich 15 kg pro qmm setzen; und nimmt man, wie oben, l = 150 mm, so ist obige Genauigkeitsgrenze für die Elasticitätsgrenze $\pm 2,76$ bis $\pm 3,44\%$. Der bei Bestimmung der letzteren, welche wieder im Mittel zu 15 kg pro qmm angenommen werden möge, begangene Fehler ist also mindestens gleich $\pm 0,4 \text{ kg}$ pro qmm zu setzen. Desshalb wurde sie in Spalte 5 nur bis auf 0,1 kg pro qmm ausgerechnet und eingetragen. Dasselbe gilt für die Streckgrenze in Spalte 6.

Die Zugfestigkeit endlich, der Quotient aus der Maximalbelastung und der ursprünglichen Querschnittgrösse, wird, wie oben erörtert, bis auf $\pm 25 \text{ kg}$ im Zähler dieses Quotienten genau erhalten und bis auf 0,32 bis 1% im Nenner für den grössten, bzw. kleinsten vorkommenden

Querschnitt von 78,5 bis 1075 qmm. Da für diese Querschnitte die Maximalbelastung ca. 3000 bis 40000 kg betrug, von welchen jene $\pm 25 \text{ kg}$ $\pm 0,8$ bis $\pm 0,06\%$ ausmachen, so sind die Genauigkeitsgrenzen des Quotienten $\frac{P}{F}$, der Zugfestigkeit, $\pm (0,8 + 1) = \pm 1,8$ bis $\pm (0,06 + 0,32)$ gleich $\pm 0,38\%$. Da diese bei vorliegenden Versuchen rund 36 kg pro qmm beträgt, so ist also der bei ihrer Bestimmung gemachte Fehler mindestens $\pm 0,14 \text{ kg}$ pro qmm. Sie wurde daher auf 0,1 kg ausgerechnet und in Spalte 7 eingetragen.

Die 8te Spalte enthält die Querschnittscontraction in Procenten des ursprünglichen Querschnittes, welche durch Division des Bruch-Querschnittes durch den ursprünglichen, Subtraction des Quotienten von 1 und Multiplication dieser Zahl mit 100, also als $100 \left(1 - \frac{F'}{F} \right)$ erhalten wird. Die Genauigkeitsgrenze vom F ist $\pm 0,32$ bis $\pm 1\%$, die von F' mindestens doppelt so gross (s. oben S. 8), aber eigentlich grösser, weil der Bruchquerschnitt bedeutend kleiner als der ursprüngliche ist; doch mag sie nur doppelt so gross, also $\pm 0,64$ bis $\pm 2\%$ angenommen werden, dann sind die Genauigkeitsgrenzen jenes Ausdruckes für die Contraction:

$$\pm 100 \frac{F'}{F} \left[\left\{ \begin{array}{l} 0,0064 \\ 0,02 \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} 0,0032 \\ 0,01 \end{array} \right\} \right]$$

oder für $\frac{F'}{F}$ rund 0,50 gesetzt.

$$\pm 0,48 \text{ bis } \pm 1,5.$$

Es genügt also die Contraction in ganzen Procenten anzugeben.

Die 9te Spalte enthält die Nummer des Centimeters, innerhalb dessen der Bruch erfolgte, stets vom Ende des prismatischen oder cylindrischen Theiles herein auf dem kleineren der beiden Bruchstücke gezählt. Wenn also diese Zahl kleiner als der dritte Theil der in Spalte 3 eingetragenen, aber in cm ausgedrückten Länge ist, so erfolgte der Bruch ausserhalb des mittleren Drittels der Gebrauchslänge*).

In Spalte 10 ist die Länge angegeben, für welche die daneben, in den Spalten 11—13 stehenden Bruchdehnungen gemessen und auf welche sie in Procenten bezogen sind. Davon sind die in den Spalten 11 u. 12 stehenden Zahlen die Mittel der auf den beiden gegenüberliegenden Seiten, bei den Flachstäben also der auf den beiden Schmalseiten erhaltenen Zahlen. Diese procentualen Dehnungen berechnen sich aus den S. 8 beschriebenen Messungen als $\frac{l'-l}{l} \times 100$, worin l die ursprüngliche Länge und l' diese Länge nach dem Bruch bedeutet. Jene kann bis $\pm 0,05 \text{ mm}$ genau angenommen werden, diese setzt sich mindestens aus zwei Summanden zusammen, deren Genauigkeitsgrenzen zu $\pm 0,1 \text{ mm}$ angenommen werden können, und häufig kommt noch ein

*) Vgl. „Vorschriften für Lieferungen von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute“. Düsseldorf 1889. S. 10.

dritter Summand (bei grösseren ursprünglichen Längen von 200 mm und darüber fast immer) hinzu, die Entfernung zweier Körner, deren Genauigkeitsgrenze 0,05 mm ist, sodass also die Genauigkeitsgrenze von l' gleich $\pm 0,25$ mm ist. Daraus berechnet sich die Genauigkeitsgrenze von $\frac{l'-1}{l} 100$ zu $\pm 100 \left[\frac{0,25}{l'} + \frac{0,05}{l} \right] \frac{l'}{l}$ und für $l = 200$ und $l' = 250$ gleich $\pm 0,156$, für $l = 100$ und $l' = 125$ gleich $\pm 0,312$. Es ist also schon die erste Decimalstelle der procentualen Dehnungen in den Spalten 11—13 unsicher, und genügt es, sie noch anzugeben.

Die Spalten 14 und 15 endlich geben die sog. gleichmässige und die locale Dehnung, aus den in Spalte 11 stehenden procentualen Dehnungen in folgender Weise berechnet: Bezeichnen bei einem und demselben Stab α und β diese letzteren Dehnungen für die Längen a und b und ist λ die procentuale gleichmässige und Δl die locale Dehnung, letztere, wie a und b , in mm ausgedrückt, dann bestehen die beiden Gleichungen:

$$\frac{\alpha}{100} a = \frac{\lambda}{100} a + \Delta l$$

$$\frac{\beta}{100} b = \frac{\lambda}{100} b + \Delta l,$$

aus welchen folgt:

$$\lambda = \frac{\alpha a - \beta b}{a - b}$$

und

$$\Delta l = \frac{ab(\beta - \alpha)}{100(a - b)}.$$

In der Regel würden λ und Δl aus α und β für die Längen $a = 200$ und $b = 100$ mm bei den längeren und $a = 150$ und $b = 100$ bei kürzeren Stäben berechnet und in Spalte 14 u. 15 eingetragen. Für einige Stäbe, bei welchen die procentualen Gesamtverlängerungen in Spalte 11 für drei verschiedene ursprüngliche Längen gemessen worden sind, wurden 3 Paar Werthe für λ und Δl berechnet und in den Spalten 14 u. 15 aufgenommen; je der oberste derselben ist dann durch Combination der beiden obersten Zahlen in Spalte 11, der zweite durch Combination der obersten und untersten und der dritte durch Combination der beiden unteren Zahlen in dieser Spalte erhalten worden.

Schon der erste Anblick der Zahlen in den Tabellen I—IV zeigt, dass das Material innerhalb eines und desselben grösseren Stückes (Schürbel, Flachstange) keineswegs gleichartig war, viel weniger in verschiedenen solchen Stückchen aus gleichem Material, in verschiedenen Schürbeln, verschiedenen Flusseisen- oder Schweisseisensfangen. In der That erschien es mir anfangs hoffnungslos, die erhaltenen Versuchsergebnisse für den Zweck, für welchen die Arbeit unternommen wurde, verwerthen zu können. Aber der Hinblick auf die grossen Kosten, welche die Herstellung der Probestücke erforderte, und die grossen Opfer an Zeit und Arbeit, welche auf die Durch-

führung der Versuche verwendet worden waren, endlich die Aussichtslosigkeit, gleichmässigeres, für solche Zwecke besser geeignetes und doch auf dem Wege der Massenfabrication hergestelltes Material zu bekommen, trieben mich doch immer und immer wieder dazu an, die scheinbar wirre und regellos durcheinander laufenden Zahlen zu ordnen und zu versuchen, Gesetze aus ihnen heraus zu lesen, welche zur Beantwortung der vorgelegten Frage dienen können. Ob und in wie weit mir das gelungen ist, mögen die folgenden Abschnitte zeigen.

V.

Elasticitäts-Modul. Die Genauigkeitsgrenzen für denselben sind nach den Erörterungen auf S. 9 ± 1 bis 1,67%, also, bei einem mittleren Werthe desselben von 22 t pro qmm gleich $\pm 0,22$ bis $\pm 0,37$ t pro qmm. Bei den Schürbeln (Tab. V) ist der kleinste Werth, welcher erhalten wurde, 20,9, der grösste 23,4 t pro qmm. Der Unterschied, 2,5 t pro qmm, übersteigt die obigen Genauigkeitsgrenzen weit. Die Mittelwerthe für die ganzen Schürbel sind jedoch nahezu constant, 22,1 — 22,3 kg pro qmm.

Da die Schürbel aus den verschiedenen Rund- und Flachstäben sehr verschieden zusammengesetzt sind, so zeigt dieses Resultat schon, dass der Einfluss der Stabform auf dem Elasticitätsmodul nur gering sein kann. In der That zeigen die mittleren Werthe derselben für die verschiedenen Rundstabformen (Tab. I) keine Unterschiede, die auf einen solchen Einfluss schliessen lassen könnten. Die dünnen Formen ④ und ⑥ geben zwar beträchtlich kleinere Werthe als die dickeren ② und ⑤, aber die gleichfalls dünnen Stäbe von der Form ③ geben einen Werth, der gleich dem Mittelwerth für die Formen ② und ⑤ ist, und die dicksten Stäbe von der Form ① geben einen Werth, der den für die dünnen Formen ④ und ⑥ nur ganz wenig übertrifft. Dagegen zeigen die Normalflachstäbe ohne Walzhaut (Tab. II) von gleicher Breite aber verschiedener Dicke (Form 1 bis 4) einen mit der Dicke wachsenden, und die von gleicher Dicke, aber verschiedener Breite (Form 5 bis 8) einen abnehmenden mittleren Elasticitätsmodul bei wachsender Breite, während die Proportionalstäbe (Form 9 bis 11) bei grösseren Dimensionen einen grösseren mittleren Elasticitätsmodul ergaben.

Aehnliche Resultate folgen aus den in Tab. III und IV enthaltenen Zahlen für den Elasticitätsmodul von Flachstäben mit Walzhaut aus Schweisseisen- und Flusseisenstangen. Bei beiden Materialsorten wächst der Elasticitätsmodul bei gleicher Breite mit der Dicke und bei den Proportionalstäben mit den Dimensionen überhaupt. Bei den Stäben mit gleicher Dicke und verschiedener Breite jedoch ist der Einfluss der Breite auf den Elasticitätsmodul unbestimmt.

Bei der Beurtheilung dieser Resultate muss man überlegen, dass die Messungen der Verlängerungen eines Probestückes immer nur an dessen Oberfläche geschehen können, und der Angriff derselben durch die streckenden Kräfte auch immer nur zunächst der Oberfläche stattfindet, und zwar bei Flachstäben beides, Messung und Angriff nur auf den Breitseiten. In Folge dessen wird die Verlängerung immer etwas zu gross, der Elasticitätsmodul immer etwas zu klein erhalten. Bei Rundstäben ist die Vertheilung der angreifenden Kräfte über den Querschnitt besser, daher der gemessene Elasticitätsmodul richtiger und von den Dimensionen weniger abhängig. Bei Flachstäben sei b die Breite, d die Dicke des Querschnittes und d' die Dicke der stärker gezogenen Oberfläche, in welcher σ' die Spannung pro Flächen-Einheit bezeichne, während σ die Spannung im Innern sei. Ist dann P die Gesamtkraft, mit welcher gestreckt wird, so ist

$$2 b d' \sigma' + b (d - 2 d') \sigma = P$$

woraus
$$\sigma' = \frac{1}{2} \frac{P}{b d'} - \frac{1}{2} \frac{d}{d'} \sigma + \sigma.$$

Je grösser also bei gleichbleibendem d die Breite b , oder je grösser bei gleichbleibendem b die Dicke d , oder je grösser bei Proportionalstäben beide zugleich werden, desto kleiner wird σ' , desto kleiner die gemessene Verlängerung, welche P hervorbringt, desto grösser der Elasticitätsmodul.

Bezüglich des Einflusses der Breite ist jedoch noch zu beachten, dass derselbe leicht verdeckt werden kann durch die Art und Weise, wie die Keile in den gefrästen Nuten der Einspannenden angreifen. Vollkommen gleichmässig über die ganze Länge der Nuten ist derselbe ja nie. Greifen nun die Zähne der Keile aussen mehr an, als innen, so muss die in der Mitte der Breite gemessene Verlängerung zu klein, im andern Falle zu gross erhalten werden.

Der mittlere Elasticitätsmodul ist für sämtliche Rundstäbe (Tab. I) 22,3, für die Flachstäbe ohne Walzhaut aus Flusseisen (Tab. II) 22,0, für die Flachstäbe mit Walzhaut aus Schweisseisen (Tab. III) 21,5 und für die Flachstäbe mit Walzhaut aus Flusseisen (Tab. IV) 21,9 *kg pro qmm*. Er ist also für die Rundstäbe am grössten (vgl. oben), für die Flachstäbe mit und ohne Walzhaut aus Flusseisen fast gleichgross und für die Flachstäbe aus Schweisseisen um nur etwa 2 Procent kleiner, als für solche aus Flusseisen.

Alle diese Unterschiede der mittleren Werthe des Elasticitätsmoduls bewegen sich jedoch meist innerhalb der Genauigkeitsgrenzen für diese Grösse und werden von den Unterschieden, welche zufällig bei gleichem Material und gleicher Stabform vorkommen, übertroffen.

VI.

Zugfestigkeit. In Bezug auf diese Eigenschaft zeigen die Probestäbe aus einer und derselben

Flusseisenstange (Tab. IV) sehr gute Uebereinstimmung; die Bruchquerschnitte der verschiedenen Stangen haben fast durchweg das gleiche Ansehen. Ordnet man zunächst die 9 Stangen nach ihrem ursprünglichen Querschnitt, auf den sie ausgewalzt wurden, nämlich

10 17 11 16 12 13 18 14 15

mit den Querschnitten

$70/25$ $50/24$ $55/17,5$ $50/18$ $50/12$ $40/14$ $50/10$ $36/14$ $30/14$ *mm*

und schreibt darunter die Mittelwerthe der Zugfestigkeiten der (ausgeglühten) Probestäbe aus diesen Stangen, nämlich:

36,5 36,7 37,6 36,9 37,6 37,9 37,5 37,6 37,5 *kg pro qmm*,
37,3

so sieht man, dass die dünner ausgewalzten Stangen eine etwas grössere Festigkeit hatten, als die stärkeren. Doch ist der Unterschied nicht gross; er beträgt nur etwa 3 Procent bei Querschnitten, die sich verhalten wie ungefähr 4 : 1.

Die Querschnittsform des prismatischen Theils der Probestäbe scheint auf die Festigkeit nur sehr geringen oder keinen Einfluss auszuüben. Die Stäbe aus den Stangen 10 und 17 mit den Formen **5b** und **1a**, nämlich 43×25 und 30×24 *mm*, haben nahezu gleiche mittlere Festigkeiten von 36,5 und 36,7 *kg pro qmm*; ebenso die Stäbe aus den Stangen 11 und 14 mit den Formen **1b** und **3**, nämlich $30 \times 17,5$ und $21,6 \times 14$ *mm* (beide 37,6 *kg pro qmm*). Dagegen zeigen die Proportionalstäbe aus den Stangen 11, 10 und 12 mittlere Festigkeiten von 37,6, 36,5 und 37,3 *kg pro qmm* und die Stäbe mit den wenig verschiedenen Formen **1c** u. **6b** mit 30×14 und 24×14 *mm* aus derselben Stange 12 mittlere Festigkeiten von 37,6 und 37,3 *kg pro qmm*, also zum Theil grössere Unterschiede, als die erstaufgeführten von beträchtlich verschiedenere Querschnittsformen.

Dagegen hat das Ausglühen einen entschiedenen Einfluss auf die Festigkeit (s. die Stangen 12 und 14). Es vermindert dieselbe um ca. 10 Procent.

Bei den Schweisseisenstangen (Tab. III) sind die mit 07 und 08 bezeichneten nach dem Bruchaussehen (Spalte 17) von den übrigen etwas verschieden; trotzdem ist der Unterschied der Mittelwerthe ihrer Festigkeiten: $37,2 - 34,9 = 2,3$ *kg pro qmm*, nicht viel kleiner, als der Unterschied zwischen den überhaupt vorkommenden grössten und kleinsten Mittelwerthen der Festigkeiten: $37,6 - 34,4 = 3,2$ *kg pro qmm*, und zudem liegen jene beiden Mittelwerthe zwischen diesen letzteren. In einer und derselben Stange 09 kommt der Unterschied von 1,5 *kg pro qmm* vor, und die Proportionalstäbe aus den Stangen 02, 01 und 03 geben die Mittelwerthe 36,4, 34,6 und

34,4 mit 2,0 kg pro qmm als grössten Unterschied. Es können also recht wohl alle Stangen in Vergleich gezogen werden.

Ordnet man dieselben wieder nach ihren ursprünglichen, durch das Auswalzen erhaltenen Querschnitten, nämlich:

01 08 02 07 03 04 09 05 06

mit den Querschnitten:

$70/25$ $50/24$ $55/18$ $50/18$ $50/14$ $40/14$ $50/10$ $36/14$ $30/14$ mm

und schreibt darunter die Mittelwerthe der Zugfestigkeiten der (ausgeglühten) Probestäbe aus diesen Stangen, nämlich: 34,6 34,9 36,4 37,2 34,9 37,0 36,3 35,2 36,7 kg pro qmm

34,4 so sieht man allerdings auch hier, dass im Ganzen die Festigkeit wächst, wenn der Stangenquerschnitt kleiner wird, aber der Einfluss des Auswalzens ist durch zufällige

	I	II	III	IV	V	VI	VII
nämlich:	1,7	2,9	1,8	2,4	2,3	1,9	2,5

kommen vor zwischen Stäben mit den Formen:

④ und ⑤, ④ und ⑥, ⑧ und ①, ④ und ⑩, ③, ② und ⑥, ①① und ①, ⑤ und ⑨

also sowohl zwischen Stäben mit ziemlich gleichgestalteten und gleichgrossen, als auch zwischen Stäben mit sehr verschieden gestalteten und verschieden grossen Querschnitten. Die mittlere Festigkeit der Rundstäbe mit der kleinsten Querschnittsform ④ und ⑦, nämlich 36,8 und 37,0, weicht nur wenig ab von derjenigen der Rundstäbe mit der grössten, ①, nämlich 37,2, und ebenso ist die mittlere Festigkeit der Flachstäbe mit der kleinsten Querschnittsform ①①, 37,1, nur wenig verschieden von derjenigen der Flachstäbe mit den grössten Formen ⑨ und ④, nämlich 37,8 und 37,0 kg pro qmm. Ja, die kleinsten Rundstäbe ⑦ geben eine mittlere Festigkeit 37,0 kg pro qmm, die von der der grössten Flachstäbe ⑨, nämlich 37,8, um nicht mehr verschieden ist, als die von Stäben mit nahezu gleichen Formen, wie z. B. ⑧ und ⑨.

Auch die Proportional-Rundstäbe ⑤ ⑥ ⑦ mit den mittleren Festigkeiten: 36,9 37,4 37,0 und die Proportional-Flachstäbe ⑨ ⑩ ①① mit den mittleren Festigkeiten: 37,8 36,9 37,1 ergaben beträchtliche, die Flachstäbe sogar noch grössere Verschiedenheiten, als jene extremsten Querschnittsformen. Daraus dürfte auch hier mit ziemlicher Sicherheit zu folgern sein, dass die Querschnittsform keinen Einfluss auf die Festigkeit hat.

Die Festigkeit der nicht ausgeglühten Stäbe liegt bei den Schürbeln:

	I	II	III	IV	V	VI	VII
um	2,9	1,9	2,5	4,5	0	— 02	0,1 kg pro qmm

über dem Mittel der Festigkeiten der ausgeglühten desselben Schürbels. Der Einfluss des Ausglühens auf die Festigkeit ist hier also unentschieden. Bei den ersten vier Schürbeln erhöhte es die Festigkeit um ca. 2,4 kg pro qmm oder 6%, bei den letzten drei hatte es keine Wirkung in dieser Beziehung.

Fehler doch stark verdeckt. Das Ausglühen erniedrigt hier die Festigkeit nur um ca. 6 Procente (s. Stange 03 u. 05).

Bei den Schürbeln aus Flusseisen (Tab. I, II, und V) ist die Ungleichmässigkeit des Materials viel grösser, wie schon das sehr verschiedene Bruchaussehen zeigt (Spalte 17). Die Festigkeit der einzelnen ausgeglühten Stäbe schwankt zwischen 35,8 und 39,2 kg pro qmm, die mittlere Festigkeit der Schürbel nur zwischen 36,9 u. 37,6 kg pro qmm; das Mittel aus den Festigkeiten aller Schürbel ist 37,3 kg pro qmm. Zahlen unter und über diesem Mittel kommen in jedem Schürbel, ebenso in jeder Stabform ① bis ⑦ und ① bis ①① (mit einziger Ausnahme der Form ⑤) bei den einzelnen Stäben vor. Die grössten Differenzen innerhalb eines und desselben Schürbels:

VII.

Contraction des Bruchquerschnittes. Die Schwankungen, welche bei dieser Eigenschaft innerhalb derselben Stange und derselben Form des Probestückes vorkommen, sind ebenfalls bedeutend grösser, als nach den Genauigkeitsgrenzen derselben ($\pm 0,5$ bis $\pm 1,5$ nach S. 8) zu erwarten gewesen wäre. Bei den Schweisseisenstangen sind diese Differenzen am grössten in der Stange 02, wo der kleinste Werth 46 und der grösste 52% beträgt. Aus der Lage der Bruchstelle, ob sie mehr in der Mitte oder näher dem Ende des prismatischen Theils, also näher an der Verstärkung der Einspannköpfe liegt, sind diese Verschiedenheiten nicht zu erklären. In 01a mit der Contraction 47% liegt die Bruchstelle fast genau in der Mitte und in 01c mit der Contraction 51% nahe am Ende. In 03g mit 46% Contraction liegt sie nahe dem Ende und in 03i mit 50% ebenfalls. Ebenso liegt bei beiden Stäben 05a und 05d mit bezw. 54 und 50% Contraction die Bruchstelle dem Ende nahe. — Ein kleinerer ursprünglicher Querschnitt der Stangen, auf den sie ausgewalzt sind, scheint für die Contraction günstig zu sein, wie die Vergleichung der Mittelwerthe für die Stangen 04, 05 und 06 mit denen der Stangen 01, 02 und 03 zeigt, wogegen allerdings die Stange 09 mit dem ziemlich kleinen Querschnitt $50/10$ mm die kleinste mittlere Contraction 48% ergab. Dass aber jene grösseren Werthe der Contraction bei dünnen Stangen nicht von der kleinen Querschnittsform der Probestäbe herrühren, zeigt deutlich die Vergleichung des Mittelwerthes für 06a — d mit dem für 06f — i und die Vergleichung des letzteren Mittelwerthes mit dem für 01a — d. Jener erste Mittelwerth (54%) für dicke Probestäbe ist bedeutend grösser, als der 2te (49%) für dünne

aus derselben Stange und der dritte Werth (50%) für sehr dicke Probestäbe fast ebenso gross als der zweite. Wie diese Zahlen, so zeigt auch die Vergleichung der Mittelwerthe für 03a—d und 03f—i, die fast gleich sind, und die Vergleichung der Mittelwerthe für die drei Proportionalstabformen **1b**, **5a** und **6a** bei den Stäben 02a—d, 01a—d und 03f—i, welche ebenfalls fast gleichgross sind, dass die Contraction von Form und Grösse des Querschnittes der Probestäbe unabhängig ist.

Die nicht ausgeglühten Stäbe 03e und 05e u. f lassen erkennen, dass das Ausglühen bei vorliegendem Material keinen Einfluss auf die Querschnitts-Contraction hat.

Bei den Flusseisenstangen (Tab. IV) übersteigen die Differenzen, welche in einer und derselben Stange vorkommen, ebenfalls die oben angegebenen Genauigkeitsgrenzen; in 14 ist die kleinste Contraction 65, die grösste 75%. Dabei liegt in letzterem Fall der Bruchquerschnitt näher der Mitte als in ersterem, aber es liegt bei diesem die Bruchstelle doch noch ziemlich weit vom Ende; und bei dem Stabe c derselben Stange mit 73% Contraction liegt

sie dem Ende ebenso nahe. Ebenso zeigt die Vergleichung der Contraction der Probestäbe 15a und 15b, dann 13b und 13c, ferner 18a und 18b u. s. w., dass auch hier die Lage der Bruchstelle, ob nahe dem Ende oder der Mitte, keinen Einfluss auf die Grösse der Contraction ausübt.

Ebenso hat auch hier zwar die ursprüngliche Grösse des Querschnittes, auf den die Stangen ausgewalzt worden sind, nicht aber die Form und Grösse des Querschnittes der Probestäbe Einfluss auf die Contraction, wie z. B. die Vergleichung der Mittelwerthe für die Probestäbe 12a—d und 12f—i und die Vergleichung dieser mit dem Mittelwerth der Stäbe 10a—d zeigt.

Die nicht ausgeglühten Stäbe 12e und 14e u. f haben bei dem vorliegenden Material eine, um ca. 6—10% geringere Contraction als die ausgeglühten.

Bei den Schürbeln sind die Schwankungen der Contraction innerhalb eines und desselben Exemplars noch grösser als bei den Stangen. Wir machen folgende Zusammenstellung:

	I	II	III	IV	V	VI	VII
Bei den Schürbeln	I	II	III	IV	V	VI	VII
ist der kleinste und grösste Werth der Contraction in Proc.	59 u. 71	63 u. 74	60 u. 74	52 u. 73	48 u. 70	56 u. 69	64 u. 74
und kommt vor bei der Querschnittsform	○ ○	□ ○	□ ○	○ ○	○ □	□ □	□ □
Die Mittelwerthe sind	67	68	66	64	60	63	68
Vorkommendes Bruchaussehen	1, 2, 4, 5	1, 2, 4	1, 2	1, 2, 4, 5, 6	2, 3, 5, 6	1, 2, 4, 5, 6	1, 2, 5
Zahl der Fehler in den Bruchquerschnitten	2	2	1	4	3	3	1
Die Querschnittsform	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □	○ □
kommt vor	7 4	6 4	2 8	4 6	4 6	0 10	5 6 mal

Die Schürbel IV, V, VI geben demnach entschieden die geringsten mittleren Contractionen. Dass dies mit von der, durch das Bruchaussehen 6 charakterisirten Struktur des Materials herrührt, welche bei diesen Schürbeln allein auftritt, geht daraus hervor, dass bei Schürbel IV der Stab 1b mit dieser Bruchform und mit einem Fehler 52% Contraction gibt, 12% unter dem Mittel, bei Schürbel VI die Stäbe 1a und 2c mit diesen Bruchaussehen 60, bzw. 57%, 0 und bzw. 3% unter dem Mittel und bei Schürbel VI die Stäbe 3a und 3b mit dem Bruchaussehen 5—6, also nur annähernd gleich 6, die Contractionen 65 u. 64%, also 2 und 1% über dem Mittel. Uebrigens enthalten gerade diese 3 Schürbel die meisten Fehler in den Bruchquerschnitten; ausserdem kommen bei dem sehr schönen

Bruchaussehen 1 und 3 auch bei einzelnen Stäben Contractionen vor, die unter dem Mittel liegen, bei III 1c z. B. um 4%, bei V 1b um 3%, bei VII 1a um 4%. Es erklärt also das Vorkommen des Bruchaussehens 6 die niedrigen Mittelwerthe bei den in Rede stehenden Schürbeln doch nicht völlig.

Ferner zeigt die obige Zusammenstellung, dass in den Schürbeln III, IV, V und VI die □ Querschnittsform die ○ überwiegt, bei den anderen umgekehrt die ○ über die □, oder beide sind nahezu gleich oft vertreten. Unter jenen vier sind wieder obige drei mit den kleinsten Contractionen und ihnen am nächsten kommt III, bei dessen sehr gleichmässig feinem und fast fehlerfreiem Material die mittlere Contraction sich über die der Schürbel IV bis VI

erhebt, trotzdem dass die Zahl der Flachstäbe die der Rundstäbe bedeutend übertrifft. Erwägt man hiezu, dass die in der zweiten Zeile in obiger Zusammenstellung stehenden Minimalzahlen für die Contraction nur 3mal bei Rundstäben 4mal bei Flachstäben vorkommen, während die Maximalzahlen 4mal bei Rundstäben und nur 3mal bei Flachstäben auftreten, so legt dies den Gedanken nahe, dass die Rundstabform günstiger für die Ausbildung der Contraction sei, als die Flachstabform. In der That erhält

$$\textcircled{1} = 491 \text{ qmm} \quad \textcircled{2} = \textcircled{5} = 314 \text{ qmm} \quad \textcircled{3} = \textcircled{6} = 176 \text{ qmm} \quad \textcircled{4} = \textcircled{7} = 78,5 \text{ qmm}$$

und setzt darunter die Mittelwerthe der für diese Formen erhaltenen Contractionen:

$$62 \qquad \frac{66-68}{67} \qquad \frac{67-71}{69} \qquad \frac{73-68\%}{70,5}$$

so ist der Einfluss der Grösse der Querschnittsform unverkennbar: Grössere \bigcirc Querschnitte geben geringere Contractionen, als kleinere.

Verfährt man ebenso bei den \square Querschnitten, welche sich ihrer Grösse nach so ordnen:

$\boxed{9} = 960$, $\boxed{4} = 720$, $\boxed{5} = \boxed{10} = 540$, $\boxed{8} = 490$, $\boxed{2} = \boxed{7} = 420$, $\boxed{6} = 350$, $\boxed{1} = 300$, $\boxed{3} = 280$, $\boxed{11} = 240$
mit den mittleren Contractionen:

$$63 \quad 64 \quad \frac{65-67}{66} \quad 61 \quad \frac{67-61}{64} \quad 65 \quad 64 \quad 62 \quad 71$$

so ist ein entschiedener Einfluss der Grösse des Querschnittes **nicht** ersichtlich.

Ordnet man endlich die \square Formen nach dem Verhältniss der Dicke zur Breite, nämlich so

$$\boxed{1} \quad \boxed{8} \quad \boxed{2} \text{ und } \boxed{7} \quad \boxed{6} \quad \boxed{3}, \boxed{9}, \boxed{10} \text{ und } \boxed{11} \quad \boxed{5} \quad \boxed{4}$$

mit den Seitenverhältnissen:

$$1:3 \quad 1:2,5 \quad 1:2,16 \quad 1:1,8 \quad 1:1,7 \quad 1:1,4 \quad 1:1,25$$

und mit den mittleren Contractionen:

$$64 \quad 61 \quad \frac{67-61}{64} \quad 65 \quad \frac{65-63-67-71}{66,5} \quad 62 \quad 64\%$$

so ist auch kein Einfluss der Gestalt des \square Querschnitts hieraus zu erkennen: die Form $\boxed{1}$ mit dem grössten Verhältniss der Rechteckseiten gibt dieselbe Contraction, wie die Form $\boxed{4}$ mit dem kleinsten, und die mittleren Contractionen der Normalstäbe $\boxed{9}$, $\boxed{10}$ und $\boxed{11}$ weichen mehr von einander ab, als die für irgend zwei andere Formen.

Die Contractionen der nicht ausgeglühten Stäbe liegen bei den Schürbeln I und III über dem Mittel der übrigen ausgeglühten, bei den Schürbeln II, IV, VI und VII unter demselben, bei Schürbel V ist die Contraction des nicht ausgeglühten Stabes gleich dem Mittel der übrigen: ein entschiedener Einfluss des Glühens auf die Contraction des Bruchquerschnittes ist also nicht vorhanden.

VII.

Dehnung nach dem Bruche. Betrachten wir dieselbe zuerst wieder bei den

Schweisseisenstangen (Tab. III) und richten wir dabei unser Hauptaugenmerk auf die Dehnung für 200 mm ursprüngliche Länge. Dass die hiebei in einer und derselben Stange vorkommenden Differenzen die Genauigkeits-

man im Mittel für alle \bigcirc Stäbe aus Tabelle I 68% und im Mittel für alle \square Stabformen aus Tabelle II 64,5% Contraction; aber der Unterschied ist geringer, als diejenigen, welche bei gleicher Stabform und selbst bei gleichem Bruchaussehen vorkommen, wie die Vergleichung der Probestäbe II4b und III4b, dann II3c und IV3c, ferner II2b und III2b, endlich I3a und V3a zeigt.

Ordnet man die \bigcirc Stäbe nach der Grösse ihrer Querschnitte:

grenzen übersteigen, ist auf den ersten Blick ersichtlich. Vergleicht man 01b, 01c und 01d, dann 08b und 08d, ferner 09c und 09d, dann 06a und 06d u. s. w. je untereinander, so erkennt man leicht, dass die Dehnung von der Lage des Bruchquerschnittes, ob er näher an der Mitte oder dem Ende liegt, unabhängig ist, was natürlich hauptsächlich der strengeren Messmethode (vergl. S. 9) zuzuschreiben ist. Ebenso hat die Querschnittsform, das Verhältniss der Dicke zur Breite, auf die Dehnung wenig oder keinen Einfluss. So geben die je 4 Stäbe der Stangen

$$09 \quad 04 \quad 05 \quad 06$$

mit fast gleichgrossen Querschnitten, aber mit den Seitenverhältnissen

$$1:3 \quad 1:1,7 \quad 1:1,5 \quad 1:1,3$$

fast gleichgrosse Dehnungen:

$$28,0 \quad 30,8 \quad 31,0 \quad 29,4\%$$

auf 200 mm ursprüngliche Länge.

Ebenso gering ist der Einfluss der Grösse des ursprünglichen Querschnitts der Stangen, wie die Vergleichung der Stangen 02 und 06 u. s. w. zeigt.

Ordnen wir nun die Querschnitte der Probestäbe mit gleicher Länge ihres prismatischen Theils, 220 mm, nach ihrer Grösse:

$\boxed{1a} = 720, \boxed{1b} = 540, \boxed{1c} = 420, \boxed{2} = 336, \boxed{3} = 302, \boxed{1d} = 300, \boxed{4} = 252 \text{ qmm}$
 und setzen wir die mittlere Grösse der Bruchdehnungen hinzu, nämlich:

	32,6	29,2—29,2	30,1	30,8	31,0	28,9	29,4% für 200 mm
und	40,0	36,5—36,3	36,2	36,8	37,4	34,4	35,5% für 100 mm

so zeigt sich ein Einfluss der Querschnittsgrösse in dem Sinne, dass grössere Querschnitte grössere Dehnungen ergeben. Der Einfluss der Länge des ganzen prismatischen Theils auf die Bruchdehnung lässt sich direkt nur an den beiden Stabformen $\boxed{2}$ und $\boxed{6a}$ mit den fast gleichen Querschnittsgrössen 33,6 und 32,6 qmm, aber den Längen 220 und 171 untersuchen. Dieselben geben für 100 mm 36,8 bzw. 34,6% Bruchdehnung im Mittel, die längeren also etwas mehr, als die kürzeren. Ein indirekter Vergleich ist auf folgende Weise möglich:

Die Proportionalstäbe: 01a—d 02a—d 03f—i
 mit den Querschnitten: 1042 540 326 qmm
 und mit den Längen: 305 220 171 qmm
 des prismatischen Theils ergaben auf 100 mm ursprüngliche Länge die Mittelwerthe: 42,2 36,3 34,6%
 und auf 200 mm ursprüngliche Länge:
 33,8 29,2 —%

also entschieden grössere Werthe bei grösseren Dimensionen. Trägt man dann obige Zahlenreihen graphisch auf, indem man die Querschnittsgrössen als Abscissen und die zugehörigen Bruchdehnungen für 100 mm ursprünglich als Ordinaten nimmt (s. Blatt IV), so fügt sich die Zahlenreihe für die Proportionalstäbe ziemlich gut an die der Stäbe mit gleichen Längen, sie steigt nur ein klein wenig rascher an, einen, jedoch jedenfalls nur geringen Einfluss der Länge des Probestabes zu erkennen gebend. Wird bei den Proportionalstäben die Dehnung auch auf proportionale Längen gemessen, also bei den Stäben: 01a—d 02a—d 03f—i
 auf 305 220 170 mm
 so erhält man: 29,4 28,1 29,0%,
 also sehr nahezu gleiche Zahlen, wie es dem Barba'schen Gesetz entspricht.

$\boxed{1a} = 720; \boxed{1b} = 540; \boxed{1b} = 525; \boxed{1c} = 420; \boxed{2} = 336; \boxed{3} = 302; \boxed{1d} = 300; \boxed{4} = 252$
 und setzt darunter die Mittelwerthe der Dehnungen, nämlich:

	34,1	32,1	31,8	32,2	32,1	31,6	32,4	37,7% für 200 mm
und	45,5	42,1	41,6	40,8	40,2	39,6	39,6	37,2 „ „ 100 mm

so erkennt man auch hier einen Einfluss der Querschnittsgrösse in dem Sinne, dass grössere Querschnitte grössere Dehnungen gaben.

Die Proportionalstäbe
 10a—d 11a—d 12f—i
 mit den Querschnitten: 1075 525 336 qmm
 und mit den Längen: 314 220 176 mm
 ihrer prismatischen Theils gaben die Mittelwerthe

Ein nothwendiger Zusammenhang zwischen der Grösse der Contraction und der Dehnung scheint nicht zu existiren. Allerdings trifft häufig die grösste Contraction mit der grössten Dehnung zusammen, wie z. B. in den Stangen 01, 08, 07, 09, 05, aber bei weitem nicht immer, wie die Stangen 02, 03, 04, 06 beweisen.

Der Einfluss des Ausglühens auf die Dehnung bleibt unentschieden. Der Stab 03e gibt eine grössere, die Stäbe 05e und 05f geben kleinere Dehnungen auf 200 mm als je die übrigen Stäbe derselben Stange im Mittel.

Bei den Flusseisenstangen (Tab. IV) zeigt zunächst die Vergleichung der Dehnungen auf ursprünglich 200 mm Länge bei den Probestäben 17b und 17d, dann 16a und 16c, ferner 18a, 18b und 18d u. s. w. dass dieselben von der Lage des Bruchquerschnitts unabhängig sind. Dasselbe gilt bezüglich des Seitenverhältnisses der rechteckigen Querschnitte: denn allerdings ergaben die Probestäbe aus den Stangen 17 16 12
 mit den Seitenverhältnissen: 1:1,25 1:1,67 1:2,14
 die Mittelwerthe: 34,1 33,6 32,2%
 Dehnung für 200 mm ursprünglicher Länge, dagegen aber die Probestäbe aus den Stangen 18 15 11
 mit den Seitenverhältnissen 1:3 1:1,29 1:1,7
 die Mittelwerthe: 32,4 32,4 31,9%.

Ebensowenig zeigt sich die Grösse des ursprünglichen Querschnittes, auf den die Stangen ausgewalzt wurden, von Einfluss, wie man aus dem Vergleich der Stangen 11 und 14 u. A. sieht, die bei sehr verschiedener ursprünglicher Querschnittsgrösse fast genau gleiche Mittelwerthe der Dehnungen auf 200 mm ergaben.

Ordnet man die Querschnitte gleichlanger Stäbe nach ihrer Grösse:

	50,1	41,6	39,8% für 100 mm
und	37,8	31,8%	— für 200 mm

ursprüngliche Länge, in denen sich ein sehr entschiedener Einfluss der Dimensionen auf die für eine bestimmte Länge gemessene procentuale Dehnung zu erkennen gibt, und zwar in dem Sinne, dass bei grösseren Dimensionen grössere procentuale Dehnungen für gleiche ursprüngliche Längen erhalten wurden.

Wie viel davon auf Rechnung der Querschnittsgrösse zu setzen und wie viel der grösseren Länge zuzuschreiben ist, kann direct nur an den Stabformen **[2]** und **[6b]** mit gleichen Querschnitten und verschiedenen Längen 290 und 176 mm untersucht werden. Dieselben ergaben für 100 mm ursprünglicher Länge 40,2 und 39,8% Dehnung im Mittel, also die längeren etwas, aber nur ganz unbedeutend mehr, als die kürzeren. Trägt man alsdann wie eben, bei den Schweisseisenstangen, die Zahlenreihen für die Bruchdehnung auf 100 mm für die gleichlangen sowohl, wie für die Proportionalstäbe wieder graphisch auf (siehe Blatt IV), so fügt sich die letztere Punkteihe ganz gut an die erstere an und ein, nur vielleicht mit einer ganz wenig grösseren Neigung, so dass also ein, jedoch nur geringer Einfluss der Länge auch damit wieder bewiesen wäre.

Misst man bei denselben Proportionalstäben:

10a—d 11a—d 12f—i

die procentualen Dehnungen auf ungefähr ihre proportionalen Gesamtlängen des prismatischen Theils, also auf

310 220 170 mm

so ergeben sich die Mittelwerthe

32,7 30,4 33,0%

die als gleich angesehen werden können und folglich das Barba'sche Gesetz befriedigen.

Dass Contraction und Dehnung auch hier nicht in nothwendigem Zusammenhang stehen, zeigt folgende Zusammenstellung: Die grösste Dehnung trifft mit der grössten Contraction zusammen in den Stangen: 11, 17, 18, 13 und 14, nicht aber in den Stangen 10, 16, 12 und 15. — Dagegen scheint das Ausglühen die Dehnung entschieden zu vergrössern und zwar, wie aus den Resultaten für die Stäbe 12e, 14e und 14f im Vergleich mit den betreffenden Mittelwerthen der ausgeglühten Stäbe folgt, um ca. 20%.

Bei den Flusseisenschürbeln (Tab. I, II und V) sind die Unterschiede der Dehnungen für gleichgrosse ursprüngliche Längen innerhalb eines und desselben Exemplars sehr gross. Doch zeigt sich auch hier wieder die Lage der Bruchstelle ohne Einfluss, wie aus dem Vergleich der Stäbe III1a und III3c, dann III4a und III4b und III4c, ferner V3b und V4e u. s. w. zu ersehen ist.

Die mittleren Dehnungen der Proportional-Rundstäbe:

⑤ ⑥ ⑦

gemessen auf die proportionale Gesamtlänge ihres cylindrischen Theils, also auf

300 225 150 mm,

sind 26,6 25,4 27,1%

also nahezu gleich; ebenso die Dehnungen der Proportional-Flachstäbe:

Bauschinger, Mittheilungen, XXI

[9] **[10]** **[11]**
gemessen auf die proportionalen Gesamtlängen:

290 220 140 mm,

nämlich: 31,7 30,3 32,0%,

wie es das Barba'sche Gesetz verlangt. Dazu gehört aber nicht strenge, dass die Proportionalstäbe durchweg, in allen ihren Theilen proportional sind; wenn verschieden dicke Stäbe, wie die

① ② ③ ④

mit 25 20 15 10 mm

Durchmesser, aber mit den Gesamtlängen

270 220 220 220 mm

ihres cylindrischen Theils, auf Längen ausgemessen werden, die ursprünglich ihren Durchmessern proportional waren, nämlich auf

250 200 150 100 mm,

so erhält man die Mittelwerthe

29,3 31,2 29,6 30,6%

die auch nahezu gleichgross sind.

Vergleicht man aber die mittleren Dehnungen derselben Proportional-Rund- und Flachstäbe wie oben, nämlich

⑤ ⑥ ⑦ **[9]** **[10]** **[11]**

für gleiche Längen, z. B. für 100 mm, wo sie ergaben

36,7 34,3 31,0 50,0 41,7 36,2%,

so haben die dickeren und längeren entschieden grössere Dehnungen als die dünnen und kürzeren derselben Art.

Um den Einfluss der Dicke und der Länge zu trennen, vergleichen wir zunächst die Rundstabformen

② und ⑤ dann ④ und ⑦

von je gleicher Dicke von 20, bzw. 10 mm, aber von den Längen:

220 und 300 200 und 150 mm.

Sie ergaben auf 100 mm ursprünglicher Länge:

38,5 und 36,7 30,6 und 31,0

also fast gleiche, die kürzeren Stäbe eher etwas grössere Werthe. Ordnen wir alsdann die ○ Stäbe 2, 3, 4 und 6 mit gleicher oder fast gleicher Länge ihres cylindrischen Theiles nach ihrer Grösse

② ⑤ ⑥ ④

mit d = 20 15 15 10 mm

und setzten darunter die Mittelwerthe der Dehnungen auf ursprünglich 200 mm:

31,2 27,0 26,2 25,3%

oder auf ursprünglich 100 mm:

38,5 34,1 34,3 30,6%,

so ist der Einfluss der Dicke in dem Sinne, dass dickere Stäbe unter sonst gleichen Verhältnissen grössere Dehnungen geben, ganz unverkennbar.

Bei den Flachstäben fragen wir zunächst nach dem Einfluss des Verhältnisses der Seiten des rechteckigen Querschnittes. Vergleichen wir zu dem Ende den Mittel-

werth für 200 und 100 mm ursprünglicher Länge bei den Stäben mit der Querschnittsform [1], nämlich 28,5 und bezw. 37,0%, mit den ersten beiden Stäben der ungefähr gleichgrossen Querschnittsform [3], die mit jenen ungefähr gleiches Bruchaussehen haben, so sieht man, dass die Dehnungen fast gleich sind, trotzdem, dass das Seitenverhältniss bei der ersten Stabform 1 : 3, bei der letzteren 1 : 1,43 ist. Ebenso geben die Querschnittsformen

[3] [8] [10]

von den nahezu gleichen Grössen:

540 490 540

aber den Seitenverhältnissen

[4] = 720 [3] = [10] = 540 [8] = 490 [2] = [7] = 420 [6] = 350 [1] = 300 [5] = 280 qmm

und fügen die mittleren Werthe der Dehnungen auf ursprünglich 200 mm hinzu:

33,6 $\frac{30,9-31,4}{31,1}$ 30,7 $\frac{31,0-30,4}{30,7}$ 30,7 20,5 28,6%

oder 44,2 $\frac{41,5-41,7}{41,6}$ 41,6 $\frac{39,9-39,6}{39,8}$ 38,5 37,0 37,2%

so ist ein Einfluss der Querschnittsgrösse in dem Sinne, dass grössere Querschnitte grössere Dehnungen geben, wohl erkennbar und zwar deutlicher, als bei den Flachstäben mit der Walzhaut.

Ob dieser Einfluss der Querschnittsgrösse allein schon hinreichend ist, um bei den Proportionalstäben das Anwachsen der Dehnungen für bestimmte ursprüngliche Längen: 200 oder 100 cm mit den Dimensionen zu erklären, oder ob auch die grössere Länge von Einfluss an sich ist, wie bei den Flachstäben mit Walzhaut, kann direct nicht entschieden werden, da unter den Flachstäben ohne Walzhaut aus Schürbeln solche mit gleichem Querschnitt aber verschiedener Länge nicht vorkommen. Indirect aber kann das wieder so untersucht werden, dass man die obige, letzte Zahlenreihe graphisch aufträgt, die Querschnittsgrössen als Abscissen und die zugehörigen Dehnungen auf 100 cm als Ordinaten, und dazu die gleiche Zahlenreihe für die drei Proportionalstabformen [9], [10] und [11] fügt (s. Blatt IV). Man sieht dann, dass die letzteren Punkte sich ganz gut demselben Gesetz fügen, wie jene ersteren. Der Einfluss der Länge an sich ist also auch hier, wie bei den Rundstäben, verschwindend.

Es bleibt nun noch die Vergleichung der Rund- mit den Flachstäben. Dazu greifen wir die Formen

① und [8] und dann die Formen ②, [1] u. [5]

mit den nahezu gleichen Querschnitten

491 490 314 300 280 qmm

heraus. Die mittleren Dehnungen derselben für ursprünglich 200 mm sind

31,3 30,7 31,2 28,5 28,6%

und die auf 100 mm:

40,8 41,6 38,5 37,0 37,2

also nahezu gleichgross: Rund- und Flachstäbe ge-

	1 : 1,67	1 : 2,5	1 : 1,67
für 200 mm ursprünglicher Länge	30,9	30,7	31,4%
und für 100 mm ursprünglicher Länge	41,5	41,6	41,7%

Der Einfluss des Seitenverhältnisses kann also auch hier als verschwindend angenommen werden; wie bei den Stangen aus Fluss- oder Schweisseisen.

Ordnen wir nun die gleichlangen Stäbe mit den Querschnittsformen [1] bis [8] und [10] nach der Grösse ihres Querschnittes:

für 100 mm ursprünglicher Länge, ben unter sonst gleichen Verhältnissen, namentlich bei gleichen Querschnitten, gleichgrosse Dehnungen.

Dies wird auch noch dadurch erwiesen, dass, wenn man die Dehnungen für die Rundstäbe in die oben gebrauchte graphische Darstellung für die Flachstäbe aus den Schürbeln einträgt, die dadurch erhaltenen Punkte sich recht gut den anderen ein- und anfügen (s. Blatt IV).

Zwischen Contraction und Dehnung ist, wie leicht zu sehen, auch bei den Schürbeln kein nothwendiger Zusammenhang. Das Ausglühen vergrössert in den meisten Fällen die Dehnung, bei verschieden dicken Stäben in verschiedenem Grade, bei dicken Stäben verhältnissmässig mehr als bei dünneren.

Nachdem erwiesen war, dass die Grösse des Querschnitts den bei weitem grössten und für die Praxis wohl allein massgebenden Einfluss auf die Grösse der Dehnung ausübt, konnten sämmtliche Mittelwerthe der Dehnungen für 200 und 100 mm ursprünglicher Länge in den Tabellen I bis IV mit einander verglichen werden. Es geschah dies auf graphischem Wege auf Blatt IV, indem, wie oben schon mehrmals benützt, die Querschnittsgrössen als Abscissen und die Dehnungen als Ordinaten aufgetragen wurden. Dadurch ergaben sich 6 Punktreihen, für jede der drei Materialgattungen: Flusseisenschürbel, Flusseisenstangen und Schweisseisenstangen zwei, eine davon für 200, die andere für 100 mm ursprüngl. Länge. In denselben sind die Punkte für die Proportionalflachstäbe mit p, und in den beiden Punktreihen für die Schürbel die Punkte für die Rundstäbe mit r bezeichnet. Man sieht, diese Punktreihen bilden flache, parabelähnliche Bogen, fügen sich also einer Gleichung von der Form

$$\delta = \lambda + f \sqrt{F}, \quad \odot$$

in welcher δ die procentuale Dehnung für 100 oder 200 mm, F die Querschnittsgrösse und λ und f Constante bedeuten. Diese letzteren sollten aus den beobachteten Grössen δ und F mittelst der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt werden. Ich habe mich jedoch begnügt, zwei passende Punkte, darunter jedesmal den äussersten, für den grössten Querschnitt, herauszuwählen und die Parabel durch sie zu legen. So erhielt ich für die drei geprüften Materialsorten folgende Gleichungen zwischen den Dehnungen auf 100 und 200 mm Länge, δ_{100} u. δ_{200} , und den Querschnitten F:

1) Schürbel aus Flusseisen (Tab. I u. II):

$$\delta_{100} = 22,9 + 0,867 \sqrt{F}$$

$$\delta_{200} = 20,7 + 0,520 \sqrt{F}$$

2) Flachstangen aus Schweisseisen (Tab. III):

$$\delta_{100} = 28,4 + 0,428 \sqrt{F}$$

$$\delta_{200} = 26,1 + 0,227 \sqrt{F}$$

3) Flachstangen aus Flusseisen (Tab. IV):

$$\delta_{100} = 28,0 + 0,672 \sqrt{F}$$

$$\delta_{200} = 25,5 + 0,376 \sqrt{F}$$

Die entsprechenden Parabelbögen sind in die Punkt-reihen auf Blatt IV in zusammenhängenden Linien eingetragen. Man sieht, sie schliessen sich denselben gut an. Ausserdem habe ich für die gebrauchten Querschnitte die δ aus obigen Gleichungen berechnet und in die Tabellen I—V neben die Mittelwerthe der Dehnungen für 200 und 100 mm eingetragen. Sie sind, da sie in die Spalte 12 zu stehen kommen, in die sie nicht gehören, mit kleinerer Schrift gedruckt und eingeklammert. Sie stimmen gut genug mit den entsprechenden beobachteten Zahlen überein.

Die obige Gleichung \odot hat dieselbe Form, wie diejenige, welche Belelubsky in seinem Vortrage auf der Berliner Conferenz*) als die von den russischen Ingenieuren Brandt und Liachnitzki für den Fall gleicher Längen, aber verschiedener Querschnitte speziell für Rundstäbe aufgestellte angegeben hat. Sie ist aber eine Erweiterung derselben auf Stäbe von beliebiger Querschnittsform, indem statt des Durchmessers der Rundstäbe die Quadratwurzel aus dem Querschnitt gesetzt ist, wie es geschehen konnte, nachdem bewiesen war, dass die Querschnittsform keinen Einfluss auf die Dehnung hat. Die genannten Herren gelangten zu ihrer Formel, indem sie die gesammte Dehnung gleich der sog. gleichmässigen (vgl. oben S. 11) plus der localen Dehnung und letztere proportional mit dem Stabdurchmesser setzten; allgemein ist also letztere proportional mit \sqrt{F} und die Constanten λ und f haben in obiger Gleichung \odot somit die Bedeutung der procentualen gleichmässigen und der localen Dehnung, letztere für den Querschnitt 1.

In der That stimmen bei gleichem Material die Constan-

*) s. „Protokolle der III. Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden etc.“ Anhang I.

ten λ in den beiden Formeln für δ_{100} und δ_{200} nahezu überein, wie es bei ihrer Bedeutung als „gleichmässige“ Dehnung erwartet werden muss. Ihre Uebereinstimmung mit den in Spalte 14 der Tabellen I—V stehenden, auf andere Weise berechneten Werthen der gleichmässigen Dehnung lässt freilich mehr zu wünschen übrig. Doch sind die letzteren, selbst wenn sie für einen und denselben Stab aus verschiedenen ursprünglichen Längen berechnet wurden, selber sehr verschieden von einander, wie im nächsten Abschnitt ausführlicher besprochen werden soll.

Aus der Constanten f erhält man die absolute Grösse der lokalen Dehnung für einen Stab von Querschnitt F, wenn man sie mit \sqrt{F} und mit 1 oder 2 multiplicirt, je nachdem sie aus der Formel für δ_{100} oder δ_{200} genommen ist. Demnach sollte vor Allem das f in den Formeln für δ_{100} immer doppelt so gross sein, als in denen für δ_{200} , was nahezu, aber doch nur sehr annäherungsweise der Fall ist. Ferner sollten dann die so multiplicirten Werthe von f mit denen in der Spalte 15 der Tabellen I—V übereinstimmen. Für die Stabform $\textcircled{1}$ erhält man z. B. die locale Dehnung aus obiger erster Gleichung für die Schürbel

$$= 0,867 \sqrt{491} = 19,2 \text{ mm},$$

welcher Werth mit dem in Spalte 15 der Tabelle I für die obige Stabform gegebenen ziemlich gut übereinstimmt. Doch kann diese Uebereinstimmung der aus obigen Gleichungen berechneten und der in der Spalte 15 enthaltenen, auf andere Art berechneten localen Dehnungen schon deshalb nicht weit gehen, weil letztere selber sehr weit voneinander abweichen, selbst in einen und denselben Stab (vgl. den nächsten Abschnitt).

Wenn man für λ in obiger Gleichung \odot die Mittelwerthe der gleichmässigen Dehnungen setzt, welche im nächsten Abschnitt als mittlere Werthe für 4 extreme Fälle verglichen werden, nämlich

für Schürbel: $(20,1 + 20,8 + 21,0 + 21,5) : 4 = 20,8\%$,

für Schweisseisenstangen: $(21,0 + 23,4) : 2 = 22,2\%$,

für Flusseisenstangen: $(23,4 + 24,1) : 2 = 23,8\%$,

so kann man aus den Mittelwerthen von δ_{100} und δ_{200} in den Tabellen I bis IV und den zugehörigen Werthen für F den Coefficienten f berechnen. Aus den für das gleiche Material berechneten Werthen von f_{100} und f_{200} kann dann je das Mittel gezogen werden. Man erhält so:

Für die Schürbel in Tab. I und II:

$$f_{100} = 0,960 \text{ und } f_{200} = 0,482;$$

für die Schweisseisenstangen in Tab. III:

$$f_{100} = 0,709 \text{ und } f_{200} = 0,393$$

und für die Flusseisenstangen in Tab. IV:

$$f_{100} = 0,844 \text{ und } f_{200} = 0,425.$$

Hier sind also jetzt in der That bei gleichem λ die f in den Parabelgleichungen für δ_{100} ohngefähr doppelt so gross, als die für δ_{200} . Diese Parabeln sind in die Punkt-

reihen auf Blatt IV ebenfalls und zwar mit gestrichelten Linien eingezeichnet. Sie schliessen sich den Beobachtungen, namentlich bei den Schürbeln, ebenfalls sehr gut an. Die aus den Parabelgleichungen berechneten Werthe von δ_{200} u. δ_{100} schliessen sich den Mittelwerthen in der Spalte 14 so gut an, als nur erwartet werden kann, wie man sich durch einige Proben leicht überzeugt.

VIII.

Die Beziehung, welche bei einem und demselben Stabe oder bei verschiedenen Stäben aus gleichem Material und von gleichem Querschnitt stattfindet zwischen dem absoluten Werth Δa einer Dehnung und der ursprünglichen Länge a , für welche sie gemessen wurde, hat man durch die Gleichung

$$\Delta a = \Delta a_1 + \Delta l$$

ausgedrückt, worin Δl die sog. locale Dehnung ist, die mit der Contraction beginnt und sich nur über den Bereich derselben erstreckt, Δa_1 aber die sog. gleichmässige Dehnung, welche der ganze Stab auf die Länge a bis zum Eintritt der Contraction erfährt. Die locale Dehnung ist constant, solange der Querschnitt und das Material dasselbe bleiben, Δa_1 aber ist proportional mit a . Bezeichnet also λ die entsprechende Verhältnisszahl, d. h. also die verhältnissmässige gleichmässige Dehnung, so ist

$$\Delta a = \lambda a + \Delta l, \quad \text{C}$$

wo nun also λ und Δl zwei constante Grössen sind. Die obige Beziehung zwischen der absoluten, gesammten Dehnung und der ursprünglichen Länge, für welche sie gemessen wird, ist somit durch eine lineare Gleichung dargestellt. In der That hat Belebubsky in seinem, schon oben (S. 19) erwähnten Vortrag auf der Berliner Conferenz gezeigt, dass Versuchsergebnisse von Barba, Bennet und Naval Advisory Board jene Formel bestätigen, indem die Werthe a und Δa_1 graphisch als Abscissen und Ordinaten aufgetragen, Punkte ergeben, die nahezu in einer geraden Linie gelegen sind. Auf Blatt IV sind jene Versuchsergebnisse in grösserem Maassstabe als in dem oben erwähnten Vortrage Belebubsky's und direct aus den betr. und dort angegebenen Quellen entnommen in der beschriebenen Weise dargestellt und einige von mir an 3 Stäben gemessene hinzugefügt. Tetmajer macht in dem 4. Hefte seiner „Mittheilungen aus der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am Eidg. Polytechnikum in Zürich“ S. 301 ebenfalls von jener Formel Gebrauch.

Um dieselbe auch an meinen Versuchsergebnissen zu prüfen, habe ich für eine Anzahl von Probestäben die Verlängerungen Δa , Δb und Δc für drei verschiedene Längen a , b , c gemessen, von denen die kleinste, c , jedesmal 100 mm betrug. Man erhält dadurch drei Gleichungen für λ u. Δl , die man zu je zweien combiniren kann, sodass

man je 3 Werthe für λ und Δl erhält, die, wenn obige Formel richtig ist, beziehentlich einander gleich werden müssen. Die so berechneten Werthe sind, und zwar λ in Procenten ausgedrückt, d. h. mit 100 multiplicirt, bei den so behandelten Stäben in den Spalten 14 u. 15 der Tabellen I bis V eingetragen (vgl. oben S. 11). Man sieht, die je drei zusammengehörigen Werthe von λ und von Δl sind in der That bei mehreren Stäben, z. B. bei I 1 b (Tab. I und V) 01 c (Tab. III) und 10 c (Tab. IV) nahezu einander gleich, bei vielen aber, z. B. bei III 1 b (Tab. I und V) 01 a (Tab. III) und 10 b (Tab. IV) sehr ungleich. Das in jener Formel ausgesprochene Gesetz kann also bei dem einen von zwei Stäben gleicher Form aus einem und demselben grösseren Stück nahezu zutreffen, bei dem anderen bei weitem nicht.

Uebrigens muss bemerkt werden, dass die auf solche Weise angestellte Probe eine sehr strenge ist, wie ihre Anwendung auf die Barba'schen Versuche zeigt, welche nach der graphischen Darstellung auf Blatt IV anscheinend so gut mit dem Gesetz übereinstimmen.

Berechnet man aus der von Barba unter Nr. 1 auf S. 701 der „Memoires de la société des ingenieurs civils 1880 I“ gegebenen Tabelle über die Messungen an einem und demselben Stab (Rundstab von 17,2 mm Durchmesser und 500 mm Länge, für welchen die Curve A' B auf Blatt IV gilt) die Werthe von λ und Δl für die ursprünglichen Längen: 400 und 300, dann 300 und 200, endlich 200 und 100 mm, für welche

$$\begin{array}{lll} \Delta a = 108 \text{ mm} & 88,5 \text{ mm} & 66,2 \text{ mm} \\ \Delta b = 88,5 \text{ mm} & 66,2 \text{ mm} & 39,9 \text{ mm} \end{array}$$

so erhält man

$$\begin{array}{lll} \lambda = 19,5\% & 22,3\% & 26,3\% \\ \Delta l = 30,0 \text{ mm} & 21,6 \text{ mm} & 13,6 \text{ mm} \end{array}$$

also auch weit auseinandergelagerte Werthe für λ und Δl .

Der Grund dieser Abweichungen ist leicht einzusehen. Selbstverständlich müssen alle Längen a , für welche man die Formel C anwenden will, grösser sein, als der Bereich, auf welchen sich die Contraction erstreckt, wie auch schon Belebubsky in seinem Vortrage ausdrücklich hervorgehoben hat. Aber dieser Bereich ist sehr unbestimmt begrenzt; er erstreckt sich, streng genommen, beiderseits der Bruchstelle bis an die Enden des Probestabes, in merklicher Weise aber jedenfalls viel weiter, als man gewöhnlich annimmt (Tetmajer z. B. schätzt ihn in seinem Aufsätze in der „Schweizerischen Bauzeitung“ 1891 Nr. 20 S. 128 auf 2,5 cm beiderseits der Bruchstelle). λ ist also nicht constant, sondern es nimmt mit wachsendem a ab, die graphische Darstellung gibt keine gerade Linie, sondern eine, gegen die Abscissenaxe concave Curve, wie es in Wirklichkeit die nach Barba auf Blatt IV gezeichnete Curve A' B auch ist. Aus derselben erhält man für zwei

zusammengenommene Werthe von a , b , Δa , Δb um so kleinere Werthe für λ und um so grössere für Δl , je grösser a und b sind (s. oben).

Die grosse Ausdehnung der Contraction und ihres Einflusses auf die Dehnung geht schon direkt aus den Messungen hervor, welche ich an Rundstangen und Flachstangen aus Stahl und Eisen von 4,5 m Länge und 3,6 cm Durchmesser, bzw. $8,0 \times 1,2$ cm Querschnitt angestellt und in den Tabellen auf S. 54 und 55 in „Essais des Resistance des fonts, fers et aciers de l'usine de Reschitza“ 1878 veröffentlicht habe. Um sie auch an dem Material, von dem in gegenwärtiger Mittheilung die Rede ist, nachzuweisen, habe ich die oben schon hervorgehobenen 6 Stäbe herausgewählt. Dieselben waren, wie alle andern auch, schon zur Anwendung der strengeren Methode der Messung der Dehnung, ihrer ganzen Länge nach auf zwei gegenüberliegenden Seiten (die Schmalseiten bei den Flachstäben) durch Körnerreihen in cm getheilt. Die Entfernungen dieser Punkte wurden nun nach dem Bruche wieder gemessen, ebenso die Dicke des Rundstabes bzw. Breite des Flachstabes an denselben. So erhielt man die in nebenstehender Tabelle A niedergelegten Resultate. Die Nummerirung der Punkte beginnt hiebei mit 1 auf der einen (beliebigen) Seite bei dem Punkte, der um 1 cm vom Ende des cylindrischen oder prismatischen Theils abliegt, und setzt sich bis zum entsprechenden Punkt auf der andern Seite fort. Neben die Nummern dieser Punkte sind die Durchmesser bzw. Breiten der durch sie hindurchgehenden Querschnitte und zwischen dieselben die Entfernungen der Punkte gesetzt. Die Bruchstelle ist ganz wie ein solcher Punkt behandelt und in der betr. Spalte anstatt mit einer Nummer mit ∞ bezeichnet.

Man sieht, dass sich bei den drei Stäben I1b, O1c und 10c, bei welchen, wie oben gesagt, die 3 Werthe von λ und Δl in den Spalten 14 und 15 nahezu gleich werden, die Contraction und ihr Einfluss auf die Dehnung auf ohngefähr 10 cm erstreckt, dass also der kleinste Werth von a , welcher zur Berechnung von λ und Δl benützt wurde, die Contraction gerade noch oder schon nicht mehr ganz enthält, wogegen bei den 3 anderen Stäben III1b, O1a, 10b der Bereich der Contraction weit über 10 cm hinausgeht.

Da, wie von vornherein sehr wahrscheinlich, die gleichmässige Dehnung von Form und Grösse des Querschnitts unabhängig ist und, wenn sie verhältnissmässig genommen oder in Procenten der ursprünglichen Länge ausgedrückt wird, natürlich auch von dieser Länge, so scheint sie sehr geeignet, als Kennzeichen für die Qualität des Materials benützt zu werden, wie das Tetmajer in seinem Aufsätze in der „Schweizerischen Bauzeitung“ 1891, Nr. 19 und 20 vorschlägt. In der That zeigen folgende Zusammenstellungen

aus den in unseren Tabellen I—IV Spalte 14 enthaltenen Resultaten, dass man für Stäbe von verschiedener Länge und sehr verschiedenem Querschnitt, aber aus gleichem Material ziemlich übereinstimmende Mittelwerthe für die gleichmässige Dehnung erhält, wobei jedoch für die dickeren Stäbe immer diejenigen Werthe der letzteren genommen wurde, die mit 200 mm als kleinste der beiden zu Grunde gelegten Längen erhalten worden sind.

1. Die dünnsten Rundstäbe und die stärksten Flachstäbe aus Schürbeln (Tab. I und II) von der Form

④ bzw. 9

ergaben die gleichmässigen Dehnungen

23,2 bzw. 20,8

18,1 18,5

19,5 19,5

19,5 24,5

im Mittel 20,1% 20,8%

2. Die dicksten Rundstäbe und die schwächsten Flachstäbe aus Schürbeln (Tab. I und II) von den Formen

① bzw. 11

ergaben die gleichmässigen Dehnungen

27,3 bzw. 19,1

19,1 23,3

16,6 23,2

— 20,5

im Mittel 21,0 21,5

3. Die stärksten Flachstäbe aus Schweisseisenstangen (Tab. III) und die schwächsten aus dem gleichem Material von den Formen

5a bzw. 4

ergaben die gleichmässigen Dehnungen

20,2 bzw. 25,5

21,5 22,2

20,0 26,9

22,4 19,1

im Mittel 21,0 23,4

4. Die stärksten Flachstäbe aus Flusseisenstangen (Tab. IV) und die schwächsten aus dem gleichen Material von den Formen

5b bzw. 6

hatten die mittleren Dehnungen

23,2 bzw. 23,4

21,2 22,8

29,7 24,1

19,0 26,1

im Mittel 23,4 24,1

Die Uebereinstimmung der Mittelwerthe ist also ganz gut; die Einzelwerte gehen freilich manchmal sehr weit auseinander.

In seinem oben angeführten Aufsätze schlägt Tetmajer

vor, die gleichmässige Dehnung an zerrissenen oder auch nur so weit gedehnten Stäben, dass die Contraction begonnen hat, an einer Stabstelle zu messen, die 20 mm von den Kopfansätzen und etwa 30 mm von der Bruch- oder Contractionsstelle entfernt ist, und will dadurch mit einer Schaftlänge von 140 cm vollkommen ausreichen. Die verfügbare Messlänge würde sodann zwischen 4 und 9 cm schwanken, je nachdem die Bruchstelle in die Stabmitte oder an das Schaftende fällt. Der Stab muss dann natürlich eine Centimetertheilung erhalten. Nach obigen Auseinandersetzungen ist die Entfernung von 30 mm als solche, über welche hinaus der Bereich der Contraction sich nicht erstrecken soll, zu klein. Gleichwohl habe ich den Vorschlag an meinen Probestücken in den obigen vier extremen Fällen geprüft, wobei ich jedesmal auf beiden Seiten des Stabes von dem Theilungspunkt aus, welcher auf dem längeren Bruchstück der 4^{ten} war, bis zu dem 9^{ten} messen liess, sodass sich die Messung über 5 cm erstreckte. Aus den Messungen auf beiden Seiten wurde das Mittel genommen. So erhielt ich:

1. Dünnsie Rund- und stärkste Flachstäbe aus Schürbeln:

Form	④	⑨
Dehnung auf 5 cm:	1,19 cm	1,20 cm
	0,94 „	1,22 „
	1,03 „	1,35 „
	<u>1,02</u> „	<u>1,41</u> „
Mittel:	1,04 „	1,29 „
oder	20,8 %	25,8 %

2. Dickste Rund- und schwächste Flachstäbe aus Schürbeln:

Form	①	⑪
Dehnung auf 5 cm:	1,35 cm	0,93 cm
	1,20 „	1,10 „
	0,74 „	1,15 „
	<u>0,98</u> „	<u>1,11</u> „
Mittel:	1,07 „	1,07 „
oder	21,4 %	21,4 %

3. Stärkste und schwächste Flachstäbe aus Schweiss-eisenstangen:

Form:	⑤a	④
Dehnung auf 5 cm:	1,23 cm	1,27 cm
	1,22 „	1,20 „
	1,20 „	1,38 „
	<u>1,37</u> „	<u>1,01</u> „
Mittel:	1,25 „	1,21 „
oder	25,0 %	24,2 %

4. Stärkste und schwächste Flachstäbe aus Fluss-eisenstangen:

Form:	⑤b	④
Dehnung auf 5 cm:	1,50 cm	1,18 cm
	1,39 „	1,12 „
	1,44 „	1,24 „
	<u>1,22</u> „	<u>1,30</u> „
Mittel:	1,39 „	1,21 „
oder	27,8 %	24,2 %

Die Uebereinstimmung ist also nur im 2. und 3. Fall gut, im ersten und vierten geben die dickeren Stäbe entschieden grössere Dehnungen als die schwächeren, was nach obigen Erörterungen leicht erklärlich ist.

IX.

Combiniren wir nun, wie Belebubsky in seinem oben angeführten Vortrag seine Gleichungen 1. und 2., unsere Gleichungen \odot und \odot S. 18 u. 20. Für einen Stab vom Querschnitte F sei die auf die ursprüngliche Länge a gemessene, gesammte absolute Dehnung Δa , λ die verhältnismässige gleichmässige Dehnung und Δl die locale, so ist nach Gleichung \odot

$$\Delta a = \lambda a + \Delta l$$

und nach Gleichung \odot

$$\Delta a = \lambda a + f \sqrt{F}$$

oder mit α und λ die procentualen gesammten und gleichmässigen Dehnungen bezeichnet:

$$\alpha = \lambda + f \frac{100}{a} \sqrt{F}$$

Wenn nun bei einem 2^{ten} Stabe aus dem gleichen Material, aber mit dem Querschnitte F' die Dehnung auf die Länge b gemessen wird, so erhält man, da λ und f Constante sind, die gesammte procentuale Dehnung:

$$\beta = \lambda + f \frac{100}{b} \sqrt{F'}$$

β und α werden gleichgross, wenn

$$\frac{\sqrt{F}}{a} = \frac{\sqrt{F'}}{b}$$

oder

$$a : b = \sqrt{F} : \sqrt{F'}$$

d. h.: Man erhält für Probestäbe aus gleichem Material, aber von beliebiger Form und Grösse des Querschnittes vergleichbare Resultate für die Dehnung nach dem Bruche, wenn man dieselbe auf Längen misst, die den Quadratwurzeln aus den Querschnittsgrössen proportional sind.

Dieser Satz geht aus dem oben erwiesenen: dass die Dehnung von der Querschnittsform nicht abhängig ist, und aus dem, dass Stäbe mit proportionalen Dimensionen, die sogenannten Proportionalstäbe, gleiche, auf ihre gesammte Schaftlänge gemessene Dehnungen ergaben (Barba) unmittelbar hervor.

Da die gesammte Länge (des prismatischen oder cylin-

drischen Theils) eines Stabes nur von geringem Einfluss auf die Grösse der Dehnung nach dem Bruche für eine bestimmte ursprüngliche Länge ist (s. o. S. 16—18), so kann aus obigem Satze auch die folgende, für die Anwendung bequemere Regel gezogen werden:

Es ist den Probestäben von beliebiger Form und Grösse des Querschnittes **mindestens** eine solche Länge ihres cylindrischen oder prismatischen Theils zugeben, dass die Dehnung nach dem Bruche für eine, der Quadratwurzel aus der Querschnittsgrösse proportionale Länge gemessen werden kann. Diese letztere Länge wollen wir kurz: proportionale Gebrauchslänge nennen.

Geht man für ihre Bestimmung von dem Normal-Rundstab von 20 mm Durchmesser und 200 mm Gebrauchslänge aus, so berechnet sich die proportionale Gebrauchslänge eines Stabes vom Querschnitt F aus der Proportion

$$\sqrt{314} : \sqrt{F} = 200 : l$$

oder
$$l = \frac{200}{\sqrt{314}} \sqrt{F} = 11,284 \sqrt{F}.$$

Da man hierdurch Werthe erhält, welche für alle Querschnitte, die grösser sind als 314 qmm, die übliche Länge von 200 mm überschreiten, so kann man auch von dem Normal-Rundstab mit 20 mm Durchmesser und 15 mm Gebrauchslänge ausgehen; es wird dann

$$l = \frac{150}{\sqrt{314}} \sqrt{F} = 8,463 \sqrt{F}.$$

Für die in gegenwärtiger Arbeit gebrauchten Querschnittsformen und Grössen sind die auf 200 und 150 mm des Normalrundstabes von 20 mm Durchmesser bezogenen proportionalen Gebrauchslängen in folgender Tabelle B zusammengestellt. Wo sie kleiner sind, als die in Spalte 3 derselben Tabelle stehenden Längen des cylindrischen oder prismatischen Theils der Stäbe, da konnte wegen der auf allen Stäben befindlichen Centimetertheilung nachträglich die Messung auf die proportionale Gebrauchslänge noch vorgenommen werden, wenn man dieselbe auf ganze Centimeter abrundete, oder, wenn sie gerade auf einen halben Centimeter ausging, die Messung zweimal machte, für die um einen halben Centimeter kleinere und für die um einen halben Centimeter grössere Länge, und das Mittel nahm. Es ist diess für die kleinere der beiden proportionalen Gebrauchslängen geschehen, weil für dieselbe mehr Stäbe die nöthige Länge hatten, als für die grössere. Die Resultate sind in die Spalte 16 der Tabellen I—V eingetragen. Da, wo früher schon auf die eine oder andere Weise Messungen auf die proportionale Gebrauchslänge gemacht waren, wurden die Resultate ohne weiters in die Spalte 17 herübergenommen. Im Uebrigen beschränkte man sich durchweg darauf, die Messung nach der gewöhnlichen Methode und bei Flachstäben nur auf einer Breit-

seite zu machen, wobei man, nach der unten folgenden Regel, diejenigen Stäbe ausschloss, bei welchen die Bruchstelle näher als 1/4 der Länge des prismatischen oder cylindrischen Theils des Stabes an dem Ende dieses Theils lag.

Tabelle B.

Querschnitts-		Länge des cyl. oder prism. Theils	Prop. Gebrauchs- Länge		
Form	Grösse		11,284 \sqrt{F}	8,463 \sqrt{F}	
	F qmm	mm	mm	mm	
①	25	491	270	250	187
②	20	314	220	200	150
③	15	177	220	150	113
④	10	78,5	220	100	75
⑤	20	314	300	200	150
⑥	15	177	225	150	113
⑦	10	78,5	150	100	75
1	10	300	220	195	146
30					
2	14	420	220	231	173
30					
3	18	540	220	262	197
30					
4	24	720	220	281	227
30					
5	14	280	220	189	142
20					
6	14	350	220	211	158
25					
7	14	420	220	231	173
30					
8	14	490	220	250	187
35					
9	24	960	293	350	262
40					
10	18	540	220	262	197
30					
11	12	240	147	175	131
20					
1a	24	720	220	281	227
30					
1b	18	540	220	262	197
30					
1b	17,5	525	220	259	194
30					
1c	14	420	220	231	173
30					
1d	10	300	220	195	146
30					
2	14	336	220	207	155
24					
3	14	302	220	196	147
21,6					
4	14	252	220	179	134
18					
5a	25	1042	305	364	273
41,7					
5b	25	1075	314	370	277
43					
6a	14	326	171	204	152
23,3					
6b	14	336	176	207	155
24					

Man sieht aus diesen Zahlen, dass sie, und besonders ihre Mittelwerthe für gleiche Stabformen, in der That für gleiches Material nahezu gleich sind, dass also, auf obige Weise, d. h. auf proportionale Gebrauchslängen gemessen, die Dehnung nach dem Bruche als Kennzeichen für die Qualität des Materials benützt werden kann, welche Gestalt und Grösse auch die Querschnitte der Probestäbe erhalten haben, natürlich innerhalb der hier, bei unseren Probestäben eingehaltenen Grenzen, die aber weit genug sein dürften, um alle praktisch vorkommenden Fälle aufnehmen zu können. Prüfen wir das noch besonders an den schon oben hervorgehobenen vier extremen Fällen:

1) die dünnsten Rund- und die stärksten Flachstäbe aus Schürbeln (Tab. I u. II):

Formen:	④	und	⑦	bezw.	□9
Dehnung:	36,6	»	34,9	»	—*)
	37,3	»	34,9	»	32,8
	34,9	»	33,2	»	31,3
	23,8	»	32,3	»	32,9
Mittel:	33,1 ^{0/0}		33,8 ^{0/0}		32,7 ^{0/0}

2) Die dicksten Rund- und die schwächsten Flachstäbe aus Schürbeln (Tab. I u. II):

Formen:	①	bezw.	□11
Dehnung:	35,3		30,7
	31,8		31,0
	—*)		32,1
	28,7		33,2
Mittel:	31,9 ^{0/0}		32,3 ^{0/0}

3) Die stärksten und schwächsten Flachstäbe aus Schweisseisenstangen (Tab. III):

Formen:	□5a	bezw.	□4
Dehnungen:	29,7		30,6
	30,1		31,3
	28,1		31,1
	33,2		30,7
Mittel:	30,3 ^{0/0}		30,9 ^{0/0}

4) Die stärksten und schwächsten Flachstäbe aus Flusseisenstangen (Tab. IV):

Formen:	□5b	bezw.	□4
Dehnungen:	33,9		33,2
	33,9		30,8
	35,3		35,3
	30,8		35,7
Mittel:	33,5 ^{0/0}		33,7 ^{0/0}

Die Mittelwerthe stimmen also wieder recht gut überein. Einzelne Stäbe geben freilich auch hier, wie schon bei der früheren Messungsweise der gleichmässigen Dehnung, manchmal sehr abweichende Resultate. Der Grund davon liegt dann eben in Fehlern im Bruch oder sonstigen

Ungleichmässigkeiten des Materials. So sind die Dehnungen der Stäbe 4a und 4b im Schürbel I (Tab. V) 36,6 bzw. 26,1^{0/0}, also sehr verschieden. Aber unter den vier Rundstäben von der Form ④, zu denen I4a gehört (s. Tab. I), war die Dehnung dieses letzteren auch fast die grösste, und unter den 4 Flachstäben von der Form □3I, zu denen I4b gehört (Tab. II) war die Dehnung des letzteren die weitaus kleinste. — Ebenso gab der Probestab 4a im Schürbel II (Tab. V) einen sehr grossen Werth, 37,3 für die Dehnung auf proportionale Gebrauchslänge, es ist dies aber auch der höchste Werth unter den 4 Stäben von gleicher Form ④ (s. Tab. I). Und ebenso ist der grosse Werth, 38,0^{0/0}, den der Rundstab 2b in Schürbel III ergab (Tab. V) auch der grösste unter den Werthen, welche die 4 Rundstäbe von der gleichen Form ⑥ (Tab. I) ergaben; und der Flachstab III2a von der Form □2 gibt ebenfalls den hohen Werth 36,5^{0/0}.

Zu einem ähnlichen Resultat wie ich in diesem Abschnitte, nämlich zur Einführung einer, vom Querschnitt abhängigen Länge, auf welche die Dehnung nach dem Bruche zu messen ist, gelangt auf einem anderen Wege auch Tetmajer im IV. Hefte seiner »Mittheilungen aus der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am Eidg. Polytechnikum in Zürich« S. 301 und 302. Die von ihm aufgestellten Messlängen stimmen mit den von mir in Tab. B berechneten nicht ganz überein.

X.

Vergleicht man unter Zugrundelegung der auf S. 11 angegebenen Genauigkeitsgrenzen die in Spalte 12 der Tabellen I bis V enthaltene, auf gewöhnliche Art gemessene procentuale Dehnung mit der in Spalte 11 aufgeführten, für dieselbe Länge auf strengere Methode gemessene, so sieht man, dass beide in den meisten Fällen recht gut übereinstimmen. Grössere Unterschiede als zwei Einheiten der procentualen Dehnung kommen nur vor, wenn der Bruch im 4^{ten} oder in einem noch niedrigeren Centimeter erfolgte. Die Vorschrift des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, solche Versuche, bei denen der Bruch ausserhalb des mittleren Drittels des Versuchsstabes erfolgt, zu verwerfen, ist also streng genug. Nach meinen Versuchen dürfte man in den Fällen, wo der Bruch um ein Viertel der Länge des prismatischen oder cylindrischen Theils des Probestabes oder um mehr vom Ende dieses Theils entfernt ist, die Messung auf die gewöhnliche Weise noch zulassen. Andernfalls müsste der Versuch verworfen werden, wenn nicht durch die vorher gemachte Theilung in Centimeter die strengere Methode anwendbar ist.

Spalte 13 in den Tabellen II—V enthält die bei Flachstäben auf einer ihrer Breitseiten nach der strengeren

*) Weggelassen wegen des Fehlers im Bruch.

Methode gemessene procentuale Dehnung nach dem Bruch; sie stimmt fast durchweg so gut mit dem Mittelwerth der auf beiden Schmalseiten auf gleiche Weise gemessenen überein, dass gegen diese Art, die Dehnung nach dem Bruche zu messen, nichts einzuwenden ist. Für Anwendung der gewöhnlichen Methode bei dieser Messung auf einer Breitseite ist natürlich dasselbe zu befolgen, was oben gesagt wurde.

Bei Rundstäben wird man immer gut thun, auf zwei gegenüberliegenden Seiten zu messen und das Mittel zu nehmen. Es können hier in Folge von Ungleichmässigkeiten im Material, Fehlern etc. oder auch durch mangelhaftes Einspannen ziemlich verschiedene Werthe für beide Seiten herauskommen. Und da man dies nicht voraussehen kann, so sind die Marken jedenfalls beiderseits anzubringen. Sind aber diese einmal vorhanden, so ist nachher die Messung auch leicht gemacht.

Demnach dürfte für den praktischen Gebrauch für die Messung der Dehnung nach dem Bruche folgende Regel aufzustellen sein:

Man trägt bei Rundstäben auf zwei entgegengesetzten Seiten, bei Flachstäben auf einer Breitseite eine Länge auf, die aus dem Querschnitt F mittelst der Formel $11,284 \sqrt{F}$ oder $8,463 \sqrt{F}$ berechnet wird, je nachdem man Rundstäbe mit 20 mm Durchmesser und 200 mm Gebrauchslänge oder ebensolche Rundstäbe mit 150 mm Gebrauchslänge zu Grunde legen will,*) und misst diese Länge nach dem Bruche wieder, indem man auf jedem Bruchstücke vom Ende bis zur Bruchstelle misst und beide Längen addirt. Die Schaftlänge des Stabes sollte beiderseits um mindestens 1 cm über das Ende jener proportionalen Gebrauchslänge hinausragen. Wenn der Bruch näher als $\frac{1}{4}$ dieser Gebrauchslänge an einem ihrer Enden liegt, so ist der Versuch für die Messung der Dehnung zu verwerfen, wenn nicht durch eine vorher angebrachte Centimetertheilung die Anwendung der strengeren Methode ermöglicht ist.

XI.

Elasticitäts- und Streckgrenze. Ein Blick auf die Spalten 5 und 6 der Tabellen I bis V zeigt die ausserordentliche Verschiedenheit dieser Eigenschaften bei Stäben aus einem und demselben grösseren Stücke und von gleicher Form, eine Verschiedenheit, die also nur von verschiedener Beschaffenheit des Materials selbst innerhalb eines und desselben grösseren Stückes herrühren kann, und die selbst nach sorgfältigem Ausglühen und langsamen Erkalten der Probestäbe (vgl. oben S. 6) noch bestehen

*) Eine dieser oder eine andere Grundform müsste von der „Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden“ festgesetzt werden.

blieb. Ich habe diese Beobachtung keineswegs erst an den hier benützten Materialien gemacht; sie bot sich mir leider überall dar, wo ich behufs Anstellung von vergleichenden Versuchen Probestäbe aus irgend einem grösseren Stück nebeneinander herausschneiden liess und auf Elasticitäts- und Streckgrenze untersuchte, wie z. B. bei Anstellung von Dauerversuchen. Gerade bei diesen, welche das Augenmerk zuerst wieder auf die Elasticitätsgrenze gelenkt haben, ist das lebhaft zu beklagen. Wenn aus solchen Versuchen der Schluss gezogen worden ist, dass die Anstrengung eines Materials, welche auf die Dauer getragen werden soll, unter der Elasticitätsgrenze bleiben muss, so ist eben die Frage, wo liegt diese? Bei $13,8\text{ kg}$ pro $q\text{ mm}$ wie bei dem \bigcirc Stab I 3a aus einem Schürbel von Flusseisen oder bei $25,9\text{ kg}$ pro $q\text{ mm}$ bei einem \bigcirc Stab IV 3a von derselben Form und Grösse aus einem anderen, aber gleichzeitig mit jenem aus gleichen Materialien und auf dieselbe Weise erzeugten Schürbel? Bei $19,9\text{ kg}$ pro $q\text{ mm}$, wie bei dem Flachstab 08a aus einer Schweisseisenflachstange, oder bei $12,1\text{ kg}$ pro $q\text{ mm}$, wie bei dem unmittelbar daneben aus derselben Flachstange abgeschnittenen Stab 08b von derselben Form?

Es ist bekannt, dass die Elasticitätsgrenze durch Strecken, d. h. durch Belasten über die ursprüngliche Elasticitätsgrenze, gehoben wird, um so mehr (innerhalb einer gewissen Grenze natürlich) je grösser die Streckung war und je längere Zeit nach derselben verfliesst; dass diese Hebung auch vor sich geht während wiederholter Anstrengungen, und dass dabei die Elasticitätsgrenze auch über die obere Grenze dieser Anstrengungen hinaufrücken kann. Die grösstmögliche Streckung erfährt ein Material, wenn die Anstrengung bis zum Bruche getrieben wird. Ist die dadurch erzielte höchste Lage der Elasticitätsgrenze bei Stäben aus einem und demselben Stück mit ursprünglich verschiedener Höhe der Elasticitätsgrenze auch noch verschieden? oder kann auf diese Weise eine Gleichheit in der Lage der Elasticitätsgrenze erreicht werden? Diese Frage, welche mir wieder besonders in Hinblick auf Dauerversuche von Wichtigkeit erschien, suchte ich dadurch zu beantworten, dass ich von je zwei Stäben aus gleichem Material (aus einem und demselben grösseren Stück), deren ursprüngliche Elasticitätsgrenzen sehr verschieden hoch lagen, je eines der beim ersten Versuche erhaltenen beiden Bruchstücke wiederholt auf seine Elasticitätsgrenze untersuchte, wofür natürlich das Bruchstück noch eine genügende Länge haben musste. Es eigneten sich hiezu, der Möglichkeit des Einspannens halber, nur Bruchstücke von Flachstäben, die in ihrem ursprünglich prismatischen Theil wieder prismatisch zugefeilt (bei den Flachstäben mit Walzhaut geschah das nur auf den Schmalseiten) und dann an den Bruchenden mit neuen Einspann-

Nuten versehen wurden. Natürlich durfte wegen der dadurch hervorgebrachten Verschwächung an diesem Ende der Versuch nicht weit ausgedehnt werden, nicht viel über die Elasticitätsgrenze, bei einigen Stäben gerade bis oder nur nahe bis zu derselben.

Ich wählte zu diesen Versuchen 3 Paar Stäbe heraus, für welche die erhaltenen Resultate in der folgenden Tabelle C zusammengestellt sind:

Tabelle C.

Bezeichnung des Probestabes	Ursprünglich			Nach dem Zerreißen		Bemerkungen.
	Elasticitäts- Modul	Elasticitäts- Grenze	Streck-Grenze	Elasticitäts- Modul	Elasticitäts- Grenze	
	t pro qmm	kg pro qmm	kg pro qmm	t pro qmm	kg pro qmm	
IV 1 a	22,3	23,5	24,6	22,8	27,0	Elastic.-Grenze mit 27,0 sicher noch nicht überschritten.
IV 2 c	20,8	10,0	16,7	21,6	27,0	
07 c	21,3	18,4	21,3	22,2	28,0	
07 a	21,6	12,9	20,8	21,3	28,5	
16 a	21,7	22,3	23,7	22,45	> 29,3	Elastic.-Grenze noch nicht überschritten, aber doch wahrscheinlich nahe daran.
16 d	21,5	12,9	22,3	22,1	> 29,1	

Es wird also bei dem gleichen Material durch Zerreißen die Elasticitätsgrenze auf gleiche Höhe gehoben, wie hoch oder wie niedrig dieselbe ursprünglich auch gelegen sein mochte.

Wie diese durch Zerreißen zu erreichende höchste Elasticitätsgrenze mit derjenigen zusammenhängt, welche durch Dauerversuche erreicht werden kann, ohne dass der Bruch erfolgt (vgl. diese Mittheilungen Heft XIII S. 39) soll in einer der nächsten Hefte dieser »Mittheilungen« in dem ich über die seit 1886 angestellten Dauerversuche berichten werde, untersucht werden.

XII.

Zum Schlusse stelle ich noch die Resultate vorstehender Untersuchungen, soweit sie den Einfluss der Gestalt der Probestäbe auf die Ergebnisse der Zerreißversuche mit denselben betreffen, zusammen:

1. Der Elasticitätsmodul, oder besser gesagt, die Zahl, welche für ihn durch die gewöhnlichen Messungen an der Oberfläche der Stäbe erhalten wird, ist bei Rundstäben etwas grösser als bei Flachstäben aus demselben Material; bei dicken Flachstäben etwas grösser, als bei dünnen und überhaupt bei grösseren Querschnittsdimensionen etwas grösser als bei kleineren. Alle diese Unterschiede sind jedoch nur sehr gering und werden von zufälligen, von Materialungleichheit herrührenden weit übertroffen.
2. Die Zugfestigkeit wird von der Querschnittsform nicht beeinflusst.

3. Die Contraction des Bruchquerschnittes ist bei Flachstäben von der Form und Grösse des Querschnitts unabhängig. Dickere Rundstäbe geben etwas kleinere Contraction, als dünnere aus dem gleichen Material, doch ist der Unterschied nicht bedeutend.

4. Die Dehnung nach dem Bruche, gemessen für eine bestimmte ursprüngliche Länge, ist von der ganzen Länge des Probestabes nur in sehr geringem Grade, von der Querschnittsform, von dem Verhältniss der Breite zur Dicke bei Flachstäben, oder davon, ob der Querschnitt überhaupt rechteckig oder kreisrund ist, nicht abhängig; aber sie wächst mit der Querschnittsgrösse und kann die Bezeichnung zwischen ihr, der Dehnung nach dem Bruche, und der Grösse des Querschnitts F durch eine Gleichung

$$\delta = \lambda + f \sqrt{F}$$

dargestellt werden, deren Coëfficienten λ und f wesentlich von der individuellen Beschaffenheit des Materials abhängen.

5. Man erhält vergleichbare Resultate für die Dehnung nach dem Bruche, wenn man bei beliebiger Gestalt und Grösse des Querschnitts die Länge (des cylindrischen oder prismatischen Theils) der Probestäbe proportional der Quadratwurzel aus ihrem Querschnitt, oder mindestens so gross macht und die procentuale Dehnung nach dem Bruch auf diese Länge misst. Unter Zugrundlegung eines Normal-Rundstabes von 20 mm Dicke und 200 oder 150 mm Gebrauchslänge wird die proportionale Länge eines Probestabes vom

Querschnitt F gleich $11,284 \sqrt{F}$ oder bezw. $8,463 \sqrt{F}$ in Millimetern, wenn F in *qmm* ausgedrückt ist.

6. Die Ermittlung der sogen. gleichmässigen oder Bruchdehnung liefert ebenfalls vergleichbare Resultate für die Dehnbarkeit eines Materials, die unabhängig von der Querschnittsform und -Grösse sind, vorausgesetzt, dass die Messungen auf Längen vorgenommen werden, die über den Bereich der Contraction hinausgehen. An Länge der Probestäbe wird unter Einhaltung der letzteren Bedingung nicht gespart.
7. Es genügt, bei Rundstäben auf zwei gegenüberliegenden Seiten, bei Flachstäben auf einer Breitseite, die Dehnung auf gewöhnliche Weise, d. h. so zu messen, dass man auf jedem Bruchstücke vom Ende der abgesteckten Strecke bis zur Bruchstelle misst und beide Längen addirt. Doch sind hiebei solche Ver-

suche, wo die Bruchstelle näher als $\frac{1}{4}$ der Messlänge am einen Ende derselben liegt, auszuschliessen.

8. Contraction des Querschnitts und Dehnung stehen in keinem nothwendigen Zusammenhang.
9. Elasticitäts- und Streckgrenze können auch dann, wenn die Probestäbe sorgfältigst ausgeglüht und wieder abgekühlt werden, in einem und demselben grösseren Fabrikationsstück oder in solchen Stücken der nämlichen Anfertigungsfolge in so hohem Grade verschieden sein, dass dagegen jeden Falls alle anderen Einflüsse, wie die der Querschnittsform oder -Grösse, wenn sie überhaupt vorhanden sind, verschwinden.

Durch Abreissen wird die Elasticitätsgrenze der Bruchstücke bei gleichem Material auf gleiche Höhe gehoben, wie hoch oder wie niedrig sie auch ursprünglich gelegen war.

Tabelle I.

Rundstäbe aus Schürbeln von Flusseisen Nr. I bis VII.

Bruchaussehen (Spalte 17): 1. sehr feinschnig, mild, mit aufgezogenem Rand; 2. sehr feinschnig, mild, schief; 3. sehr feinschnig, mild, mit aufgezogenem Rand und feinen krystallinischen Punkten; 4. feinschnig, mit aufgezogenem Rand, äusserlich rau; 5. sehnig mit aufgezogenem Rand und krystallinischen Punkten, äusserlich rau; 6. sehnig mit krystallinischen Punkten, äusserlich rau; 7. grösstentheils krystallinisch, äusserlich rauh. — Sternchen (*) über den Ziffern bedeuten kleine Fehler in der Mitte, Sternchen rechts oben an den Ziffern kleine Fehler am Rande der Bruchquerschnitte. — Die Resultate für die nicht ausgeglühten Stäbe sind in liegender Schrift gedruckt. Diese und die eingeklammerten Zahlen sind von der Bildung der Mittel ausgeschlossen, letztere in der Regel wegen eines Fehlers in der Bruchstelle.

1		2		3	4	5	6	7	8	9	10	11			12	13	14	15	16	17	18
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm mm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Dehnung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.-Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen			
	Form	Grösse									auf 2 gegenüberl. Seit.		auf 1 Breit.								
											n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %							n. strenger Messweise %		
I	1	a	① d=25	270	22,2	14,4	17,5	36,7	60	11	250	33,3	34,9		27,3	15,0	35,3	5			
											200	34,8			26,4	17,2					
											100	43,6			26,0	17,6					
II	1	a	»	»	22,3	19,5	20,5	37,3	68	14	250	28,7	31,1		19,1	24,0	31,8	1—4			
											200	31,1			20,2	21,2					
											100	41,4			20,8	20,6					
IV	1	b	»	»	22,3	14,4	17,5	36,9	(52)	8	250	(22,7)	25,0		13,9	22,0	(25,4)	6*			
											200	(24,9)			14,2	21,2					
											100	(35,4)			14,4	21,0					
V	1	b	»	»	22,2	21,6	23,6	37,9	57	14	250	25,8			16,6	23,0	28,7	3			
											200	28,1			18,0	19,5					
											100	37,5			18,7	18,8					
Mittel:					22,2			37,2	62		250	27,6					31,9				
											200	31,3	(32,2)								
											100	40,8	(42,1)								
I	2	a	② d=20	220	22,3	15,1	17,5	36,5	59	8	200	33,0	31,8		27,8	10,4	35,1	5			
											100	38,2			21,7	15,2					
											200	29,3			28,2	31,8					
II	2	a	»	»	22,4	19,1	20,7	37,7	71	7	200	29,3	28,2		21,7	15,2	31,8	1—4			
											100	36,9			21,9	18,0					
											200	30,9			30,9	34,1					
IV	2	a	»	»	23,0	23,1	24,7	37,3	73	10	200	30,9	30,9		21,9	18,0	34,1	1			
											100	39,9			24,1	14,8					
											200	31,5			31,3	33,7					
V	2	a	»	»	23,0	11,2	19,1	36,1	61	6	200	31,5	31,3		24,1	14,8	33,7	5*			
											100	38,9									
											200	31,2			(29,9)						
Mittel:					22,7			36,9	66		200	31,2	(29,9)				33,7				
											100	38,5	(38,3)								
I	3	a	③ d=15	220	21,8	13,8	18,1	37,1	69	10	200	28,9	28,8		22,0	13,8	34,3	5			
											150	31,2			22,3	13,2					
											100	35,5			22,6	12,9					
II	3	a	»	»	23,4	19,5	20,7	37,6	70	5	200	25,9	24,8		17,2	17,4	32,4	1—4			
											150	28,8			16,9	18,0					
											100	34,9			16,6	18,3					
IV	3	a	»	»	23,0	25,9	25,9	38,8	70	9	200	28,5	28,6		21,3	14,4	34,3	1			
											150	30,9			21,5	14,0					
											100	35,5			21,7	13,8					
V	3	a	»	»	22,4	12,8	17,5	37,5	61	12	200	24,8	24,8		17,0	15,6	30,0	5			
											150	27,4			19,0	11,6					
											100	30,6			21,0	9,6					
Mittel:					22,6			37,7	67		200	27,0	(27,6)				32,7				
											150	29,6									
											100	34,1	(34,4)								
I	4	a	④ d=10	220	21,8	14,0	16,6	36,3	71	9	200	28,2	27,7		23,2	10,0	36,6	5—4			
											100	33,2			18,1	15,0					
											200	25,6			25,1	37,3					
II	4	a	»	»	22,1	17,9	19,1	36,3	74	7	200	25,6	25,1		18,1	15,0	37,3	1—4			
											100	33,1									
											200	25,6			25,1	37,3					

Tabelle I.

1			2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Deh- nung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch- auf d. prop. Gebr.- Länge $8,463 \sqrt{F}$.	Bruchaussehen	Bemerkungen		
	Form	Grösse									auf 2 gegen- überl. Zeit.		auf 1							
											n. strenger Messweise	n. gewöhnl. Messweise	n. strenger Messweise							
																			Breits.	
IV	4	a	④	d=10	220	21,7	22,9	24,2	38,2	73	7	200	25,8	25,6	19,5	12,6	34,9	1		
V	4	a	»	»	»	22,1	11,5	16,6	36,3	(48)	11	100	32,1						5*	
												200	21,7	21,9	19,5	4,4	23,8			
												100	23,9							
Mittel:						21,9			36,8	73		200	25,3	(25,8)		20,1		33,1		
												100	30,6	(30,8)						
I	1	b	⑤	d=20	300	22,8	13,4	23,7	38,0	67	12	300	25,8		19,6	18,6	31,6	1*		
												200	28,9	28,9	20,1	16,9				
												100	37,1		20,7	16,4				
II	1	b	»	»	»	22,2	17,5	21,5	39,3	65	14	300	28,9		25,9	9,0	33,3	1*		
												200	30,4	30,4	24,1	14,4				
												100	38,5		22,3	16,2				
III	1	b	»	»	»	22,5	19,3	24,1	38,0	73	7	300	27,7		15,7	36,0	35,1	1		
												200	33,7	31,7	22,6	15,3				
												100	37,9		29,5	8,4				
VII	2	c	»	»	»	22,4	14,3	16,7	35,8	67	15	300	26,8		21,2	16,8	32,0	5		
												200	29,6	29,6	22,0	14,2				
												100	36,3		22,9	13,4				
VII	3	c	»	»	»	22,4	14,3	17,8	35,8	66	15	300	26,0		21,0	15,0	30,7	5		
												200	28,5	28,5	21,2	14,4				
												100	35,6		21,4	14,2				
Mittel:						22,5			36,9	68		300	26,6					32,3		
												200	30,2	(29,9)						
												100	36,7	(38,3)						
I	2	b	⑥	d=15	225	21,8	15,5	22,4	36,5	71	5	220	21,4		11,4	22,0	30,0	4		
												200	22,4	22,4	12,6	19,4				
												100	32,0		12,8	19,2				
II	2	b	»	»	»	21,9	22,7	23,5	39,2	69	7	220	29,1		22,1	15,4	34,9	1		
												200	29,8	29,0	23,3	12,6				
												100	36,0		23,6	12,4				
III	2	b	»	»	»	22,5	21,3	22,4	37,6	74	10	220	30,2		20,2	22,0	38,0	1		
												200	31,2	31,3	22,6	16,7				
												100	39,3		23,1	16,2				
VII	1	b	»	»	»	22,4	15,8	19,2	37,0	66	7	220	19,9		11,9	17,6	27,4	5		
												200	20,7	20,5	12,1	17,1				
												100	29,2		12,2	17,0				
VII	4	b	»	»	»	21,7	14,4	17,2	36,5	69	6	220	20,7		12,7	17,6	28,4	2		
												200	21,5	21,6	13,0	16,9				
												100	29,9		13,1	16,8				
Mittel:						22,0			37,4	71		220	25,4					32,8		
												200	26,2	(27,6)						
												100	34,3	(34,4)						
I	1	c	⑦	d=10	150	—	—	—	40,1	72	8	150	23,1		15,5	11,4	29,4	1		
												100	26,9							
I	3	b	»	»	»	—	—	—	37,6	69	5	150	24,9		11,5	20,1	34,9	5—4		
												100	31,6							
II	3	b	»	»	»	—	—	—	37,6	69	7	150	27,2		18,8	12,6	34,9	1—4		
												100	31,4							
III	3	b	»	»	»	—	—	—	40,1	71	8	150	28,7		24,9	5,7	33,7	1		
												100	30,6							
VII	1	c	»	»	»	—	—	—	36,4	71	5	150	30,0		27,0	4,5	33,2	5		
												100	31,5							
VII	4	c	»	»	»	—	—	—	36,4	65	8	150	26,2		19,4	10,2	32,3	5		
												100	29,6					5		
Mittel:									37,0	68		150	27,1					33,8		
												100	31,0	(30,8)						

Tabelle II.

Flachstäbe ohne Walzhaut aus Schürbeln von Flusseisen Nr. I bis VII.

Bruchaussehen (Spalte 17): s. Tabelle I.

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11			14	15	16	17	18								
											Dehnung n. dem Bruche															
	Querschnitt										Länge des cyl. oder prism. Theils	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm						Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts-Contraction	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge	auf 2 überl.	gegen-überl. Seit.	auf 1 Breits.
	Bezeichnung und Material	Form																						Grösse	n. strenger Messweise	n. gewöhnl. Messweise
mm			mm	%	%	%	%	mm																		
I	2	c	<u>1</u>	30×10	220	22,2	19,2	22,5	37,8	65	8	200	25,9	25,6	25,3	16,3	19,2	29,1	2							
III	1	a	»	»	»	22,0	21,6	22,4	38,4	66	7	200	35,5	32,7	32,0	32,2	24,7	16,0	35,0	1-2*						
IV	2	c	»	»	»	20,8	10,0	16,7	36,8	62	8	200	40,7	30,1	28,7	29,6	22,4	15,4	—	5						
VI	1	b	»	»	»	21,7	16,7	21,7	37,8	62	3	200	37,8	25,3	23,3	24,2	16,4	17,8	—	1-2*						
Mittel:						21,7			37,7	64		200	28,5	(29,6)				32,0								
I	3	c	<u>2</u>	30×14	220	22,1	21,4	23,2	37,9	68	6	200	34,2	29,3	29,5	28,5	20,2	18,2	30,5	2						
III	2	a	»	»	»	22,4	20,5	21,7	37,1	65	8	200	38,4	35,1	34,1	35,3	27,0	16,2	36,5	2						
IV	3	b	»	»	»	22,2	23,5	24,8	38,5	(58)	9	200	43,2	26,3	26,6	25,5	16,9	18,8	27,3	2*						
VI	2	a	»	»	»	20,9	13,1	19,1	36,0	69	5	200	35,7	33,4	31,9	30,9	24,4	18,0	33,9	4						
Mittel:						21,9			37,4	67		200	31,0	(31,4)				32,0								
I	4	b	<u>3</u>	30×18	220	22,7	13,7	20,1	37,3	65	3	200	42,4	26,7	24,6	26,1	16,3	20,8	26,1	5						
III	3	a	»	»	»	22,4	17,4	18,3	37,6	65	5	200	37,1	31,7	30,2	31,5	20,1	23,2	31,5	1						
IV	4	b	»	»	»	22,3	22,2	23,1	38,5	(61)	9	200	43,3	30,2	29,9	29,6	20,0	20,4	29,6	2*						
VI	3	a	»	»	»	22,9	10,2	16,7	36,8	65	10	200	40,4	34,9	34,8	34,6	24,6	20,6	34,6	5-6						
Mittel:						22,6			37,5	65		200	30,9	(32,8)				30,4								
I	4	c	<u>4</u>	30×24	220	22,3	21,2	21,9	37,5	69	9	200	45,2	35,1	34,8	33,5	24,5	21,2	—	1-2*						
III	4	a	»	»	»	22,8	18,3	19,0	37,6	65	4	200	45,7	32,4	29,9	32,0	19,8	25,2	—	1-2						
IV	4	c	»	»	»	22,3	14,8	17,2	36,4	64	8	200	45,0	33,2	32,8	33,2	22,6	21,2	—	4						
VI	4	a	»	»	»	22,5	11,7	17,9	36,6	59	6	200	43,8	33,9*	32,8*	33,8	25,3	17,2	—	5	* Nur auf einer Seite gemessen.					
Mittel:						22,5			37,0	64		200	44,2	33,6	(34,7)											
II	2	c	<u>5</u>	20×14	220	21,7	15,3	18,0	37,6	66	7	200	27,4	29,3	28,5	29,3	20,8	17,0	32,8	1*						
III	2	c	»	»	»	21,9	15,1	18,7	37,9	65	3	200	37,8	27,9*	26,1*	27,4	19,1	17,6	29,3	2	* Nur auf einer Seite gemessen.					
V	2	c	»	»	»	22,3	13,4	21,5	37,5	57	3	200	36,7	(20,0)	19,4	19,3	12,3	15,4	—	6						
VI	2	c	»	»	»	22,4	12,5	17,9	38,2	59	7	200	(27,7)	(20,5)	20,7	20,1	13,6	13,8	—	5						
Mittel:						22,1			37,8	62		200	28,6	(29,4)				31,0								
												100	37,2	(37,4)												

Tabelle II.

1			2		3	4	5	6	7	8	9	10	11			12	13	14	15	16	17	18
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze ky pro qmm	Streck-Grenze ky pro qmm	Zugfestigkeit ky pro qmm	Querschnitts-Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Dehnung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.-Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen				
	Form	Grösse									auf 2 überl.	gegen. Zeit.	auf 1 Breits.									
																			n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %	n. strenger Messweise %	
II	3	c	6	25×14	220	21,9	15,2	18,1	36,9	64	10	200	30,7	30,7	30,5	21,8	17,8	32,9	2			
												100	39,6									
III	3	c	»	»	»	22,0	17,3	19,5	37,4	67	11	200	31,4	31,3	31,5	22,4	18,0	33,7	2			
												100	40,4									
V	3	b	»	»	»	22,4	20,3	23,9	38,4	60	2	200	29,9	27,0	28,9	26,0	7,8	—	5—2			
												100	33,8									
VI	3	c	»	»	»	22,2	20,3	23,2	37,8	68	10	200	30,7	30,7	30,6	21,2	19,0	32,2	2			
												100	40,2									
Mittel:						22,1			37,6	65		200	30,7					33,3				
												100	38,5	(30,4)								
														(39,1)								
II	4	b	7	30×14	220	21,5	18,7	20,2	37,0	65	6	200	30,8	29,8	30,2	20,7	20,2	31,5	2			
												100	40,9									
III	4	b	»	»	»	21,2	19,3	21,5	37,4	61	9	200	31,7	31,7	31,2	23,4	16,6	32,8	2			
												100	40,0									
V	4	b	»	»	»	21,6	20,4	23,4	38,2	61	3	200	(27,1)	25,1	26,3	20,2	13,8	—	5—2*			
												100	(34,0)									
VI	4	b	»	»	»	21,7	11,6	16,7	37,5	56	8	200	28,8	27,8	28,5	19,7	18,2	30,3	5			
												100	37,9									
Mittel:						21,5			37,5	61		200	30,4					31,5				
												100	39,6	(31,4)								
														(40,7)								
II	4	c	8	35×14	220	21,6	17,5	18,2	37,1	63	4	200	34,4	31,3	33,5	23,8	21,2	31,2	4			
												100	45,0									
III	4	c	»	»	»	21,5	17,2	17,9	36,6	60	9	200	33,2	33,1	32,3	21,8	22,8	33,2	2			
												100	44,6									
V	4	c	»	»	»	21,9	13,0	16,7	36,9	60	10	200	27,2	27,2	26,8	15,5	23,4	27,4	5*			
												100	38,9									
VI	4	c	»	»	»	21,0	23,0	23,8	37,4	60	9	200	28,2	27,9	26,9	18,6	19,2	27,7	2*			
												100	37,8									
Mittel:						21,5			37,0	61		200	30,7					29,9				
												100	41,6	(32,2)								
														(42,1)								
IV	1	a	9	40×24	293	22,3	23,5	24,6	38,3	64	13	290	30,6			20,8	28,3	—	2*			
												200	35,0	35,0	34,3	22,2	24,4					
												100	46,6			23,4	23,2					
V	1	a	»	»	»	22,4	14,5	17,9	36,7	60	11	290	28,9			18,5	36,7	33,8	6			
												200	34,6	34,5	33,7	20,0	26,0					
												100	45,9			23,3	22,6					
VI	1	a	»	»	»	22,2	11,9	15,2	36,9	38	13	290	21,8			16,7	14,8	22,5	7			
												200	24,2	24,1	24,2	17,1	13,7					
												100	30,8			17,4	13,4					
VII	1	a	»	»	»	22,4	23,2	25,2	38,1	64	11	290	30,4			19,5	31,6	31,3	1*			
												200	34,9	35,3	35,0	21,3	26,3					
												100	47,6			23,0	24,6					
VII	4	a	»	»	»	22,5	21,8	23,1	38,3	65	9	290	32,9			24,5	24,5	32,9	1—2			
												200	36,2	36,6	36,5	25,3	22,1					
												100	47,4			26,0	21,4					
Mittel:						22,4			37,8	63		290	31,7					32,7				
												200	36,8	(36,8)								
												100	50,0	(50,0)								
IV	3	c	10	30×18	220	22,1	13,2	17,6	36,4	65	11	220	33,3			18,3	33,0	34,8	5			
												200	34,8	34,8	34,8	23,1	22,5					
												100	45,6			24,0	21,6					
V	3	c	»	»	»	22,3	13,2	16,9	37,4	60	10	220	26,3			20,3	13,2	26,9	5			
												200	26,9	26,9	26,8	18,7	16,7					
												100	35,4			18,4	17,0					

Tabelle II.

1			2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Deh- nung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.- Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen		
	Form	Grösse									auf 2 gegen. dem		auf 1 Breits.							
											n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %							n. strenger Messweise %	
VI	3	b	10	30×18	220	21,6	14,7	16,9	36,6	64	6	220	29,6			16,6	28,6	30,5	5—6	
												200	30,9	29,0	30,5	20,3	20,5			
												100	40,8			21,0	19,8			
VII	2	b	»	»	»	22,2	22,0	22,8	37,4	70	7	220	29,5			19,5	22,0	30,2	1	
												200	30,5	30,2	30,2	20,7	19,2			
												100	40,0			21,0	19,0			
VII	3	b	»	»	»	22,6	20,6	22,8	37,2	68	8	220	28,7			19,7	19,8	29,4	1*	
												200	29,6	29,6	29,4	18,8	21,8			
												100	40,6			18,6	22,0			
Mittel:						22,1			36,9	67		220	30,3							
												200	31,4	(32,8)				31,2		
												100	41,7	(43,0)						
IV	2	b	11	20×12	147	22,3	19,1	24,9	40,0	62	6	140	26,8			17,0	13,6	26,3	2	
												100	30,7		30,0					
V	2	b	»	»	»	22,0	19,8	23,9	38,1	70	5	140	30,6			19,1	16,1	30,7	2*	
												100	35,2		35,1					
VI	2	b	»	»	»	22,7	12,4	17,5	35,9	69	4	140	31,6			23,3	11,5	31,0	4	
												100	34,9		34,7					
VII	2	a	»	»	»	21,0	19,2	22,9	36,9	74	4	140	33,5			23,2	14,3	32,1	1—2	
												100	37,6		37,0					
VII	3	a	»	»	»	21,4	20,3	22,8	37,4	70	9	140	32,3			20,5	16,4	33,2	1	
												100	37,0		36,5					
Mittel:						21,8			37,1	71		140	32,0							
												100	36,2	(36,3)				32,3		

Tabelle III.

Flachstäbe mit Walzhaut aus Flachstangen von Schweisseisen Nr. 01—09.

Bruchaussehen (Spalte 17): 1. Hell und dunkelgrau geschichtet, bei den grösseren Querschnitten in breiteren, bei den kleineren in feineren Schichten; 2. Hell und dunkelgrau unregelmässig und verworren gemischt, nicht geschichtet. — Die Resultate für die nicht ausgeglühten Stäbe sind in liegender Schrift gedruckt. Diese und die eingeklammerten Zahlen sind von der Bildung der Mittel ausgeschlossen, letztere in der Regel wegen eines Fehlers im Bruch.

1			2		3	4	5	6	7	8	9	10	11 12 13			14	15	16	17	18	
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Deh- nung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.- Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen			
	Form	Grösse									auf 2 gegen.		auf 1 Breits.								
											n. strenger Messweise	n. gewöhnl. Messweise							n. strenger Messweise		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
F2/09	0	8	a	1a	30×24	220	21,7	19,9	20,6	34,9	51	10	200	32,0	32,0	32,3	22,8	18,4	30,2	1—2	
	»	»	b	»	»	»	22,0	12,1	19,9	34,9	50	9	100	41,2	30,2	30,7	23,5	14,2	29,1	1—2	
	»	»	c	»	»	»	21,5	14,9	19,9	34,8	50	6	200	32,4	31,3	32,8	26,2	12,4	30,3	1—2	
	»	»	d	»	»	»	21,6	17,8	19,9	34,9	52	8	100	38,6	34,7	34,9	28,2	14,4	33,1	1—2	
Mittel:						21,7			34,9	51		200	32,6	(32,1)				30,7			
81/09	0	7	a	1b	30×18	220	21,6	12,9	20,8	37,4	51	4	200	28,2	27,3	28,6	22,2	12,0	28,6	2	
	»	»	b	»	»	»	21,9	15,0	22,1	37,6	53	11	100	34,2	32,3	31,8	25,0	14,8	31,8	2	
	»	»	c	»	»	»	21,3	18,4	21,3	36,7	52	6	200	32,4	27,0	27,9	19,3	17,6	27,9	2	
	»	»	d	»	»	»	21,3	19,1	22,0	37,1	51	9	100	39,8	28,1	28,1	21,6	13,4	28,1	2	
Mittel:						21,5			37,2	52		200	29,2	(31,4)				29,1			
81/18	0	2	a	1b	30×18	220	22,3	17,9	22,1	36,6	47	11	220	30,7			16,7	30,8	32,0	1	
	»	»	b	»	»	»	21,8	18,6	22,1	36,6	46	10	200	32,1	32,0	32,0	24,9	12,8			
	»	»	c	»	»	»	21,4	20,7	22,7	36,9	48	5	100	37,7			26,5	11,2			
	»	»	d	»	»	»	21,4	20,0	22,7	36,3	52	7	200	27,4	28,3	28,4	17,4	22,0	28,4	1	
Mittel:						21,7			36,4	48		220	28,1					29,2			
50/14	0	3	a	1c	30×14	220	21,4	22,8	23,4	35,2	52	3	200	29,9	28,8	29,8	24,4	11,0	30,6	1	
	»	»	b	»	»	»	22,3	20,4	22,8	35,1	49	4	100	35,4	31,1	30,8	26,9	8,6	31,3	1	
	»	»	c	»	»	»	21,5	22,8	23,4	35,0	50	8	200	31,2	30,2	30,0	22,8	15,0	31,1	1	
	»	»	d	»	»	»	21,3	21,5	23,3	34,4	50	11	100	35,5	29,2	28,6	21,9	14,2	30,7	1	
	»	»	e	»	»	»	21,4	20,8	23,2	37,3	49	6	200	37,8	34,8	32,3	35,0	32,6	4,4	34,1	1
Mittel:						21,6			34,9	50		200	30,1	(30,7)				30,9			
												100	36,2	(37,2)							

Tabelle III.

1 Bezeichnung und Material			2 Querschnitt Form Grösse		3 Länge des cyl. oder prism. Theils mm	4 Elasticitäts-Modul t pro qmm	5 Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	6 Streck-Grenze kg pro qmm	7 Zugfestigkeit kg pro qmm	8 Querschnitts-Contraction %	9 Nr. des Centimeters mit dem Bruch	10 Ursprüngl. Länge mm	11 Dehnung n. dem Bruche			14 Gleichmässige Dehnung %	15 Locale Dehnung mm	16 Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.-Länge $8,463 \sqrt{F}$	17 Bruchaussehen	18 Bemerkungen	
													auf 2 gegenüberl. Zeit.		auf 1 Breits.						
			n. strenger Messweise	n. gewöhnl. Messweise									n. strenger Messweise								
			%	%									%								
50/10	0	9	a	1d	30×10	220	21,0	22,0	24,7	35,3	49	10	200	27,5	27,5	27,3	21,0	13,0	29,7	1	
	»	»	b	»	»	»	21,9	20,0	25,0	36,8	47	8	200	30,1	30,1	29,5	24,4	11,4	31,4	1	
	»	»	c	»	»	»	20,7	19,9	24,6	36,7	49	4	200	32,2	30,8	31,6	27,2	10,0	32,8	1	
	»	»	d	»	»	»	21,1	18,7	24,7	36,5	47	11	200	25,8	26,0	25,5	20,8	10,0	27,7	1	
Mittel:						21,2			36,3	48		200	28,9	(30,0)				30,4			
40/14	0	4	c	2	24×14	220	21,8	20,5	22,8	36,9	54	10	200	28,3	28,3	27,9	21,6	13,4	30,4	1	
	»	»	b	»	»	»	22,0	21,3	22,8	37,2	52	6	200	32,1	30,9	32,0	26,7	10,8	33,2	1	
	»	»	c	»	»	»	22,1	21,3	22,8	37,0	53	6	200	32,4	32,1	31,9	27,2	10,4	33,6	1	
	»	»	d	»	»	»	22,6	20,5	22,5	37,0	51	7	200	30,4	30,3	30,5	23,7	13,4	32,4	1	
Mittel:						22,1			37,0	52		200	30,8	(30,3)				32,4			
36/14	0	5	a	3	21,6×14	220	21,7	18,2	21,5	35,3	54	3	200	32,9	31,6	34,1	24,2	17,4	—	1	
	»	»	b	»	»	»	21,4	17,1	22,8	34,9	53	7	200	28,9	28,4	29,2	21,1	15,6	31,9	1	
	»	»	c	»	»	»	22,3	21,2	22,5	35,4	52	2	200	30,4	29,4	28,7	27,3	6,2	—	1	
	»	»	d	»	»	»	22,0	20,3	21,3	35,2	50	4	200	31,7	30,4	30,6	25,8	11,8	31,7	1	
	»	»	e	»	»	»	21,3	24,1	26,5	36,9	52	10	200	26,3	26,6	26,0	21,2	10,2	28,1	1	
	»	»	f	»	»	»	21,6	18,1	24,7	37,8	51	3	200	28,2	27,3	27,9	23,1	10,2	—	1	
Mittel:						21,8			35,2	52		200	31,0	(30,0)				31,8			
30/14	0	6	a	4	18×14	220	21,9	21,4	23,2	37,5	56	5	200	30,4	29,4	30,1	25,5	9,8	32,7	1	
	»	»	b	»	»	»	21,7	21,4	23,2	38,1	53	5	200	28,2	27,1	28,5	22,2	12,0	31,0	1	
	»	»	c	»	»	»	22,0	21,4	22,0	38,3	53	9	200	32,8	32,5	33,4	26,9	11,8	35,8	1	
	»	»	d	»	»	»	21,9	17,3	21,4	36,7	53	5	200	26,4	24,4	26,2	19,1	14,6	29,0	1	
Mittel:						21,9			37,6	54		200	29,4	(29,7)				32,1			
70/25	0	1	a	5a	41,7×25	305	21,4	17,6	18,3	34,4	47	15	305	28,6			20,2	25,6	29,7	1	
	»	»	b	»	»	»	21,9	17,5	21,1	35,2	48	13	200	33,0	33,0	32,2	22,7	17,9		1	
	»	»	c	»	»	»	21,4	17,5	21,1	34,9	51	6	305	29,1			21,5	23,2	30,1	1	
	»	»	c	»	»	»	21,4	17,5	21,1	34,9	51	6	200	33,1	33,1	32,3	23,5	17,0		1	

Tabelle III.

1			2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Bezeichnung und Material			Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Dehnung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.- Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen	
			Form	Grösse									mm	mm	mm						mm
97/25	0	1	d	5a	41,7×25	305	21,8	15,3	18,9	34,1	52	12	305	31,7			22,4	28,5	33,2	1	
													200	36,6	36,6	36,2	25,0	20,5			
													100	45,5			27,7	17,8			
Mittel:						21,6			34,6	49			305	29,4					30,3		
50/14	0	3	f	6a	23,3×14	171	21,6	19,1	22,1	34,6	49	6	170	30,6			22,3	14,0	31,7	1	
													150	31,7			24,5	10,4			
													100	34,9	34,7	25,3	9,6				
		»	»	g	»	»	»	21,2	16,8	22,0	34,3	46	5	170	26,7		16,9	16,6	28,0	1	
														150	28,0		20,0	11,4			
														100	31,4	31,0	21,2	10,2			
		»	»	h	»	»	»	21,6	18,3	22,9	34,3	50	7	170	29,0		15,5	22,9	30,8	1	
														150	30,8		20,1	15,1			
	»	»	i	»	»	»	20,6	18,3	21,3	34,3	50	4	170	29,6	33,8	22,0	13,2	32,0	1		
													150	32,0		19,2	17,7				
													100	36,9		35,1	22,2	14,7			
Mittel:						21,2			34,4	49			170	29,0					30,6		
													100	34,6	(36,1)						

Tabelle IV.

Flachstäbe mit Walzhaut aus Flachstangen von Flusseisen Nr. 10—18.

Bruchaussehen (Spalte 17): 1. sehr feinsehlig, gleichmässig mild, mit aufgezogenem Rand. Die Resultate für die nicht ausgeglühten Stäbe sind in liegender Schrift gedruckt. Diese und die eingeklammerten Zahlen sind bei der Bildung der Mittel ausgeschlossen, letztere in der Regel wegen eines Fehlers im Bruche.

1	2		3 Länge des cyl. oder prism. Theils mm	4 Elasticitäts-Modul t pro qmm	5 Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	6 Streck-Grenze kg pro qmm	7 Zugfestigkeit kg pro qmm	8 Querschnitts- Contraction %	9 Nr. des Centimeters mit dem Bruch	10 Ursprüngl. Länge mm	11 Dehnung n. dem Bruche auf 2 gegen- überl. Zeit.			14 Gleichmässige Dehnung %	15 Locale Dehnung mm	16 Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.- Länge 8,463 \sqrt{F} .	17 Bruchaussehen	18 Bemerkungen				
	Querschnitt										n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %	n. strenger Messweise %									
	Form	Grösse																	auf 1 Breits.			
																			%			
50/24	1	7	a	1a	30×24	220	22,4	20,7	24,3	36,7	69	10	200	34,5	34,4	34,6	23,0	23,0	32,9	1		
	»	»	b	»	»	»	22,1	20,7	24,3	37,0	70	11	200	46,0	35,2	35,2	35,4	24,0	22,4	33,7	1	
	»	»	c	»	»	»	22,0	22,2	24,3	36,8	69	12	200	46,4	34,8	34,8	34,5	22,6	24,4	33,2	1	
	»	»	d	»	»	»	22,0	17,2	22,2	36,3	66	11	200	47,0	31,9	31,7	32,1	21,1	21,6	30,5	1	
Mittel:							22,1						200	34,1	(35,6)	(46,0)			32,6			
50/18	1	6	a	1b	30×18	220	21,7	22,3	23,7	36,9	70	8	200	31,8	31,3	31,4	22,3	19,0	31,4	1		
	»	»	b	»	»	»	21,3	20,8	24,4	36,9	70	10	200	41,3	34,1	34,0	34,3	23,3	21,6	34,3	1	
	»	»	c	»	»	»	21,7	20,1	23,0	37,0	70	9	200	44,9	35,4	34,8	35,4	26,8	17,2	35,4	1	
	»	»	d	»	»	»	21,5	12,9	22,3	36,7	66	8	200	44,0	33,1	32,4	33,1	27,8	10,6	33,1	1	
Mittel:							21,5						200	33,6	(34,2)	(43,7)			33,5			
55/17,5	1	1	a	1b	30×17,5	220	22,0	20,2	23,1	37,9	70	7	220	30,2			18,2	26,4	31,3	1		
	»	»	b	»	»	»	21,9	21,8	23,3	37,3	70	11	200	31,4	30,7	31,3	23,0	15,8				
	»	»	c	»	»	»	22,1	22,4	23,2	37,8	66	10	200	38,8			24,0	14,8				
	»	»	d	»	»	»	21,9	22,4	23,2	37,4	70	11	200	30,4	32,2	31,9	12,4	39,6	32,8	1		
Mittel:							22,0						220	30,4					32,1			
50/14	1	2	a	1c	30×14	220	21,7	18,5	24,0	37,6	68	8	200	31,0	31,0	30,5	22,2	17,6	32,1	1		
	»	»	b	»	»	»	22,2	17,2	24,0	37,3	66	11	200	39,8	31,1	30,8	21,6	19,0	33,0	1		
	»	»	c	»	»	»	22,4	23,4	24,0	38,0	68	7	200	40,6	35,1	33,8	34,6	28,0	14,2	35,3	1	
	»	»	d	»	»	»	21,9	23,4	25,2	37,7	67	9	200	42,2	31,6	31,0	31,0	22,5	18,2	32,6	1	
Mittel:							22,0						200	32,2	(33,2)	(41,8)			33,2			

Tabelle IV.

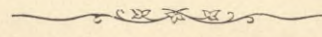
1			2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Deh- nung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch- auf d. prop. Gebr.- Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen			
	Form	Grösse									auf 2 überl.	gegen- überl. Seit.	auf 1 Breits.								
																			n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %	n. strenger Messweise %
50/10	1	8	a	14	30×10	220	21,0	22,1	24,9	37,6	68	11	200 100	32,0 40,0	32,2	31,8	24,0	16,0	34,9	1	
	»	»	b	»	»	»	21,9	22,1	24,9	37,6	69	4	200 100	35,5 40,9	33,9	34,8	30,1	10,8	35,7	1	
	»	»	c	»	»	»	21,8	22,1	24,9	37,6	68	5	200 100	31,7 38,7	30,1	31,9	24,7	14,0	33,9	1	
	»	»	d	»	»	»	21,7	22,8	25,6	37,2	67	10	200 100	30,3 39,0	30,3	29,6	21,6	17,4	33,4	1	
Mittel:						21,6				37,5	68		200 100	32,4 39,6	(32,0) (39,6)				34,5		
40/14	1	3	a	2	24×14	220	22,4	14,5	24,4	37,7	69	11	200 100	30,5 39,5	30,6	30,2	21,5	18,0	33,1	1	
	»	»	b	»	»	»	22,0	22,1	25,2	38,0	70	4	200 100	32,6 39,3	30,8	32,4	25,9	13,4	33,4	1	
	»	»	c	»	»	»	22,0	24,7	25,6	38,0	70	10	200 100	32,2 41,1	32,1	32,0	23,3	17,8	35,4	1	
	»	»	d	»	»	»	22,3	22,9	25,9	38,0	71	9	200 100	33,3 40,9	33,2	33,0	25,7	15,2	35,6	1	
Mittel:						22,2				37,9	70		200 100	32,1 40,2	(32,4) (40,3)				34,4		
36/14	1	4	a	3	21,6×14	220	21,9	24,4	25,1	37,5	70	12	200 100	32,1 40,2	32,1	32,4	24,0	16,2	35,3	1	
	»	»	b	»	»	»	22,2	22,1	25,5	37,3	65	5	200 100	29,9 38,8	28,8	29,4	21,0	17,8	31,6	1	
	»	»	c	»	»	»	22,0	20,4	23,8	37,5	73	5	200 100	33,1 41,0	31,4	32,8	25,2	15,8	34,8	1	
	»	»	d	»	»	»	22,6	23,1	25,7	38,2	75	9	200 100	31,2 38,4	31,4	31,0	24,0	14,4	33,6	1	
	»	»	e	»	»	»	21,8	24,2	30,9	41,3	67	9	200 100	25,8 33,4	25,7	25,4	18,2	15,2	28,3	1	
	»	»	f	»	»	»	21,8	27,6	30,9	41,1	67	4	200 100	26,2 33,1	25,0	26,2	19,3	13,8	27,9	1	
Mittel:						22,2				37,6	71		200 100	31,6 39,6	(32,0) (39,6)				33,3		
30/14	1	5	a	4	18×14	220	21,7	22,2	23,8	37,3	72	4	200 100	31,1 38,8	29,7	30,7	23,4	15,4	33,2	1	
	»	»	b	»	»	»	21,1	20,3	22,9	37,2	70	10	200 100	28,3 33,8	28,4	27,9	22,8	11,0	30,8	1	
	»	»	c	»	»	»	22,0	23,7	24,4	38,0	70	9	200 100	30,9 37,7	30,7	31,1	24,1	13,6	35,3	1	
	»	»	d	»	»	»	21,1	20,2	23,8	37,6	70	6	200 100	32,3 38,5	31,1	31,9	26,1	12,4	35,7	1	
Mittel:						21,5				37,5	70		200 100	30,7 37,2	(31,5) (38,7)				33,7		
70/25	1	0	a	5b	43×25	314	21,6	21,2	21,9	36,4	69	9	310 200 100	33,0 38,4 50,3	38,0	38,3	23,2 24,8 26,5	30,4 25,5 23,8	33,9	1	
	»	»	b	»	»	»	22,2	19,8	22,6	36,4	69	16	310 200 100	32,3 38,4 50,6	38,4	38,4	21,2 23,6 26,2	34,4 27,0 24,4	33,9	1	
	»	»	c	»	»	»	22,2	21,2	21,9	36,6	69	8	310 200 100	35,5 38,7 50,0	39,0	38,1	29,7 28,6 27,4	18,0 21,4 22,6	35,3	1	

Tabelle V.

1		2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Deh- nung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.- Länge 8,463 V.F.	Bruchaussehen	Bemerkungen		
	Form	Grösse									auf 2 gegen- überl. Seit.		auf 1 Breits.							
											n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %	n. strenger Messweise %							
II	3	c	6	25×14	220	21,9	15,2	18,1	36,9	64	10	200 100	30,7 39,6	30,7	30,5	21,8	17,8	32,9	2	
	4	a	4	d = 10	220	22,1	17,9	19,1	36,3	74	7	200 100	25,6 33,1	25,1		18,1	15,0	37,3	1—4	
		b	7	30×14	220	21,5	18,7	20,2	37,0	65	6	200 100	30,8 40,9	29,8	30,2	20,9	20,2	31,5	2	
		c	8	35×14	220	21,6	17,5	18,2	37,1	63	4	200 100	34,4 45,0	31,3	33,5	23,8	21,2	31,2	4	
Mittel:					22,1				37,4	68								32,2		
III	1	a	1	30×10	220	22,0	21,6	22,4	38,4	66	1	200 100	32,7 40,7	32,0	32,2	24,7	16,0	35,0	1—2*	
		b	5	d = 20	300	22,5	19,3	24,1	38,0	73	7	300 200 100	27,7 33,7 37,9	31,7		15,7 22,6 29,5	36,0 15,3 8,4	35,1	1	
	2	a	2	30×14	220	22,4	20,5	21,7	37,1	65	8	200 100	35,1 43,2	34,1	35,3	27,0	16,2	36,5	2	
		b	6	d = 15	220	22,5	21,3	22,4	37,6	74	10	220 200 100	30,2 31,2 39,3	31,3		20,2 22,6 23,1	22,0 16,7 16,2	38,0	1	
		c	5	20×14	220	21,9	15,1	18,7	37,9	65	3	200 100	27,9* 36,7	26,1*	27,4	19,1	17,6	29,3	2	* Nur auf einer Seite gemessen.
	3	a	3	30×18	220	22,4	17,4	18,3	37,6	65	5	200 100	31,7 43,3	30,2	31,5	20,1	23,2	31,5	1	
		b	7	d = 10	150	—	—	—	40,1	71	8	150 100	28,7 30,6			24,9	5,7	33,7	1	
		c	6	25×14	220	22,0	17,3	19,5	37,4	67	11	200 100	31,4 40,4	31,3	31,5	22,4	18,0	33,7	2	
	4	a	4	30×24	220	22,8	18,3	19,0	37,6	65	4	200 100	32,4 45,0	29,9	32,0	19,8	25,2	—	1—2	
		b	7	30×14	220	21,2	19,3	21,5	37,4	61	9	200 100	31,7 40,0	31,7	31,2	23,4	16,6	32,8	2	
		c	8	35×14	220	21,5	17,2	17,9	36,6	60	9	200 100	33,2 44,6	33,1	32,3	21,8	22,8	33,2	2	
Mittel:					22,1				37,6	66								33,9		
IV	1	a	9	40×24	293	22,3	23,5	24,6	38,3	64	13	290 200 100	30,6 35,0 46,6	35,0	34,3	20,8 22,2 23,4	28,3 24,4 23,2	—	2*	
		b	1	d = 25	270	22,3	14,4	17,5	36,9	52	8	250 200 100	(22,7) (24,9) (35,4)	25,0		13,9 14,2 14,4	22,0 21,2 21,0	(25,4)	6*	
	2	a	2	d = 20	220	23,0	23,1	24,7	37,3	73	10	200 100	30,9 39,9	30,9		21,9	18,0	34,1	1	
		b	11	20×12	147	22,3	19,1	24,9	40,0	62	6	140 100	26,8 30,7		30,0	17,0	13,6	26,3	2	
		c	1	30×10	220	20,8	10,0	16,7	36,8	62	8	200 100	30,1 37,8	28,7	29,6	22,4	15,4	—	5	
	3	a	3	d = 15	220	23,0	25,9	25,9	38,8	70	9	200 150 100	28,5 30,9 35,5	28,6		21,3 21,5 21,7	14,4 14,0 13,8	34,3	1	

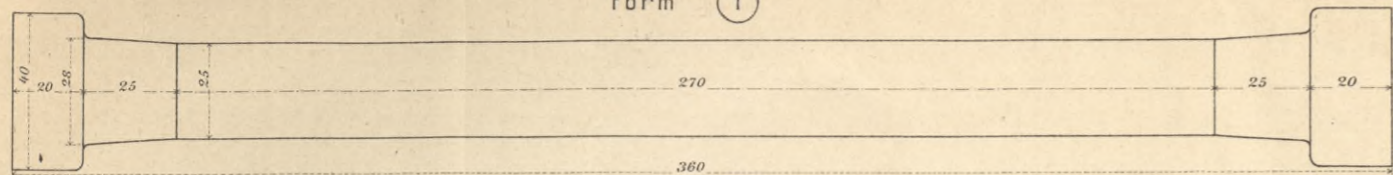
Tabelle V.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Bezeichnung und Material	Querschnitt		Länge des cyl. oder prism. Theils mm	Elasticitäts-Modul t pro qmm	Elasticitäts-Grenze kg pro qmm	Streck-Grenze kg pro qmm	Zugfestigkeit kg pro qmm	Querschnitts- Contraction %	Nr. des Centimeters mit dem Bruch	Ursprüngl. Länge mm	Dehnung n. dem Bruche			Gleichmässige Deh- nung %	Locale Dehnung mm	Dehnung n. d. Bruch auf d. prop. Gebr.- Länge $8,463 \sqrt{F}$.	Bruchaussehen	Bemerkungen			
	Form	Grösse									auf 2 gegen-		auf 1								
											überl.	seit.							Breits.		
																				n. strenger Messweise %	n. gewöhnl. Messweise %
VI	3	a	3	30×18	220	22,9	10,2	16,7	36,8	65	10	200	34,9	34,8	34,6	24,6	20,6	34,6	5—6		
		b	10	30×18	220	21,6	14,7	16,9	36,6	64	6	220	29,6			16,6	28,6	30,5	5—6		
		c	6	25×14	220	22,2	20,3	23,2	37,8	68	10	200	30,9	29,0	30,5	20,3	20,5	21,0	19,8	2	
												100	40,8			21,2	19,0	33,2			
												100	40,2								
	4	a	4	30×24	220	22,5	11,7	17,9	36,6	59	6	200	33,9*	32,8*	33,8	25,3	17,2	—	5	* Nur auf einer Seite gemessen.	
		b	7	30×14	220	21,7	11,6	16,7	37,5	56	8	200	28,8	27,8	28,5	19,7	18,2	30,3	5		
		c	8	35×14	220	21,0	23,0	23,8	37,4	60	9	200	28,2	27,9	26,9	18,6	19,2	(27,7)	2*		
												100	37,8								
Mittel:						22,1				37,1	63							32,2			
VII	1	a	9	40×24	293	22,4	23,2	25,2	38,1	64	11	290	30,4			19,5	31,6	34,9	1		
		b	6	d=15	220	22,4	15,8	19,2	37,0	66	7	220	19,9	35,3	35,0	21,3	26,3	23,0	24,6	5	
		c	7	d=10	150	—	—	—	36,4	71	5	150	30,0			11,9	17,6	27,4	5		
												100	29,2	20,5		12,1	17,1	12,2	17,0		
												100	31,5			27,0	4,5	33,2	5		
	2	a	11	20×12	147	21,0	19,2	22,9	36,9	74	4	140	33,5			23,2	14,3	32,1	1—2		
		b	10	30×18	220	22,2	22,0	22,8	37,4	70	7	220	29,5		37,0	19,5	22,0	30,2	1		
		c	5	d=20	300	22,4	14,3	16,7	35,8	67	15	200	30,5	30,2	30,2	20,7	19,2	21,0	19,0	5	
												100	40,0			21,2	16,8	32,0	5		
												200	29,6	29,6		22,0	14,2				
												100	36,3			22,9	13,4				
		a	11	20×12	147	21,4	20,3	22,8	37,4	70	9	140	32,3			20,5	16,4	33,2	1		
		b	10	30×18	220	22,6	20,6	22,8	37,2	68	8	220	28,7		36,1	19,7	19,8	29,4	1*		
		c	5	d=20	300	22,4	14,3	17,8	35,8	66	15	200	29,6	29,6	29,4	18,8	21,8	18,6	22,0	5	
												100	40,6			21,0	15,0	30,7	5		
												200	28,5	28,5		21,2	14,4				
												100	35,6			21,4	14,2				
		a	9	40×24	293	22,5	21,8	23,1	38,3	65	9	290	32,9			24,5	24,5	36,2	1—2		
												200	36,7	36,6	36,5	25,3	22,1				
												100	47,4			26,0	21,4				
												220	20,7			12,7	17,6	28,4	2		
												200	21,5	21,6		13,0	16,9				
												100	29,9			13,1	16,8				
		c	7	d=10	150	—	—	—	36,4	65	8	150	26,2			19,4	10,2	32,3	5		
												100	29,6								
Mittel:						22,1				36,9	68							32,1			

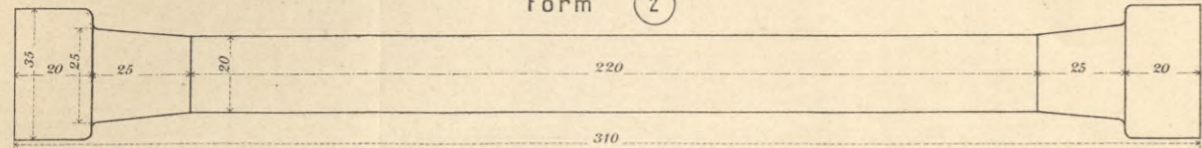


A. Rund - Stäbe.

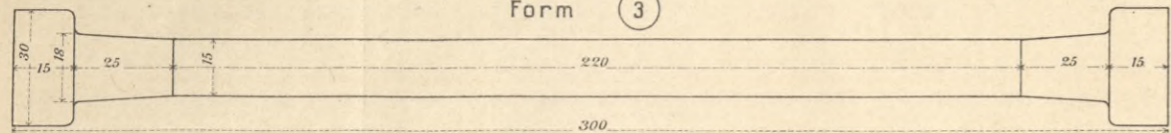
Form 1



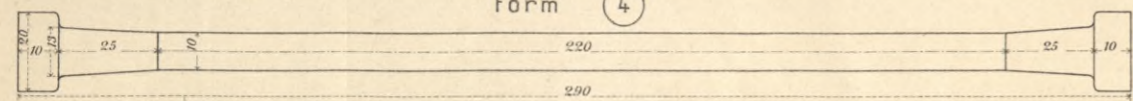
Form 2



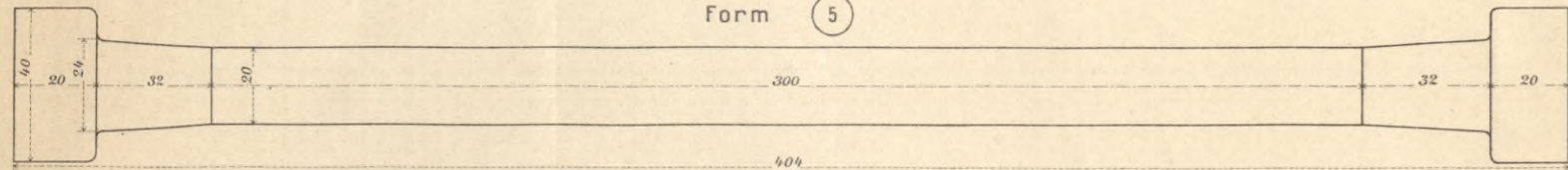
Form 3



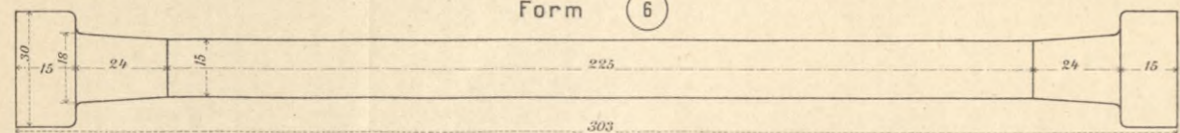
Form 4



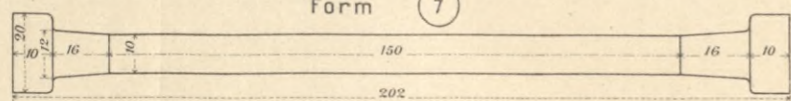
Form 5



Form 6

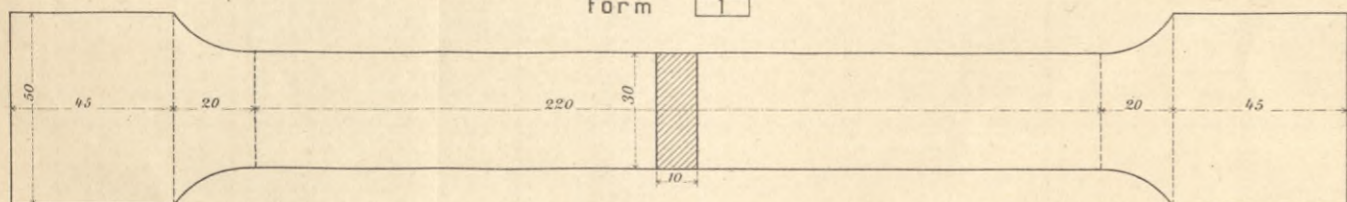


Form 7

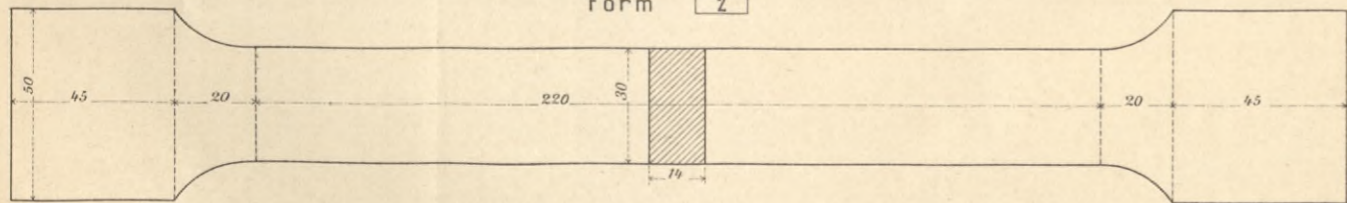


B. Flachstäbe ohne Walzhaut.

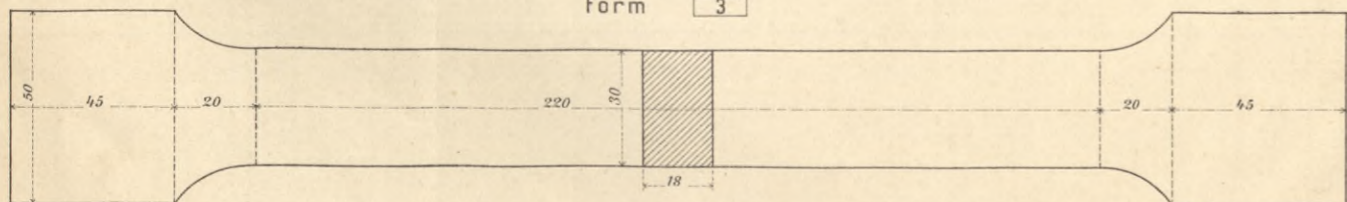
Form 1



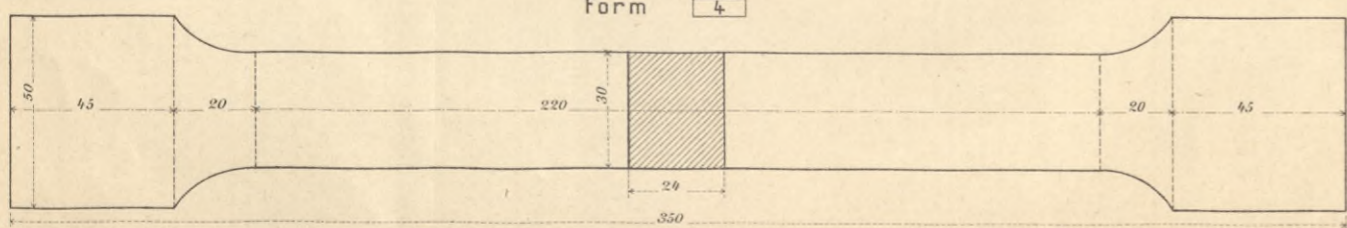
Form 2



Form 3



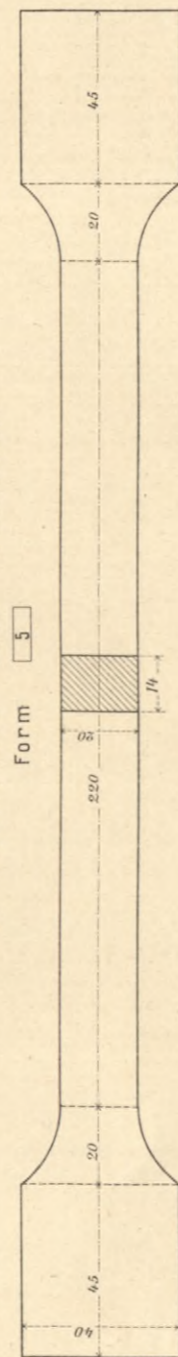
Form 4



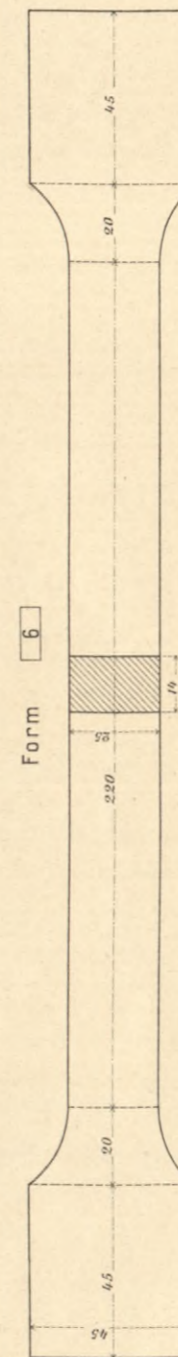
MITTHEILUNGEN AUS DEM MECH. TECHNISCHEN LABORATORIUM
der techn. Hochschule München.

B. Flachstäbe ohne Walzhaut.

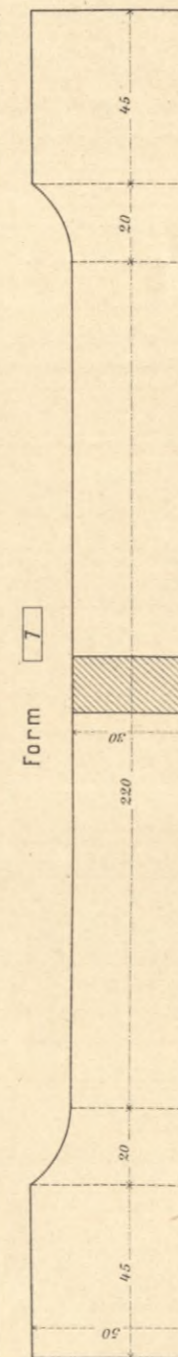
Form 5



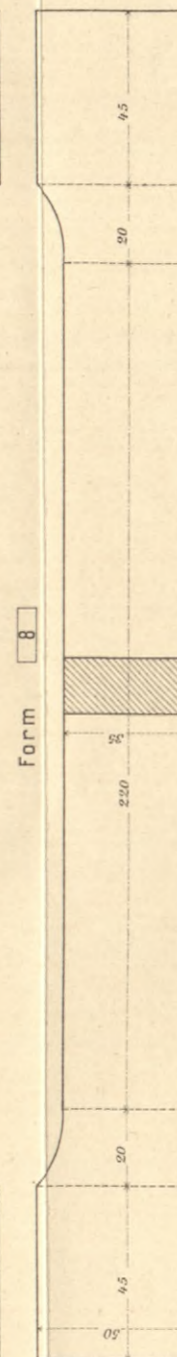
Form 6



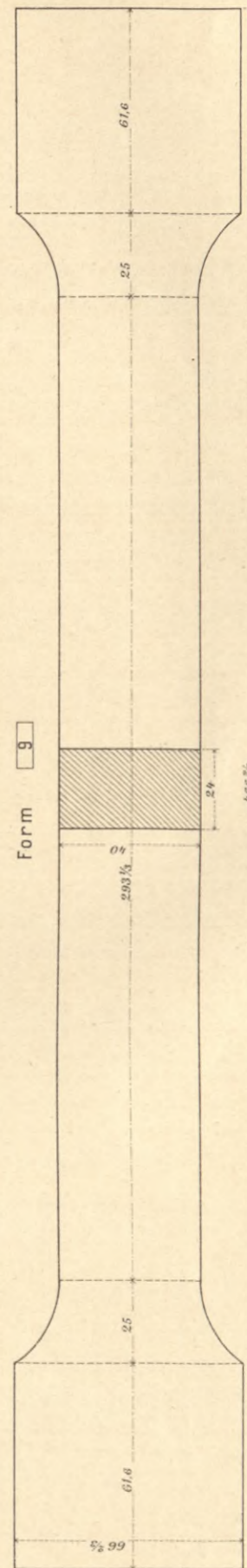
Form 7



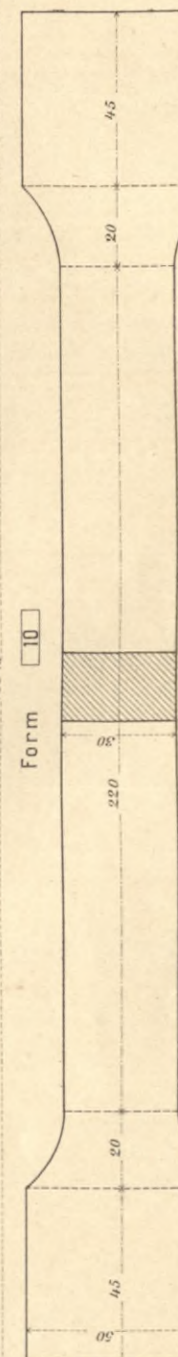
Form 8



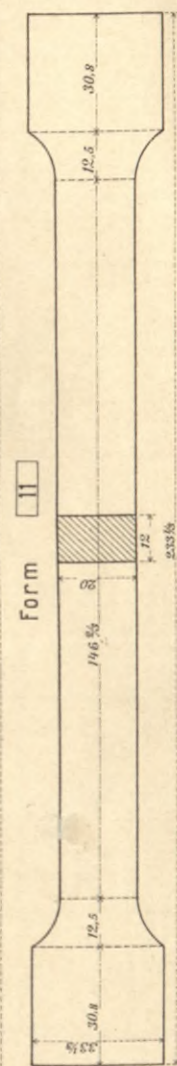
Form 9



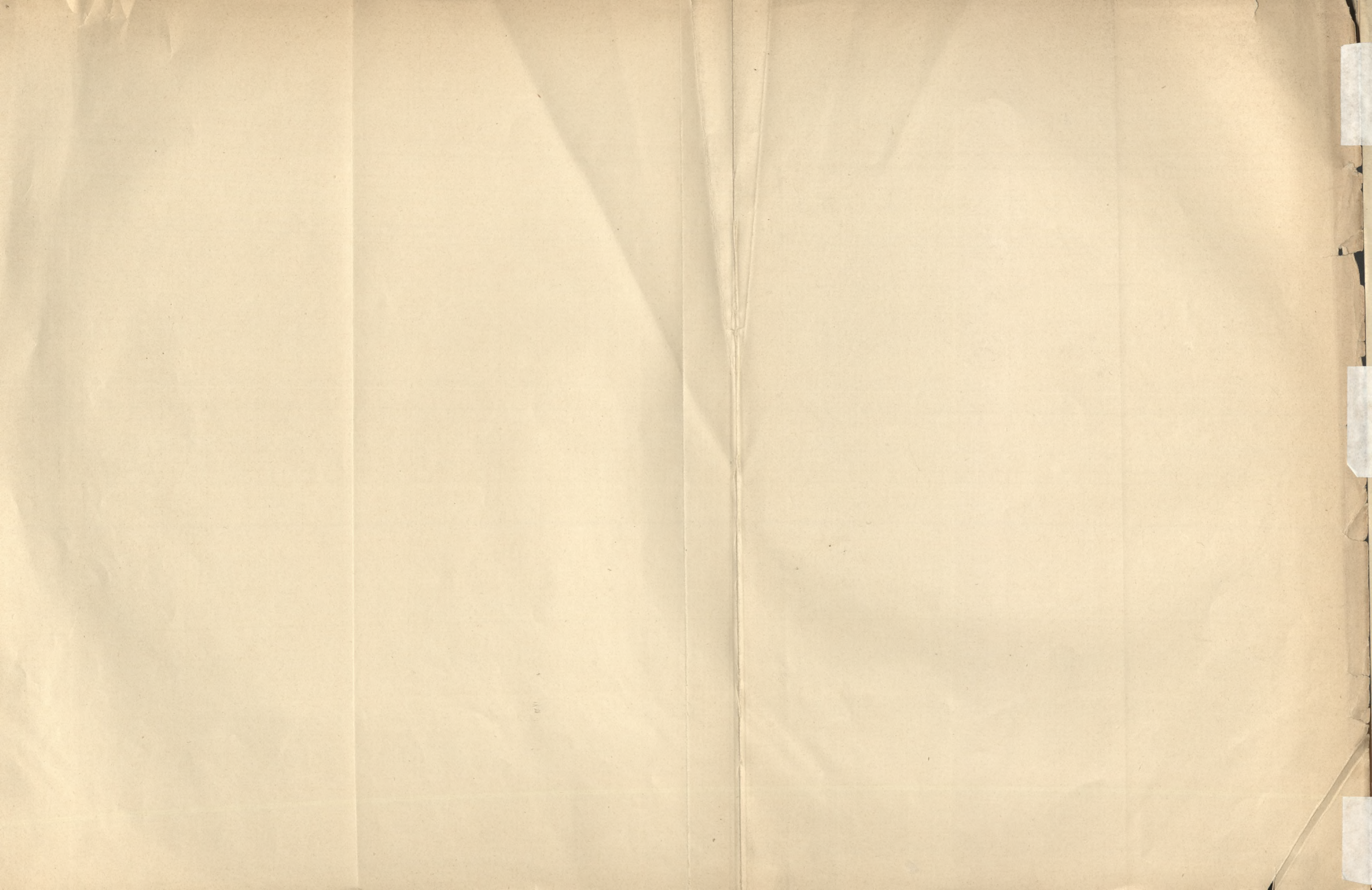
Form 10



Form 11

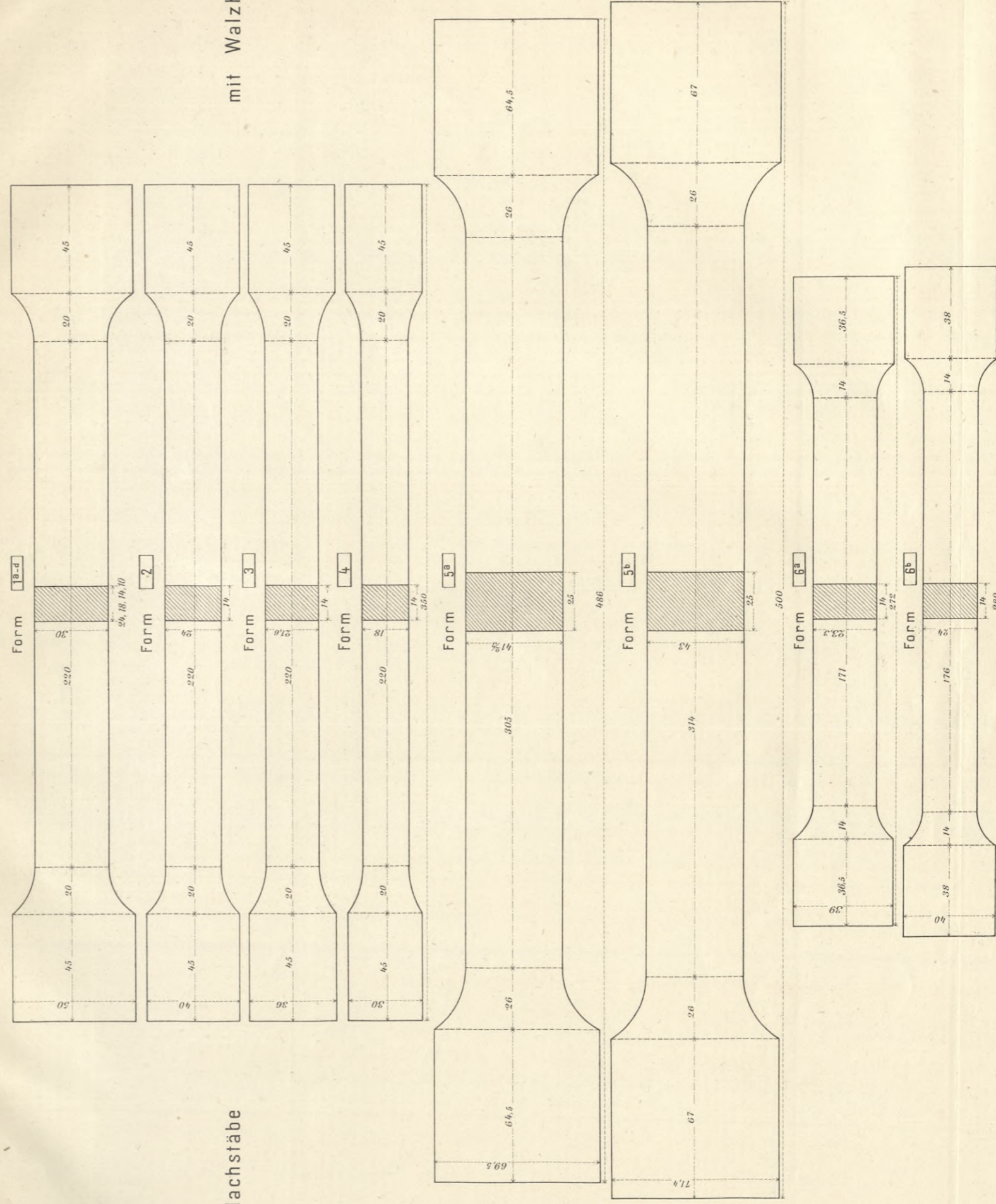


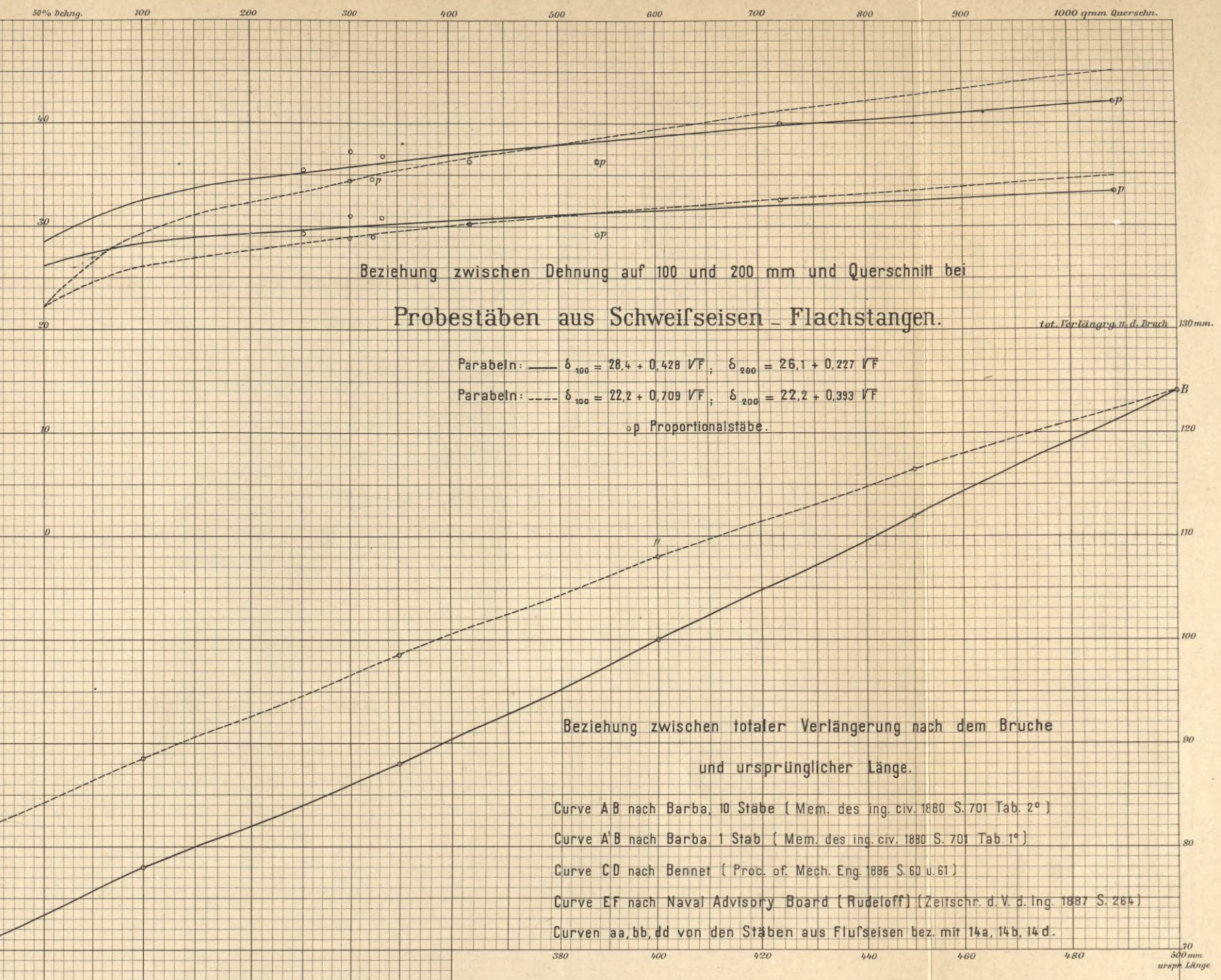
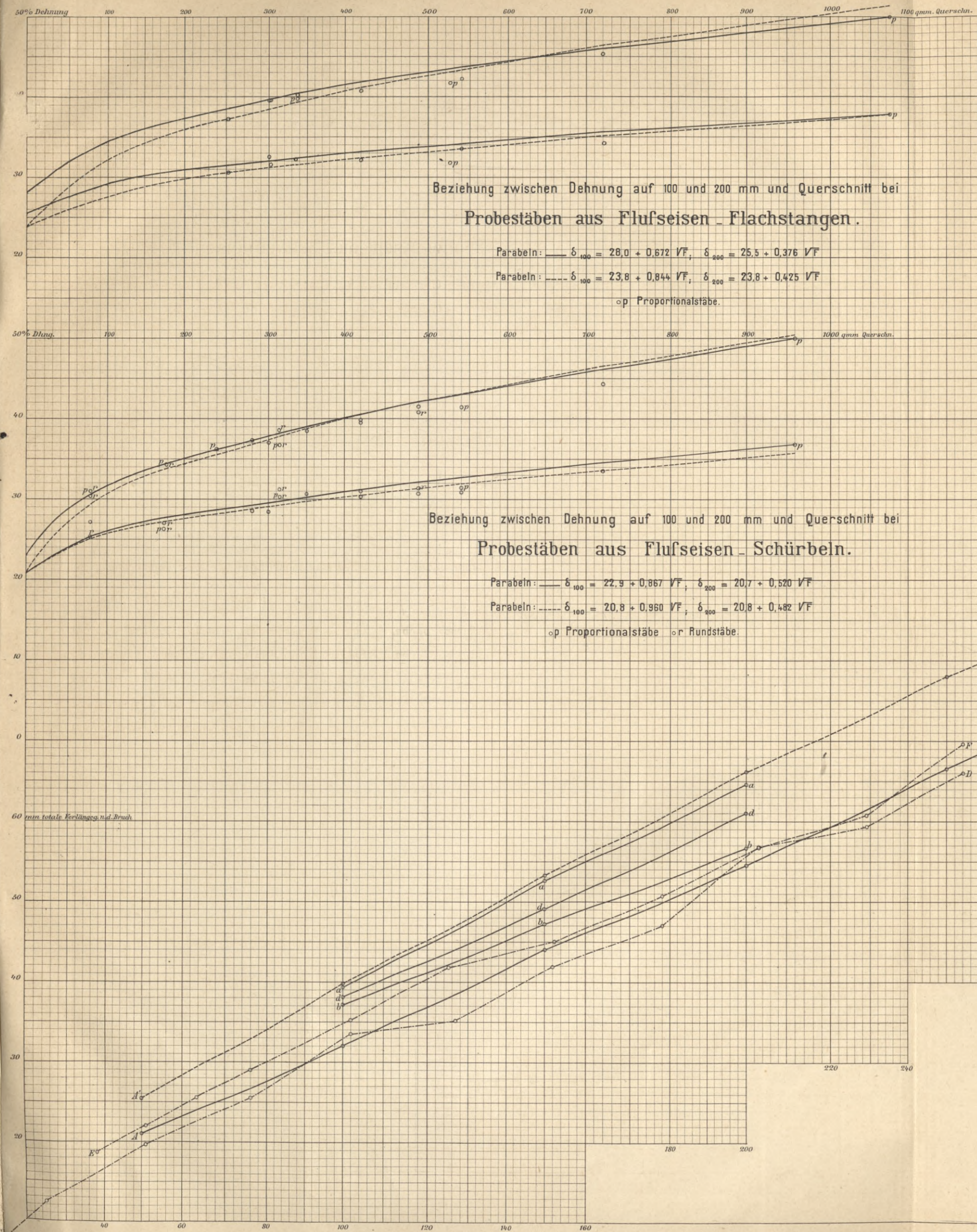
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.



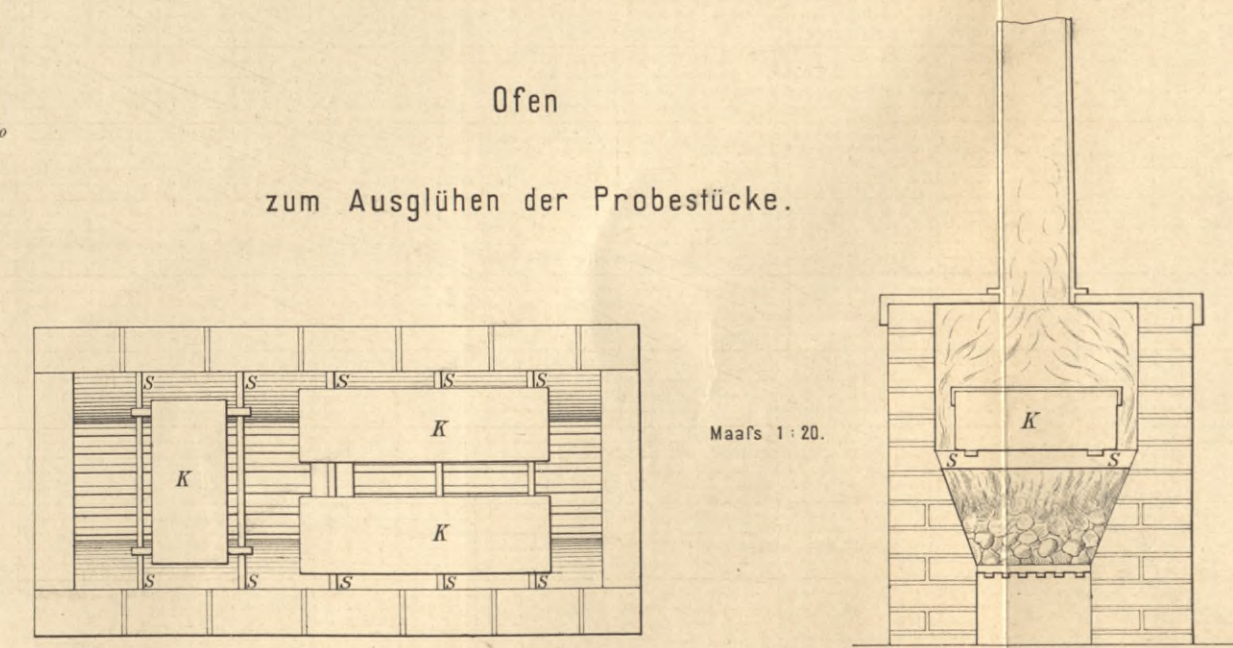
C. Flachstäbe

mit Walzhaut.





Ofen
zum Ausglühen der Probstücke.



S. 61

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315040

1884

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315041

1885

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315042

1886

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315043

1887

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315044

1888

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315045

1889

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315046

1891

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315047

1892

Biblioteka PK

J.X.47

/ 1883/1892

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300714

1883