



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294702

xxx  
292



Mittheilungen  
der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien  
am eidgen. Polytechnikum in Zürich.



4. Heft:

**Methoden & Resultate**  
der Prüfung der  
**Festigkeitsverhältnisse des Eisens und anderer Metalle.**

Zusammengestellt von

**L. Tetmajer**

Ingenieur, Professor am eidgen. Polytechnikum, Vorsteher der Anstalt  
zur Prüfung von Baumaterialien, etc.

*J. Nov. 1895.*



Selbst-Verlag der Eidg. Festigkeits-Anstalt.

ZÜRICH

Druck von F. Lohbauer, Rämistrasse 12.  
1890.

# Mitteilungen

der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien  
am eidgen. Polytechnicum in Zürich.



11-357936

## Methoden & Resultate



### A. Tetmajer

ZÜRICH

Verlag von F. Huber, Grenzweg 10  
1898

3001-B-125/2018

## Vorwort.

Die Herausgabe des vorliegenden Heftes der offiziellen Mittheilungen des schweiz. Festigkeits-Institutes veranlasste in erster Linie die Anhäufung, dann die Nothwendigkeit einer übersichtlichen Zusammenstellung der unterschiedlichen, grösstentheils auf speziellen Antrag von Interessenten, im Gebiet der Prüfung der Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse der Metalle ausgeführten Arbeiten.

Bei Durchsicht des Inhaltes der einzelnen Abschnitte des vorliegenden Heftes wird man bemerken, dass es unser Bestreben war, überall, wo sich zur Erledigung grösserer, programmässiger Arbeiten Gelegenheit bot, die den speziellen Interessensphären angepassten Anträge zu erweitern und zu ergänzen, um auf diese Weise das nöthige Material zur Erörterung wissenschaftlicher Fragen, insbesondere zur experimentellen Herleitung von Coefficienten für das Constructionsfach in Eisen zu gewinnen. Sollte gefunden werden, dass auf dem betretenen Wege es gelungen sei, in der einen oder andern Hinsicht Beiträge zur Kenntniss der mechanischen Eigenschaften der wichtigsten unserer modernen Baustoffe zu geben, so ist dies der Hauptsache nach der Einsicht, dem fördernden Entgegenkommen der uns vorgesetzten Behörden, nicht minder dem Opfersinn einzelner Industrieller zu danken, die in richtiger Würdigung unserer Bestrebungen nicht unterlassen haben, uns thatkräftig zu unterstützen.

Die Gruppierung des Stoffes unserer Mittheilungen ist nicht vorwurfsfrei; allein sie war durch den Umstand bedingt, dass der Satz einzelner Abhandlungen und Berichte ohne wesentliche Aenderungen zu vorliegender Publikation benutzt werden musste.

Wiederholungen, insbesondere in der Beschreibung der gebrauchten Apparate und Messverfahren waren nicht zu umgehen; anderseits waren wir der Uebersichtlichkeit willen genöthigt, Resultate gleichartiger Versuche ohne Rücksicht auf deren Provenienz zusammenzulegen und gemeinsam zu behandeln. Einschiebungen dieser Art, die, wie gesagt, ohne Weitläufigkeiten in der Behandlung des Stoffes nicht umgangen werden könnten, haben wir gesucht durch Anführung der Herkunft des Materials zu trennen, zu bezeichnen, also kenntlich zu machen.

Seit der Veröffentlichung des dritten Heftes unserer offiziellen Mittheilungen (1886) hat sich im Prüfungsverfahren der Metalle auf ihre mechanischen Eigenschaften manches verändert, und haben insbesondere die Conferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und Constructionsmaterialien zur Abklärung der Sachlage und Erweiterung unserer einschlägigen Kenntnisse ganz wesentlich beigetragen.

Bezüglich der Methoden der Qualitätsbestimmungen des schmiedbaren Eisens durch Zerreißversuche sind Neuerungen von Belang nicht zu verzeichnen. Der Kampf um Contraction und Dehnung ist zu Gunsten der letztern ausgefallen; immerhin mit der Einschränkung, dass bei Prüfung von Stahlschienen auch diese durch den Pfeil der Durchbiegung zu ersetzen sei, welchen entsprechend organisirte Schlagproben mit ganzen, tadellosen Gebrauchsstücken ergeben. Berücksichtigt man, dass durch die Schlagprobe einmal die Brüchigkeits- also Zähigkeits- und Zuverlässigkeitsverhältnisse des Schienenmaterials festgestellt werden können, anderseits durch Normirung der Schlagarbeit, welche eine bestimmte Durchbiegung ergeben soll, sich auch diejenigen Härteverhältnisse der Schienen zahlenmässig ausdrücken lassen, welche die Bahnverwaltungen vom Standpunkte der Oekonomie gegen vorzeitigen Verschleiss durch mechanische Abnützung zu fordern berechtigt sind, — unsere diesbezügl. Vorschläge, vergl. S. 234 des dritten Heftes der offiz. Mittheilungen der eidg. Festigkeitsanstalt — so ist nicht recht einzusehen, weshalb die Zerreißprobe bei Stahlschienen überhaupt noch beibehalten wurde. Dies

ist um so auffälliger, als von vorneherein anzunehmen war, dass diejenigen Umstände, die den Ausfall der Dehnung und Contraction des Schienenmaterials nachtheilig beeinflussen, nothwendiger Weise auch die Grösse der Zugfestigkeit schädlich beeinflussen, somit unzuverlässige Schlüsse ergeben können. Dabei ist zu bemerken, dass es sich bei den Stahlschienen-Zerreissproben, entgegen den Interessen der Bahngesellschaften und den Beschlussfassungen der Münchner-Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden, stets um die Prüfung des Materials der Schienenkopfmittle handelt, welches Verfahren bekanntlich bei Manganstahl und dem jetzt meist noch üblichen Grad der Querschnitts-Abminderung der Gussblöcke beim Verwalzen auf Schienen für Hauptbahnen, Resultate liefern kann, die im Widerspruche zum Verhalten der ganzen Gebrauchsstücke stehen.\*)

Des Verfassers Methode der Qualitätsbestimmung der Metalle durch Zerreissversuche hatte sich auch in den letzten Jahren mehrfach die Beachtung von Fachgenossen und Interessenten zu erfreuen gehabt. Die zahlreichen Kundgebungen sind theils zustimmend, theils ablehnend. Es kann nicht in unserer Absicht liegen, uns hier mit diesen zu beschäftigen; wenn uns aber, wie dies in Stahl und Eisen geschah\*\*), Qualitätsansätze zugeschrieben werden, von welchen wir selbst keine Kenntniss hatten, so erwächst uns im Interesse der Sache die Pflicht, gegen solche auf mangelhafter Kenntniss der thatsächlichen Verhältnisse fussenden Aeusserungen Stellung zu nehmen. (Nach Hrn. B. hätten wir für Stahlschienen neben min. Zugfestigkeit, min. Dehnung noch einen min. Qualitätscoefficienten angesetzt, was dem Sinne und Geiste unserer Methode der Qualitätsbestimmung gänzlich widerspricht).

Der Kritiker des dritten Heftes unserer Mittheilungen in Stahl und Eisen findet es komplizirt, neben dem min. Qualitätscoefficienten auch noch Grenzen für die Festigkeitswerthe beizufügen. Dass man in Flusseisen ohne letztere überhaupt

---

\*) Vergl. Seite 42 und 220 u. f. des dritten Heftes der offiz. Mittheilungen der eidgen. Festigkeits-Anstalt.

\*\*) Vergl. Stahl und Eisen, Jahrgang 1887, Seite 77.

nicht mehr durchkommt, ist heute zu allgemein anerkannt, als dass es nöthig wäre, darüber ein Wort zu verlieren. Naturwidrig ist's dagegen, wenn man die dem Schweisseisen angepassten Vorschriften ihrem Wesen nach unverändert auch auf das Flusseisen überträgt und z. B. unter sonst gleichen Verhältnissen für weiches und mittelhartes Flusseisen die gleiche Minimaldehnung fordert, denn unbestritten ist die Erfahrung, dass mit wachsender Festigkeit die Dehnung des Metalls abnimmt, was durch unsern Qualitätscoefficienten sachgemäss zum Ausdrucke gelangt.

Vom Standpunkte der Arbeitscapacität des Materials erscheinen auch die im Jahre 1887 vom österr. Handelsministerium erlassenen Qualitätsvorschriften für das Brückeneisen von zweifelhaftem Werthe. In § 4, lit. 5 der bezüglichen Verordnung heisst es:

„Das Schweisseisen muss 3600 *kg* Bruchfestigkeit und darüber mindestens 12 % Dehnung in der Walzrichtung haben.

„Bei einer geringern Bruchfestigkeit muss eine verhältnissmässig grössere Dehnung, welche bei der noch gestatteten niedrigsten Bruchfestigkeit von 3300 *kg* mindestens 20 % zu betragen hat, vorhanden sein.

3600 *kg* und 12 % Dehnung geben nach unserer Bezeichnung einen, der Arbeitscapacität des Materials angenähert proportionalen Coefficienten von

$$c = 3,6 \cdot 0,12 = 0,43 \text{ in } cm \ t;$$

3300 *kg* und 20 % Dehnung liefern dagegen:

$$c = 3,3 \cdot 0,20 = 0,66 \text{ in } cm \ t, \text{ d. h.}$$

um ca. 54 % mehr. Es ist nun gar nicht einzusehen, wesshalb das Brückeneisen mit abnehmender Zugfestigkeit einen wachsenden Güterwerth, einen wachsenden Grad spezifischer Leistungsfähigkeit aufweisen solle. Entweder ist der massgebende Ansatz von 0,43 vom Standpunkte der öffentlichen Sicherheit ein ausreichender und hat sodann die Erhöhung desselben für etwas schwächeres

Schweisseisen keine Berechtigung, oder der Ansatz ist zu niedrig gegriffen und wäre somit in allen Fällen angemessen zu erhöhen.

Unsere Erfahrungen bestätigen, dass für Zwecke des Brückenbaues das Schweisseisen in der Längsrichtung durch:

min. Zugfestigkeit  $\beta = 3,4 \text{ t pro cm}^2$ ,

min. Qualitätscoeff.  $c = 0,45 \text{ cm t}$ ,

ausreichend qualifizirt sei und dass somit das Eisen mit  $\beta = 3,4 \text{ t pro cm}^2$  u. ein. Bruchdehn. v. :  $0,45 : 3,4 = 0,132$  d. h. v.  $13,2\%$  u. darüb.

" =  $3,6$  " " " " " :  $0,45 : 3,6 = 0,125$  " " "  $12,5$  " " "

" =  $3,8$  " " " " " :  $0,45 : 3,8 = 0,119$  " " "  $11,9$  " " "

" =  $4,0$  " " " " " :  $0,45 : 4,0 = 0,113$  " " "  $11,3$  " " "

als für den Brückenbau verwendbar zu bezeichnen ist, sofern nicht andere Fehler vorliegen.

Für Flusseisen empfehlen wir:

eine Zugfestigkeit  $\beta = 3,6$  bis  $4,5$   $\text{t pro cm}^2$ ,

min. Qualitätscoeff.  $c = 0,9$   $\text{cm t}$ .

Das Material erreicht somit den vorgeschriebenen Güterwerth, wenn dasselbe bei

$\beta = 3,6 \text{ t pro cm}^2$  u. ein. Bruchdehn. v. :  $0,90 : 3,6 = 0,250$  d. h. v.  $25,0\%$  u. darüb.

" =  $3,8$  " " " " " :  $0,90 : 3,8 = 0,237$  " " "  $23,7$  " " "

" =  $4,0$  " " " " " :  $0,90 : 4,0 = 0,225$  " " "  $22,5$  " " "

" =  $4,5$  " " " " " :  $0,90 : 4,5 = 0,200$  " " "  $20,0$  " " "

besitzt u. s. w.

Mit Befriedigung haben wir zur Kenntniss genommen, dass der Verein deutscher Eisenhüttenleute in seinen kürzlich veröffentlichten Qualitätsvorschriften (1889) die im Jahre 1881 aufgestellte Eintheilung der Fabrikate in

I. Homogenes Material,

II. Geschweisstes Material,

fallen gelassen und sich an unsere, nach den Anwendungsgebieten des Eisens geordnete Klassifikation vom Jahre 1883 angelehnt hat. Damit ist allerdings zunächst blos in Hinsicht auf die Vereinheitlichung der Eintheilung und Bezeichnung des Eisens ein Schritt nach vorwärts geschehen, den wir als Fortschritt anzusehen um so mehr berechtigt sind, als bekanntlich der grösste Fehler des „Homogeneisens“ seine Unhomogenität gewesen, die zuverlässig vollkommen zu beseitigen noch nicht gelungen ist.

Mit Schluss des Betriebsjahres 1889 hat die Anstalt zur Prüfung von Bau- und Constructionsmaterialien am schweizer. Polytechnikum das erste Decennium ihres Bestandes erreicht und, obschon sie weder in Hinsicht auf ihre Dislokation noch auf ihre Einrichtungen als planmässig angelegtes und ausgerüstetes Institut angesehen werden kann, und erst seit dem Jahre 1882 über zwei fest angestellte Arbeiter, seit 1886 über einen ständigen Assistenten verfügt, hat dieselbe wie nachstehende Zusammenstellung der bis anhin ausgeführten Festigkeitsversuche zeigt, reichliche Beachtung und manche Anerkennung gefunden.

### Tabellarische Zusammenstellung

der vom Jahre 1880 bis einschliesslich 1889 ausgeführten Festigkeitsproben.

Jahr	Bau- steine	Binde- mittel	Bauholz	Metalle	Seile, Treib- riemen etc.	Ver- schie- des	Total
1880	13	324	—	188	—	—	525
1881	132	357	—	322	8	—	819
1882	2	5 697	—	391	34	—	6 124
1883	1612	3 718	666	354	32	44	6 426
1884	117	7 429	24	371	18	—	7 959
1885	460	5 849	25	915	81	40	7 370
1886	86	10 783	—	716	29	49	11 663
1887	247	5 332	23	1293	11	58	6 964
1888	212	11 981	86	1024	17	202	13 522
1889	294	11 793	12	1264	14	211	13 588
Total	3175	63 263	836	6838	244	604	74 960

Die schönste Anerkennung ihrer Bestrebungen erblickt das eidgen. Festigkeits-Institut in der Opferfreudigkeit, mit der die schweiz. Nationalversammlung im verflossenen Jahre die Mittel

zum Bau und zur zweckdienlichen Einrichtung eines eigenen Heims bewilligte; hoffen wir, es werde der Anstalt gelingen, den Anforderungen, die das Baugewerbe und die einschlägigen Industrien, nicht minder die oberste technische Bildungsanstalt des Landes an sie zu stellen berechtigt sind, nach wie vor zu entsprechen.

Schliesslich erwächst uns die angenehme Pflicht, der Pflichttreue, der seltenen Ausdauer und Umsicht zu gedenken, die der erste ständige Assistent, Herr Architect P. Kubo, während seiner 4-jährigen Thätigkeit in unserer Anstalt an den Tag gelegt hat. Seinem unermüdlichen Fleisse ist es zu danken, dass die laufenden Arbeiten, den obwaltenden Umständen angemessen, prompt abgewickelt wurden.

Die typographischen Arbeiten des vorliegenden Heftes besorgte die Officin des Hrn. F. Lohbauer in Zürich; sie war durchwegs bestrebt, Vorzügliches zu leisten und kann daher zu ähnlichen Arbeiten Jedermann bestens empfohlen werden.

Zürich, im Mai 1890.

Prof. L. Tetmajer.



**1. Untersuchung der Qualität**  
und der  
**Festigkeitseigenschaften der Erzeugnisse**  
der  
**Eisenwerke der Herren de Wendel & Comp.**

---

Im Herbste 1885 beantragten die

HH. Petits-Fils de F<sup>ois</sup> de Wendel & Comp. in Hayange

in der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am schweizer. Polytechnikum zu Zürich die Untersuchung der Qualität und der Festigkeitsverhältnisse der Erzeugnisse ihrer Werke und luden den Berichtstatter zu einer Conferenz, um die grundsätzlichen Bestimmungen des aufzustellenden Programms der Arbeit zu vereinbaren. Im Oktober des gleichen Jahres hat denn auch die fragliche Conferenz stattgefunden, auf welcher der Berichtstatter jene Gesichtspunkte entwickelte, welche sowohl im engeren Interesse des Werkes als auch im Interesse der wissenschaftlichen Forschung zu liegen schienen und die der ganzen Arbeit von vorneherein den Charakter allgemeiner Nützlichkeit zu sichern versprochen. Es darf nicht verschwiegen werden, dass die HH. Chefs der Werke de Wendel & Comp. den Intensionen des Berichtstatters in jeder Hinsicht zugestimmt haben und, wie vorliegender Bericht bekundet, weder Mühe noch Kosten scheuten, um die geplante Untersuchung in ihrem ganzen Umfange zu ermöglichen.

Im Monate November des gl. Jahres erhielt das nun vom Berichtstatter ausgearbeitete Programm der Untersuchung die Genehmigung der HH. Chefs des Hauses de Wendel & Comp., welches hierauf im Frühjahr 1886 mit der Lieferung des Versuchsmaterials begann. Die ganze Arbeit in kürzester Zeit

zu erledigen, lag nicht im Interesse des Werkes und wäre auch angesichts der bescheidenen Einrichtungen des eidgen. Festigkeitsinstitutes, welches die laufenden Agenden nicht vernachlässigen durfte, undurchführbar gewesen. Wir haben daher das Material auf mehrere Jahre angemessen d. h. derart vertheilt, dass jährlich abgeschlossene Partien der Arbeit abgewickelt werden konnten, deren Zusammenstellung und Bekanntgabe an Interessenten die vorliegende Publikation bezweckt.

Zur Orientirung sei gestattet, einige Bestimmungen des Programms der Untersuchung der Qualitäts- und Festigkeitsverhältnisse hier anzuführen.

### § 1.

„Zur Prüfung der Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse gelangen zunächst folgende Constructionsmaterialien:

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| a) Rundeisen, | c) Universaleisen, |
| b) Stabeisen, | d) Formeisen,      |
| e) Bleche.“   |                    |

### § 2.

„Zur Feststellung der Zulässigkeit der Uebertragung der aus den Qualitäts- und Festigkeitsproben mit einfachen Walzeisen hervorgegangenen Ergebnisse auf zusammengesetzte Constructions werden die Versuche auf genietetete Stäbe und Blechbalken ausgedehnt.“

### § 3.

„Die Werke der HH. Petits-Fils de F<sup>ois</sup> de Wendel & Comp. liefern das genannte Versuchsmaterial in Schweiss- und Flusseisen. Es wird angenommen, dass zur Erzeugung des Versuchsmaterials durchwegs die gleichen und zwar diejenigen Eisengattungen Anwendung finden, welche die Werke als „Constructionsqualität“ gewöhnlich in den Handel bringen. Insbesondere hat die Direction der Werke dafür zu sorgen, dass zur Herstellung des Versuchsmaterials in Flusseisen Ingots zweier Chargen benützt werden, welche in chemisch-physikalischer Beziehung möglichst weitgehend übereinstimmen.“

etc.

Bis auf die Biege- und Schlagproben mit den genieteten Trägern, zu welchen sich die Einrichtungen der eidgen. Festigkeitsanstalt unzulänglich erwiesen, sind sämtliche nachstehend angeführten Versuchsergebnisse in dieser gewonnen worden. Zur Vornahme der statischen Biegeversuche mit den Blechbalken blieb keine andere Wahl, als eine der vorhandenen, grossen Kirkaldy-Maschinen zu benützen, deren eine bekanntlich in Kirkaldy's Laboratorium zu London, deren andere sich im Besitze des „Laboratoire d'essais“ der belgischen Staatsbahnen zu Malines befindet. Der Berichterstatter hatte sich zunächst mit dem Vorsteher des angezogenen „Laboratoire“, mit Hrn. Ingenieur E. Roussel in's Benehmen gesetzt, welcher ihm mit schätzbare Bereitwilligkeit seine Unterstützung zusicherte und schliesslich die Durchführung dieser rein wissenschaftlichen Versuche zu Malines auch ermöglichte. Es ist uns angenehme Pflicht, an dieser Stelle für die thatkräftige und umsichtige Förderung unseres Anliegens Hrn. Ingenieur E. Roussel, sowie für die coulante Ueberlassung der Einrichtungen des „Laboratoire d'essais“, anlässlich der Ausführung der besagten Versuche, dem Administrator der belgischen Staatsbahnen, Hrn. Belpair, den wärmsten Dank auszusprechen. Gemeinsam mit Hrn. Ingenieur Roussel hat der Berichterstatter im Monate Oktober 1889 die am Schlusse dieser Arbeit näher beschriebenen Versuche ausgeführt und damit die vorliegenden Untersuchungen abgeschlossen.

### Fabrikationsverhältnisse.

Es war ursprünglich unsere Absicht, zur näheren Orientirung eine kurze Uebersicht über die Fabrikationsmethoden zu geben, welche auf den ausgedehnten Werken der HH. de Wendel & Comp. eingebürgert sind. Wie wohl manchem Interessenten eine Beschreibung der Fabrikationsmethoden der Eisensorten, die wir zu prüfen Gelegenheit hatten, erwünscht gewesen wäre und diese Beschreibung unsere Arbeit ohne Zweifel recht nützlich ergänzt haben würde, haben wir dennoch beschlossen, von unserem Vorhaben Abstand zu nehmen. Der Grund unserer diesbezüglichen

Entschliessungen liegt lediglich in der Erfahrung, dass derartigen Darlegungen häufig eine Deutung unterschoben wird, die sich mit der Sache, für die wir arbeiten, nicht verträgt. Wir beschränken uns daher auf die Mittheilung, dass das „Schweisseisen“ unseres Versuchsmaterials „Puddeleisen“, das Flusseisen „basisches Convertereisen“ gewesen ist und dass diese Eisensorten folgende chemische Durchschnittszusammensetzung besaßen: \*)

	C	Si	P	S	Mn
Schweisseisen	0,05-0,06,	0,05-0,15,	0,30-0,50,	0,02-0,04	Spuren.
Flusseisen	0,08-0,12,	Spuren,	0,03-0,06,	0,02-0,04,	0,40-0,70

Der hohe P-Gehalt des Schweisseisens rührt offenbar aus der eingeschlossenen Schlacke her, denn unsere zahlreichen Kaltbiegeproben haben einen eigentlichen Kaltbruch des Eisens nirgends erkennen lassen.

### Das Versuchsmaterial.

In folgenden Zusammenstellungen geben wir eine Uebersicht über die Menge, Form und Art der Verwendung des unterschiedlichen Versuchsmaterials.

#### a. Rundeisen in 9 Nummern,

nämlich: Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9  
 urspr. Durchm.:  $\frac{c}{m}$  1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0.

Eingeliefert wurden von jeder Nummer:

	in Flusseisen:	in Schweisseisen:
an normalen Zerreißproben	2 Stück,	2 Stück.
an 1,5 m langen Abschnitten	2 „	2 „

Zusammen: 72 Stück.

Das Material wurde verwendet:

zu Zerreißproben	mit 35 Einzelversuchen,
„ Kaltbruchproben	„ 18 „
„ Rothbruchproben	„ 18 „
Transport	mit 71 Einzelversuchen,

\*) Laut Angaben des Werkes.

	Transport	mit	71 Einzelversuchen.
zu	Stauchproben	"	18 "
"	Kaltschmiedeproben	"	16 "
"	Warmschmiedeproben	"	18 "
"	Druckproben	"	11 "
"	Knickungsproben	"	40 "
		somit total: 174 Einzelversuchen.	

### b. Stabeisen in 9 Nummern,

nämlich:	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
urspr. Querabmessung:	cm.	2,0:1,0	4,0:1,0	4,0:2,0	6,0:1,0	6,0:2,0	6,0:3,0	8,0:2,0	8,0:3,0	10,0:3,0

Eingeliefert wurden von jeder Nummer:

	in Flusseisen:	in Schweisseisen:
an normalen Zerreißproben	2 Stück,	2 Stück.
an 1,5 m langen Abschnitten	2 "	2 "
		Zusammen: 72 Stück.

Das Material wurde verwendet:

zu	Zerreißproben	mit	36 Einzelversuchen,
"	Kaltbruchproben	"	14 "
"	Rothbruchproben	"	14 "
"	Kaltschmiedeproben	"	12 "
"	Warmschmiedeproben	"	12 "
"	Warmausbreitproben	"	12 "
zur	Prüfung der Schweissbarkeit	"	18 "
"	" " Härbarkeit	"	28 "
"	" " Biegsamkeit	"	6 "
zu	Schlagproben	"	20 "
		somit total: 172 Einzelversuchen.	

### c. Universaleisen in 4 Sorten,

nämlich:	Nr.	1	2	3	4
urspr. Querabmessungen:	$\frac{cm}{m}$	22,0:0,9	40,0:1,0	50,0:1,1	60,0:1,2

Eingeliefert wurden von jeder Universaleisensorte:

	in Flusseisen:	in Schweisseisen:
an normalen Zerreißproben	2 Stück,	2 Stück,
" Biegeproben	4 "	4 "
" 50 $\frac{cm}{m}$ langen Abschnitten	2 "	2 "
		Zusammen: 64 Stück.

Das Material wurde verwendet:

zu Zerreißproben	mit 16 Einzelproben,
„ Kaltbruchproben	„ 16 „
„ Rothbruchproben	„ 16 „
„ Lochungsproben	„ 44 „
somit total: 92 Einzelproben.	

#### d. Formeisen.

Die Prüfung der Formeisen der HH. de Wendel & Comp. erfolgte mit spezieller Rücksicht auf die Anforderungen und Bedürfnisse der Praxis, nämlich:

- auf Zugfestigkeit und Qualitätsverhältnisse,
- „ Druck- bzw. Knickungsfestigkeit,
- „ Biegungsfestigkeit.

Neben der Feststellung der Zugfestigkeit und der Qualitätsverhältnisse der Formeisen, die ein an sich abgeschlossenes Ganze bildet, sind sämtlichen Formeisen, die zur Prüfung auf Druck oder Biegung gelangten und deren Qualität nicht schon bekannt war, nachträglich Zerreißproben entnommen und den üblichen Qualitätsproben unterworfen worden.

#### I. Winkeleisen.

##### 1. Zur Prüfung auf Zugfestigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse gelangten:

(vergleiche Pofilalbum vom Jahre 1879)

Winkeleisen	Nr.	12	16	18	20			
Angebliche Abmessungen:	cm.	7,0:7,0—7,0:7,0,	9,0:9,0—9,0:9,0,	10,5:10,5—10,5:10,5,	13:13—13:13			
Gewicht pro l. m.:	kg.	8,2,	13,7,	19,1,	17,6,	27,4,	30,8,	40,8.

Von jeder dieser Winkelsorten sind eingeliefert worden:

	Flusseisen:	Schweisseisen:	Zusammen:
an norm. Zerreißprob.	2 Stück,	2 Stück,	32 Einzelversuche,
„ „ Kaltbiegeprob.	2 „	2 „	32 „
„ „ Warmbiegepr.	2 „	2 „	32 „

somit total: 96 Einzelversuche.

**2. Zur Prüfung der Druck- bzw. Knickungsfestigkeit gelangen:**

Einfaches Winkeleisen: deutsch. N.-Profil Nr. 10<sup>a</sup> mit  
14,8 *kg* pro *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 und 5,0.

Doppel-Winkel  $\llcorner$ ; deutsch. N.-Profil Nr. 8<sup>a</sup> mit 9,5 *kg* pr. *l m*.

Geliefert wurden zusammen 22 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 und 5,0.

Kreuzprofil aus 4 Winkeln  $\equiv$ ; deutsch. N.-Profil  
Nr. 6<sup>a</sup> mit à 5,3 *kg* pro *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück in  
Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 und 5,0.

Total: 70 Einzelversuche.

**3. Zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen excentrischen Druck:**

Einfaches Winkeleisen mit 12,0 *kg* pro *l m*.

Nr. 14<sup>a</sup> Profilalbum vom Jahre 1879.

Geliefert wurden zusammen 20 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,00, 2,18, 3,18, 4,18 und 5,18.

Ausgeführt wurden:

an Druckproben 20 Einzelversuche,

„ Qualitäts-Controlproben 4 „

somit total: 24 Einzelversuche.

Doppel-Winkeleisen  $\llcorner$  mit 24,0 *kg* pro *l m*;

Nr. 13<sup>a</sup> Profilalbum vom Jahre 1879.

Geliefert wurden zusammen 20 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,20, 2,20, 3,20, 4,20 und 5,20,

somit total: 20 Einzelversuche.

## II. T-Eisen.

### 1. Zur Prüfung auf Zugfestigkeit und Zähigkeitsverhältnisse gelangten:

(vergleiche Profilalbum vom Jahre 1879)

	Nr.	36	37	38*)
Angebliche Abmessungen:	<i>cm</i>	9,15:8,5,	10,0:10,0	15,0:10,0
Gewicht pro l. m.:	<i>kg</i>	11,35,	15,75,	23,27.

Von jeder dieser T-Eisensorten wurden eingeliefert:

	Flusseisen:*)	Schweisseisen:	Zusammen:
an norm. Zerreißproben	2 Stück,	2 Stück,	10 Einzelversuche,
„ „ Kaltbiegeprob.	2 „	2 „	10 „
„ „ Warmbiegepr.	2 „	2 „	10 „
	somit total: 30 Einzelversuche.		

### 2. Zur Prüfung der Druck- bzw. Knickungsfestigkeit gelangten:

Das breitfüßige T-Eisen Nr. 12:6; deutsch. N.-Profil  
Nr. 12:6 mit 13,3 *kg* pro *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 und 5,0.

Kreuzprofil aus 2 breitf. T-Eisen Nr. 9:4 $\frac{1}{2}$ ; deutsches  
N.-Profil Nr. 9:4 $\frac{1}{2}$  mit 7,9 *kg* pro *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 0,60, 0,90, 1,20, 1,80, 2,40 und 3,00.

Total: 48 Einzelversuche.

### 3. Zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen excentrischen Druck:

Einfaches, hochstegiges T-Eisen mit 15,75 *kg* pro *l m*;

Nr. 37, Profilalbum vom Jahre 1879.

Geliefert wurden zusammen 20 Abschnitte und zwar je 2 Stück  
in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 1,20, 2,18, 3,18, 4,18 und 5,18.

Total: 20 Einzelversuche.

\*) Profil Nr. 38 war derzeit in Flusseisen nicht erhältlich.

### III. U-Eisen.

#### 1. Zur Prüfung auf Zugfestigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse gelangten:

(vergleiche Profilalbum vom Jahre 1879)

Nr.	9a	9b	12a	12b	13a	13b
Angebl. Abmess.: cm.	10,5:6,5	10,5:6,7	17,6:7,2	17,6:7,4	21,5:8,7	21,5:8,9
Gewicht pro l. m.: kg.	14,1	15,7	24,25	27,0	42,5	45,8.

Vorstehende Profile wurden derzeit nur in Schweisseisen gewalzt, somit konnten bloß eingeliefert werden:

		in Schweisseisen:	
an normalen	Zerreissproben	12	Stück,
"	"	Kaltbiegeproben	12 "
"	"	Warmbiegeproben	12 "
somit total:		36	Stück.

#### 2. Zur Prüfung der Druck- bzw. Knickungsfestigkeit gelangten:

das deutsche N.-Profil Nr. 14 mit 15,9 *kg* pro *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 0,80, 1,20, 1,60, 2,40, 3,20 und 4,00;

das Doppel-U-Eisen (□□); deutsches N.-Profil

Nr. 8 mit 8,6 *kg*. p. *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 0,80, 1,20, 1,60, 2,40, 3,20 und 4,00;

somit total: 48 Einzelversuche.

### IV. Doppelt T-Eisen.

#### 1. Zur Prüfung der Druck- bzw. Knickungsfestigkeit gelangten:

das deutsche N.-Profil Nr. 18 mit 21,9 *kg* pro *l m*.

Geliefert wurden zusammen 24 Abschnitte und zwar je 2 Stück in Fluss- und Schweisseisen und in Längen von:

*m* 0,50, 0,75, 1,00, 1,50, 2,00 und 2,50,

somit total: 24 Einzelproben.

## 2. Zur Prüfung der Qualität und der statischen und dynamischen Biegefestigkeit gelangten:

das deutsche Normalprofil in Schweisseisen:

	Nr.	10	15	20	24	30	34	40
angebliche Abmessungen:	cm.	10,0:5,0,	15,0:7,0,	20,0:9,0,	24,0:10,0,	30,0:12,0,	34,0:13,0,	40,0:15,0
Gewicht pro l. m.:	kg.	8,8,	16,0,	26,2,	36,8,	54,1,	68,0,	92,2.

Von jeder dieser Trägersorte sind je 4 Abschnitte in Längen von 1,20 bis 3,50 m eingeliefert worden. Das Material wurde verwendet:

zu Biegeproben	mit 14 Einzelversuchen,
„ Schlagproben	„ 14 „
„ Qualitäts-Zerreissproben	„ 14 „
somit zusammen: 42 Einzelversuchen.	

## V. Zorès-Eisen.

### Zur Prüfung der Qualität und Festigkeitsverhältnisse gelangten:

(vergleiche Profilalbum vom Jahre 1888)

Nr.:	126,	11,	90,	9,	60,	5.
Ang. Abmess.:	30,5:12,6,	24,0:11,0,	22,5:9,0,	20,0:9,0,	17,0:6,0,	12,0:5,0 cm.
Gew. pro l. m.:	31	18,6	15,5	13,8	8,5	5,3.

Von jeder der angeführten Zorès-Eisensorten sind in Fluss- und Schweisseisen je 4 Abschnitte in Längen von 1,1 bis 1,9 m eingeliefert worden. Das Material wurde verwendet:

zu Biegeproben	mit 22 Einzelversuchen,
„ Schlagproben	„ 22 „
„ Qualitäts-Zerreissproben	„ 22 „
zusammen: 66 Einzelversuchen.	

Die Gesamtzahl der Einzelversuche mit Formeisen beträgt also: 524.

## e. Constructionsbleche.

Zur Prüfung auf Qualitätsverhältnisse gelangten 2 Sorten Constructionsbleche mit ausgesprochener Längenrichtung, nämlich:

- I. Gewöhnliche Constructionsbleche,
- II. Qualitäts-Bleche.



### f. Prüfung des relativen Werthverhältnisses genieteter Träger in Fluss- und Schweisseisen von Hayange.

	Blechbalken in 4 Nummern,				
nämlich:	Nr.	1	2	3	4
Trägerhöhe:	cm	40,0,	50,0,	60,0,	70,0.

Eingeliefert wurden:

	Flusseisen:	Schweisseisen:
Abschnitte der zur Herstellung der Blechbalken verwendeten Bleche, Winkelseisen und Gurtlamellen	12 Stück,	12 Stück,
Biegepr. von 3,9 bis bezw. 6,6 m Länge	8   "   "	8   "   "
Schlagproben von 1,8 m Länge	8   "   "	8   "   "
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	
	also zusammen: 56 Stück.	

Das gelieferte Material wurde verwendet:

zu Qualitätsproben des Materials mit	62 Einzelversuche,
„ Biegeproben	16           "   "
„ Schlagproben	16           "   "
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
	also total: 94 Einzelversuche.

Vorliegende Untersuchung umfasst somit:

1296 Einzelversuche.

### Entnahme und Zurichtung der Probekörper.

Die Entnahme und Zurichtung der Probekörper geschah nach Anleitung spezieller Vorschriften; sie war Sache der HH. Auftraggeber und wurde in der Regel in deren Constructionswerkstätte zu Hayange besorgt. Nur in Fällen, wo es sich um Controlen oder um den Qualitätsausweis besondern Zwecken dienender Materialsorten handelte, wie beispielsweise der Druck- und Knickungsproben, der gewalzten und genieteten Träger u. s. w., wurden die nöthigen Probekörper an Ort und Stelle entnommen und versuchsgerecht hergerichtet. Neben diesen Arbeiten lief

eine oft ebenso zeitraubende als mühevollere Appretur des Versuchsmaterials einher, die lediglich aus Gründen einer exacten Anlagerung, Einstellung, also Einspannung der Probekörper an oder in bestimmte Theile der Festigkeitsmaschinen nöthig war. Letzterer soll hier nur soweit Erwähnung finden, als dies zum Verständnisse des Ganzen erforderlich erscheint.

### a. Rundeisen.

Aus den Rundeisen wurden, soweit dies überhaupt möglich war, normale Zerreißproben, vergl. die off. Mittheilungen der eidg. Festigkeitsanstalt, 3 Heft Ste. 6 herausgedreht. Entsprechend der ursprünglichen Rundeisenstärke variierte die Schaftdicke dieser Zerreißproben zwischen 0,9 und 2,5 *cm*.

Zu den Kalt- und Warmbiegeproben, ferner zu den Schmiedeproben wurden unbearbeitete Rundeisenabschnitte benützt. Auch die cylindrischen, auf der Drehbank senkrecht zur Cylinderaxe abgestochenen Stauchproben trugen die ursprüngliche Walzhaut. Dagegen waren sämtliche Druck- und Knickungsproben auf constanten Querschnitt abgedreht und blank abgeschlichtet.

Die eigentlichen Druckproben waren ebenfalls cylindrisch; der Cylinder-Durchmesser war gleich der Höhe gewählt und betrug 2,0 *cm*. Die Stauchproben erhielten zur Höhe den doppelten Rundeisendurchmesser. Die Knickproben, entnommen aus Rundeisen mit

ursprünglich  $\frac{cm}{m}$  2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5 und 5,0 Stärke,  
erhielten bezw.  $\frac{cm}{m}$  1,78, 2,28, 3,78, 3,28, 3,77, 4,28 „ 4,79 Durchmesser.

### b. Stabeisen.

Aus den Unterschiedlichen, der Prüfung auf Materialqualität, der Schweissbarkeit und Härte durch Härte-Zerreißproben

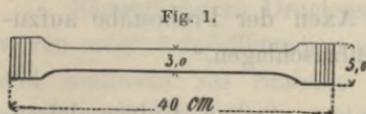


Fig. 1.

unterworfenen Stabeisensorten wurden nach Anleitung von Fig. 1 prismatische Zerreißproben kalt herausgearbeitet. Die Schaftstärke derselben betrug

bei:	Nr.	1	2	3	4	5—9
rund:	$\frac{cm}{m}$	1,0:0,96,	2,5:0,96,	3,0:1,0,	2,5:0,96,	4,0:1,5.

Die ursprüngliche Walzhaut sämtlicher Stäbe war entfernt, ihre Oberfläche blank abgeschlichtet.

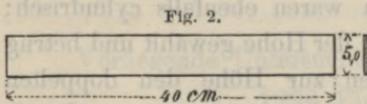
Zu den Kalt- und Rothbruchproben, den Härtebiegeproben, ferner zu den Schmiede-, Ausbreite- und Schlagproben wurden selbstverständlich unbearbeitete Stabeisenabschnitte benutzt.

### c. Universaleisen.

Die zu Qualitätsbestimmungen benützten Zerreiß- und Biegeproben wurden aus den Universaleisen in der Längsrichtung herausgefräst, wobei sämtliche Probekörper dieser Serie auf den Breitseiten die ursprüngliche Walzhaut beibehielten.

Die Form der Zerreißproben entsprach im Wesentlichen der Fig. 1; der Schaftquerschnitt variierte zwischen 3,1 und 3,5 cm.

Die Kalt- und Warmbiegeproben erhielten die üblichen Längen von ca. 40,0 cm bei 5,0 cm Breite; ihre Kanten wurden abgefast und schwach abgerundet.

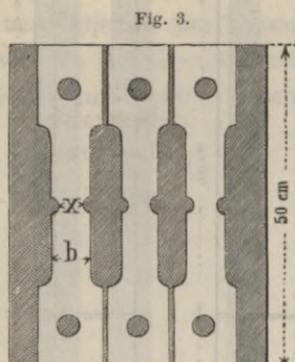


Für die Zurichtung der Lochungsproben, welche die schweizer. Locomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur besorgte, waren folgende Bestimmungen massgebend:

„Die zu lochenden Platten, Universalabschnitte, werden wenn nöthig auf einer ebenen Richtplatte kalt unter Anwendung hölzerner Hämmer gerade gerichtet.“

„Auf die gerade gerichteten Platten sind nach Anleitung der eingelieferten Zeichnungen die Axen der Probestäbe aufzureißen und deren Bezeichnungen aufzuschlagen.“

„Mit Ausschluss der 22,0:0,9 cm starken Universaleisenabschnitte, die bloß 4 Löcher erhalten, werden sämtliche Platten mit 6 symmetrisch zur Axe derselben angeordneten Löcher, vergl. Fig. 3, versehen. Die Lochweite soll betragen bei den



Abschnitten			
Nr. I $\left(\begin{smallmatrix} 22,0 \\ 0,0 \end{smallmatrix}\right)$	Nr. II $\left(\begin{smallmatrix} 40,0 \\ 1,0 \end{smallmatrix}\right)$	Nr. III $\left(\begin{smallmatrix} 50,0 \\ 1,1 \end{smallmatrix}\right)$	Nr. IV $\left(\begin{smallmatrix} 60,0 \\ 1,2 \end{smallmatrix}\right)$
$c/m$ 1,8,	1,9,	2,0,	2,1.

Die Lochnaht (Abstand von Loch zu Lochwand) ist constant und gleich der doppelten Lochweite.“

„Von sämtlichen Universaleisensorten wird der eine der beiden eingelieferten Abschnitte gebohrt, der andere gestanzt.“

„Das Abtrennen der einzelnen Proben einer Platte hat durch Hobeln, Fraisen oder mittelst einer Bandsäge zu erfolgen. Die Anwendung der Schere bleibt ausgeschlossen.“

„Sind die Proben gelocht und abgetrennt, so sind dieselben versandgerecht. Unter keinen Umständen darf eine Nachappretur der Lochwandungen, ein Ausreiben, Nachputzen oder Beseitigen der Grate und allfälliger Bärte etc. vorgenommen werden.“

u. s. w.

#### d. Formeisen.

Die zu Qualitätsbestimmungen benützten Zerreiß- und Biegeproben wurden aus den unterschiedlichen Formeisensorten nach Anleitung der Fig. 4, 5, 6, 7 und 8 kalt herausgearbeitet. Die Form der Zerreißproben entsprach der Fig. 1; der nutzbare Stabquerschnitt derselben schwankte zwischen  $2,0$  und  $4,5 \text{ cm}^2$ . Die Breitseiten der Probestäbe trugen die ursprüngliche Walzhaut. Form, Abmessungen sowie Oberflächenbeschaffenheit der Biegeproben entsprach in jeder Hinsicht derjenigen der Universaleisen.

Sämtliche zu Druckversuchen bestimmten Formeisenstäbe waren möglichst vollkommen gerichtet und mit angenähert ebenen und senkrecht zur Stabaxe gehobelten Endflächen eingeliefert worden. Behufs tadelloser Anlagerung der Stäbe an die Druckplatten der Festigkeitsmaschine mussten indessen diese Endflächen im eidg. Festigkeitsinstitute nochmals nachgefeilt und auf die besagten Druckplatten aufgeschliffen werden.

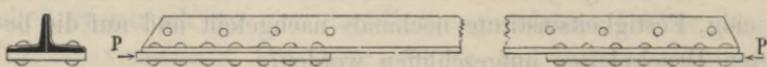
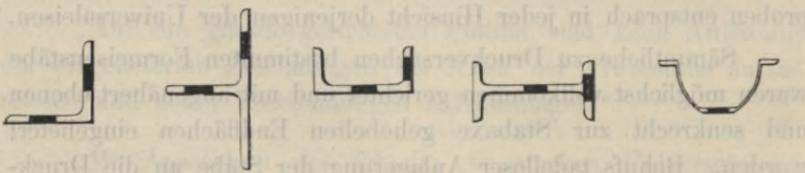
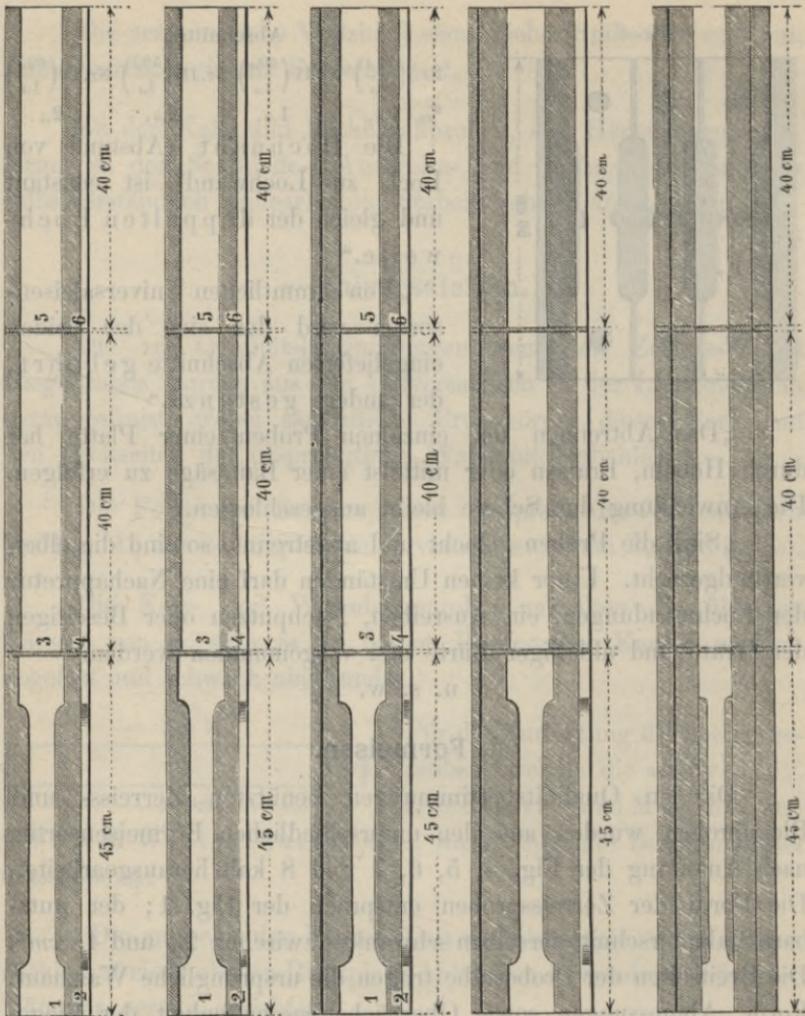
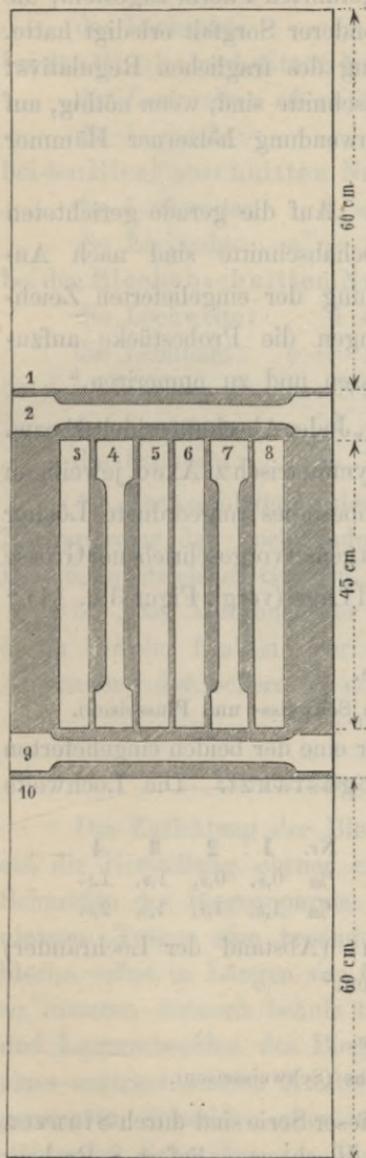


Fig. 9.

Die zu den excentrischen Druckproben bestimmten Stäbe wurden bei Excentricitäten bis  $2,3\text{ cm}$  mit ihren ebenen und senkrecht zur Stabaxe geschliffenen Endflächen ohne weitere Appretur verwendet.

Fig. 10.



Bei Excentricitäten von über  $2,3\text{ cm}$  war es nöthig an die Stabenden nach Anleitung der Fig. 9 entsprechend starke Platten aufzunieten.

### e. Constructionsbleche.

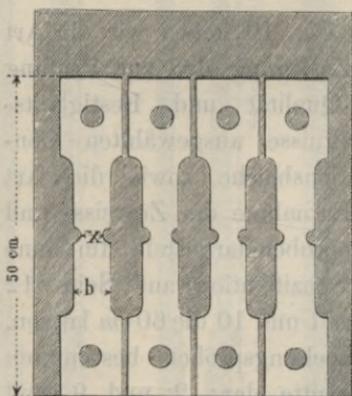
In Fig. 10 haben wir die Art der Zerlegung der zur Prüfung auf Qualität und Festigkeitsverhältnisse ausgewählten Constructionsbleche sowie die Art der Entnahme der Zerreiß- und Biegeproben dargestellt. Im Sinne der Spezifikation auf Seite 12 stellen 1 und 10 die  $60\text{ cm}$  langen, zu Lochungsproben bestimmten Abschnitte dar; 2 und 9 sind Zerreißproben für die Querriechung; 4 und 7 solche für die Längsriechung; 3 und 5 sind Lamellen für die Kaltbruch-, 6 und 8 für die Rothbruchprobe.

Die Herrichtung der Lochungsproben hat nach wie vor die schweizer. Locomotiv- und Maschinenfabrik übernommen. Entsprechend unserem Vorhaben diesen Anlass zu benützen, um neben der relativen Werthbestimmung der Lochungsmethoden (Bohren und Stanzen) auch den Einfluss der Lochweite und der

Grösse der Lochnaht (Abstand der Lochränder) auf die Festigkeitsverhältnisse des Bleches zu prüfen, wurde abermals ein spezielles Regulativ für die Art der Lochung und der weitem Zurichtung der Proben entworfen und der oben angeführten Fabrik zugestellt, die die ihr anvertraute Arbeit mit besonderer Sorgfalt erledigt hatte. Nachstehend geben wir einen Auszug des fraglichen Regulativs:

1. „Die zu lochenden Blechabschnitte sind, wenn nöthig, auf einer ebenen Richtplatte unter Anwendung hölzerner Hämmer kalt gerade zu richten.“

Fig. 11.



2. „Auf die gerade gerichteten Blechabschnitte sind nach Anleitung der eingelieferten Zeichnungen die Probestücke aufzureissen und zu numeriren.“

3. „Jeder Abschnitt erhielt 6 bzw. 8 symmetrisch z. Axed. jeweiligen Probestabes angeordnete Löcher von genau vorgeschriebener Grösse und Lage (vergl. Figur 3 u. 11).“

### I. Serie.

**Gewöhnliche Constructionsbleche** (in Schweiss- und Flusseisen).

„Von jeder Blechsorte wird der eine der beiden eingelieferten Abschnitte gebohrt, der andere gestanzt. Die Lochweite hat zu betragen:

beim Blech:	Nr.	1	2	3	4
mit einer angeblichen Dicke von:	$\frac{c}{m}$	0,8	0,9	1,0	1,1.
	$d =$	$\frac{c}{m}$	1,6	1,7	1,9, 2,0.

Die Breite der Lochnaht (Abstand der Lochränder) ist überall zu  $e = 2d$  zu wählen.“

### II. Serie.

**Qualitäts-Constructionsbleche** (Schweisseisen).

„Sämmtliche Blechabschnitte dieser Serie sind durch Stanzen zu lochen. Jede der eingelieferten Blechsorten liefert 8 Proben,

welche paarweise gleiche Lochweite und gleiche Lochnaht besitzen müssen und zwar hat zu betragen:

bei den Blechabschnitten Nr. **1** mit  $0,8 \text{ }^{\circ}/_m$  angebl. Dicke (40:0,8):

die Lochweite:  $d = \text{ }^{\circ}/_m 1,1, 1,3, 1,5 \text{ und } 1,7,$

die Lochnaht:  $e = 2 \text{ d.}$

bei den Blechabschnitten Nr. **2** mit  $0,9 \text{ }^{\circ}/_m$  angebl. Dicke (50:0,9):

die Lochweite:  $d = \text{ }^{\circ}/_m 1,3, 1,5, 1,7 \text{ und } 1,9,$

die Lochnaht:  $e = 2 \text{ d.}$

bei den Blechabschnitten Nr. **3** mit  $1,0 \text{ }^{\circ}/_m$  angebl. Dicke (60:1,0  $\text{ }^{\circ}/_m$ ):

die Lochweite:  $d = \text{const.} = 2,1 \text{ }^{\circ}/_m,$

die Lochnaht:  $e = 1,0 \text{ d, } 2,0 \text{ d, } 3,0 \text{ d, } 4,0 \text{ d.}$

bei den Blechabschnitten Nr. **4** mit  $1,0 \text{ }^{\circ}/_m$  angebl. Dicke (70:1,0):

die Lochweite:  $d = \text{const.} = 2,1 \text{ }^{\circ}/_m,$

die Lochnaht:  $e = 1,0 \text{ d, } 2,0 \text{ d, } 3,0 \text{ d, } 4,0 \text{ d.}$

bei den Blechabschnitten Nr. **5** mit  $1,1 \text{ }^{\circ}/_m$  angebl. Dicke (80:0,1):

die Lochweite:  $d = \text{const.} = 2,3 \text{ }^{\circ}/_m,$

die Lochnaht:  $e = 1,0 \text{ d, } 2,0 \text{ d, } 3,0 \text{ d, } 4,0 \text{ d.}$

4. „Nach erfolgter Lochung der Blechabschnitte darf keinerlei Nachappretur der Lochwandungen, wie Ausreiben, Nachputzen, Beseitigen etwelcher Grate u. d. m. vorgenommen werden.“

5. „Das Abtrennen der einzelnen Proben einer Platte kann durch Hobeln, Fraisen oder mittelst Bandsäge geschehen. Die Anwendung der Schere ist unstatthaft.“

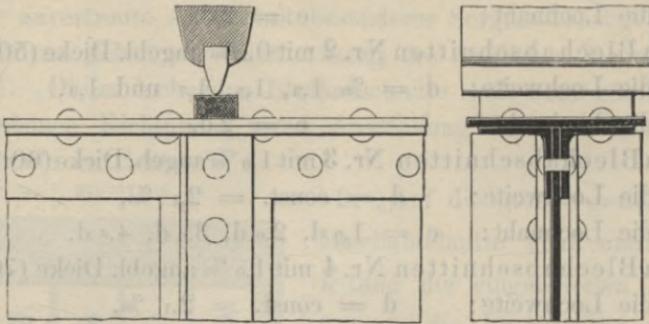
u. s. w.

## f. Zurichtung der Blechbalken.

Die Zurichtung der Blechbalken beschränkte sich lediglich auf die Herstellung ebener und paralleler Lagerflächen für die Schneiden des Biegeapparats. Obschon die Ausführung der genieteten Träger eine besonders sorgfältige gewesen, die Stehbleche selbst in Längen von  $6,6 \text{ m}$  fast vollkommen eben waren, so mussten dennoch behufs tadelloser Anlagerung der Angriffs- und Lagerschneiden des Biegeapparats, ferner behufs Erzielung eines centrisch-axialen Kraftangriffs, die Gurtlamellen unter den genannten Schneiden eben und parallel gefeilt werden. Die stählernen Schneiden des Biegeapparats der grossen Kirkaldy-

Maschine sind mit einem Radius von ca.  $0,5\text{ cm}$  abgerundet. Dieselben schienen zu scharf; man hat daher  $5\text{ cm}$  breite, ca.  $3\text{ cm}$  dicke schmiedeiserne Beilagen hergestellt, vergl. Fig. 12, welche

Fig. 12.



zwischen Schneiden und Träger geschoben, die Kraft (auf ca.  $90\text{ cm}^2$  Fläche mit  $5,0\text{ cm}$  Breite) angemessen vertheilt. Fragliche Beilagen waren selbstredend eben und sassen bei Beginn des Versuchs satt zwischen Schneiden und Gurtlamellen der Träger.

## Ausführung der Untersuchung.

### a. Die Zerreißprobe.

Zur Feststellung der Normalelasticität, der absoluten Festigkeit und der Zähigkeitsverhältnisse des Materials wurde jeweilen eine der beiden eingelieferten Zerreißproben Fall für Fall der sogen. umfassenden Qualitätsprobe unterworfen. Wiederholt wurde diese in der Regel blos dann, wenn die Messung aus irgend einem Grunde nicht befriedigte. Gewöhnlich diente der disponible 2. Zerreißstab zur Ausführung der sogen. reduzierten Qualitätsprobe, mithin zur Controle der aus dem ersten Versuche hervorgegangenen Lage des Streckbeginns, der Grösse der Zugfestigkeit, der Dehnungs- und Contractionsverhältnisse. — Form und Abmessungen der Zerreißstäbe entsprachen, soweit das s. Z. überhaupt möglich gewesen, den Beschlussfassungen der München-Dresdener Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden von Bau- und

Constructionsmaterialien; die Schwankungen der Querschnitts-abmessungen sind in der vorangegangenen Nummer angegeben worden.

In der Regel wurden die Zerreißversuche mit angefraisten Enden der Probestäbe, vergl. Fig. 1 auf Seite 15, auf der uns disponiblen Werder'schen Festigkeitsmaschine ausgeführt. Ausnahmsweise und zwar ausschliesslich nur bei Prüfung der Qualität der Rundeisen wurden die Probestäbe nach Ermittlung der Elasticitätsgrössen aus der Werder'schen Maschine genommen und in eine Mohr und Federhaff'sche Zerreißmaschine gespannt, um mittelst dieser die Arbeitsdiagramme der Zugfestigkeit des Materials automatisch aufzunehmen.

Zur Ermittlung der Elasticitätsverhältnisse diente auch diesmal der Bauschinger'sche Spiegelapparat. Der Gang der Messung war kurz folgender:

Nach Verification des Instrumentes und Controle der Lage des Stabes etc. ist die Messung der elastischen Dehnungen und Feststellung der Proportionalitätsgrenze durchgeführt worden. Hierauf wurde auf ca.  $\frac{1}{8} t$  genau jene Belastung ermittelt, bei welcher die erheblichen, bleibenden Dehnungen beginnen. Der Moment, wo diese eintreten, wurde übungsgemäss als „Streckbeginn oder Streckgrenze“ protokolliert. Von der Streckgrenze ab wurde ohne Messung von Längenänderungen die Belastung allmähig gesteigert bis endlich eine Trennung der Theile, der Bruch eintrat. Belastet wurde die Wage der Werder'schen Maschine, so oft die Libelle des Wagebalkens vollkommen einspielte; auf eine bestimmte Dauer der Einwirkung der Belastung konnte keine Rücksicht genommen werden.

Die automatische Aufnahme der Diagramme der Zerreißarbeit bezweckte eine Controle der bisher gefundenen Völligkeits-coefficienten der Arbeitsflächen. Auch war der Berichterstatter bemüht, an Hand der Diagramme die Bruchdehnung nach Hartig's Definition und ihr Verhältniss zur Dehnung nach Bruch festzustellen. Diese Nebenarbeiten haben indessen zu keinem brauchbaren Resultate geführt, weil einerseits die Diagrammbegrenzungen mit der zufälligen Lage der Bruchstellen gegenüber

den Grenzen der Messlänge ziemlich erhebliche Schwankungen zeigten, anderseits es nicht gelang, den Berührungspunkt der horizontalen Tangente an die Curve des Schaubildes mit der wünschbaren Schärfe zu bestimmen.

Die Messung der Dehnung nach Bruch geschah nach wie vor bezogen auf eine ursprüngliche Messlänge von 10 und 20 cm, nach Vereinbarungen der München-Dresdener Conferenz.

Auch bei Ausführung vorliegender Arbeit bot in einigen Fällen die Bestimmung der Contraction beim Flusseisen wegen der Form, — beim Schweisseisen wegen der Form und Lage des Bruchquerschnitts Schwierigkeiten, die zu Unsicherheiten führten. Als mittlere Dicke der Bruchflächen flusseiserner Flachstäbe, die bekanntliche doppelconvexe Form besitzen, wurde übungsgemäss das arithmetische Mittel aus 5, an verschiedenen Stellen des Querschnitts gemessenen Dicken angenommen.

Während der Ausführung vorliegender Versuche wurde ebenfalls mehrfach und insbesondere beim Flusseisen beobachtet, dass bei Flachstäben mit relativ grosser Breite der Bruch in der Mitte der Breitseite des Stabes beginnt und sich von hier nach den Schmalseiten hin fortpflanzt, was zu etwelchen Nachstreckungen des Materials längs diesen Seiten Veranlassung gab. Wir haben diese unberücksichtigt gelassen; unsere Versuchsstäbe wurden stets auf der Mitte der Breitseite angerissen und gekörnt; es beziehen sich somit auch alle Dehnungen von Versuchsstäben rechteckigen Querschnitts auf die Mitte ihrer Breitseiten.

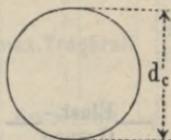
Umstehend folgen Beispiele für die umfassende und reduzierte Qualitätsprobe; sie sind selbstverständlich und bedürfen keiner Erläuterungen.

**No. 1. Elasticität und Zugfestigkeit. Flusseisen.**

Umfassende Qualitätsprobe.

Versuchsobject: Rundstab; einem 3,0 cm starken Rundeisen entnommen.

Durchmesser der Probe:  $d = 2,50$  cm. — Querschnittsfläche:  $F = 4,91$  cm<sup>2</sup>.

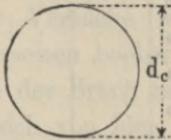
Prot. No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ver- kürzung $\Delta l$ $\frac{cm}{1000}$	Differenz	Bemerkungen
16	0,00	4,91	15,00	0,00		Rundstab, sign.: 30 A <sub>2</sub> . Staboberfläche: blank, fehlerfrei.  Bruchfläche:  Abmessungen der Bruchfläche: $d_c = 1,51$ cm; $F_c = 1,79$ cm <sup>2</sup> . Mittlere, elastische Dehnung pro 1,0 t Be- lastung $\Delta l = 0,001415$ cm.
	3,00			4,20	4,20	
	0,00			0,00	4,25	
	3,00			4,25	1,41	
	4,00			5,66	1,40	
	5,00			7,06	1,41	
	6,00			8,47	1,44	
	7,00			9,91	1,41	
	8,00			11,32	1,42	
	9,00			12,74	1,54	
	10,00			14,28	1,68	
	11,00			15,96	2,16	
	12,00			18,12		
13,00	Skala passirt d. Gesichtsfeld.					
13,65	<b>Streckgrenze.</b>					
20,70	<b>max. Tragkraft.</b>					
15,80	<b>Bruchkraft.</b>					
	<b>Staboberfläche nach Bruch:</b> vollkommen intakt.					
	Elasticitätsmodul . $\epsilon = 2159$ t pro cm <sup>2</sup> Grenzmodul . . . $\gamma = 1,94$ " " " Spannung an der Streckgrenze . . $\sigma = 2,77$ " " " Zugfestigkeit . . . $\beta = 4,12$ " " " Dehnung nach Bruch pro 10 cm . . . $\lambda_1 = 32,0$ % pro 20 cm . . . $\lambda_2 = 22,0$ " Contraction . . . $\varphi = 63,5$ " Qualitätscoefficient n. Tetmajer . . . $c = 0,91$ cm t Beschaffenheit d. Bruchfläche: fehlerfrei.					

## No. 2.      Elasticität und Zugfestigkeit.      Schweisseisen.

Umfassende Qualitätsprobe.

**Versuchsobject:** Rundstab; einem 3,0 cm starken Rundeisen entnommen.

**Durchmesser der Probe:**  $d = 2,50$  cm. — **Querschnittsfläche:**  $F = 4,91$  cm<sup>2</sup>.

Prot. No.	Be- lastung F in t	Quer- schnitts- fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ver- kürzung $\Delta l$ $\frac{cm}{1000}$	Differenz	Bemerkungen
17	0,00	4,91	15,00	0,00	4,59	<b>Rundstab, sign. 30 F<sub>2</sub>.</b> Staboberfläche: blank, zeigt Spuren von Schweissnähten. <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <b>Bruchfläche:</b>   </div> Abmessungen der Bruchfläche: $d_c = 2,15$ cm; $F_c = 3,63$ cm <sup>2</sup> . Mittlere, elastische Dehnung pro 1,0 t Be- lastung $\Delta l = 0,001540$ cm.
	3,00			4,59		
	0,00			0,00		
	3,00			4,58		
	4,00			1,54		
	4,00			6,12		
	5,00			1,50		
	5,00			7,62		
	6,00			1,57		
	6,00			9,19		
	7,00			1,56		
	7,00			10,75		
	8,00			1,64		
8,00	12,39					
9,00	1,79					
9,00	14,18					
10,00	2,80					
10,00	16,78					
11,00	Elast. - Grenze					Skala beginnt sich stetig fort- zubewegen.
12,00	Streckgrenze.					
18,50	max. Tragkraft.					Elastizitätsmodul . . . $\epsilon = 1987$ t pro cm <sup>2</sup> Grenzmodul . . . $\gamma = 1,53$ " " "
18,20	Bruchkraft.					Spannung an der Streckgrenze . . . $\sigma = 2,44$ " " " Zugfestigkeit . . . $\beta = 3,77$ " " "
	Staboberfläche nach Bruch: vollkommen intakt.					Dehnung nach Bruch pro 10 cm . . . $\lambda_1 = 18,0$ % pro 20 cm . . . $\lambda_2 = 17,6$ " Contraction . . . $\varphi = 26,1$ "
						Qualitätscoefficient n. Tetmajer . . . $c = 0,67$ cm t Beschaffenheit d. Bruchfläche: fehlerfrei.

Nr. 3.

Zugfestigkeit.

Nr. 4.

Reducirte Qualitätsproben.

Flusseisen.

Schweisseisen.

Proto- koll No.	Be- lastung P t.	Querschnitts- größen		Bemerkungen	Proto- koll No.	Be- lastung P t.	Querschnitts- größen		Bemerkungen
		d cm	F cm <sup>2</sup>				d cm	F cm <sup>2</sup>	
18	0,00	2,50	4,91	<b>Rundstab, sign.: 30 A<sub>1</sub>,</b> entnommen dem gleich. Rundeisen wie Prot. Nr. 16. Staboberfläche: blank, fehlerfrei. Abmessungen der Bruchfläche: $d_c = 1,51 \text{ cm}$ , $F_c = 1,79 \text{ cm}^2$ . $\varphi = \frac{312}{491} = 63,5$	19	0,00	2,50	4,91	<b>Rundstab, sign.: 30 F<sub>1</sub>,</b> entnommen dem gleichen Rundeisen wie Prot. Nr. 17. Staboberfläche: blank: zeigt Spuren von Schweissnähten. Abmessungen der Bruchfläche: $d_c = 2,10 \text{ cm}$ , $F_c = 3,46 \text{ cm}^2$ . $\varphi = \frac{145}{4,91} = 29,3$
	13,00	Streckgrenze			12,0	Streckgrenze			
	19,90	max.Tragkraft			18,73	max.Tragkraft			
	15,45	Bruchkraft			18,02	Bruchkraft			
Spannung an der Streck- grenze . . . . . $\sigma = 2,64 \text{ t pro cm}^2$					Spannung an der Streck- grenze . . . . . $\sigma = 2,44 \text{ t pro cm}^2$				
Zugfestigkeit . . . . . $\beta = 4,02 \text{ " " "}$					Zugfestigkeit . . . . . $\beta = 3,81 \text{ " " "}$				
Dehnung nach Bruch pro 10 cm . . . . . $\lambda_1 = 34,5 \text{ }^\circ\text{/o}$					Dehnung nach Bruch pro 10 cm . . . . . $\lambda_1 = 31,5 \text{ }^\circ\text{/o}$				
Dehnung nach Bruch pro 20 cm . . . . . $\lambda_2 = 25,8 \text{ "}$					Dehnung nach Bruch pro 20 cm . . . . . $\lambda_2 = 22,8 \text{ "}$				
Contraction . . . . . $\varphi = 63,5 \text{ "}$					Contraction . . . . . $\varphi = 29,3 \text{ "}$				
Qualitäts - Coefficient nach Tetmajer . . . . . $c = 1,04 \text{ "}$					Qualitäts - Coefficient nach Tetmajer . . . . . $c = 0,87 \text{ cm t.}$				
Beschaffenheit der Bruchfläche: fehlerfrei.					Beschaffenheit der Bruchfläche: sehnig mit geringfügigen körnigen Einlagerungen.				
Staboberfläche nach Bruch: vollkommen intakt.					Staboberfläche nach Bruch: vollkommen intakt.				

## b. Die Kaltbruch-Probe.

Je nach Form und Abmessungen der zu prüfenden Materialien mussten die Methode und die Hilfsmittel der Kaltbruchproben wechseln.

Abschnitte der 2,5 bis 5,0 cm starken Rundeisen wurden unter eine angemessen starke Schraubenpresse gebracht und um Dorne von ungefähr der Stärke des zu prüfenden Rundeisens allmähig bis auf ca. 120° gebogen und wenn hierbei nicht schon metallischer Bruch erzielt worden war, unter Benutzung der gleichen Maschine, gefaltet. Rundeisen von unter 2,5 cm Stärke wurden auf der Biegemaschine von Mohr und Federhaff um einen Dorn von 2,5 cm Durchmesser zunächst bis auf ca. 96° gebogen und eventuell auf der vorstehend angeführten Schraubenpresse gefaltet.

Bezüglich der Kaltbiegeproben mit Stabeisen-Abschnitten gelten vorstehende Anführungen mit der Ergänzung, dass das schliessliche Falten von Hand mittelst Vorschlaghämmern vorgenommen wurde. Diese rohe Manipulation trägt Schuld daran, dass einige Flusseisenstäbe in den starken Nummern anrissig wurden bezw. gebrochen sind.

Zur zahlenmässigen Darlegung der relativen Biegsamkeit des Schweisseisens gegenüber dem Flusseisen der Herren de Wendel & Comp. wurden aus der Reihe der 1,5 m langen Stabeisenabschnitte einige gleich starke Nummern in beiden Eisensorten ausgesucht und vor Abtrennung von Abschnitten zu andern Qualitätsversuchen folgenden Proben unterworfen:

Die gerade gerichteten und behufs thunlichst vollkommener Anlagerung der Angriffs- und Lagerschneiden entsprechend appetirten Stäbe wurden hochkant bei 1,0 m Freilage in den Biegeapparat einer Mohr und Federhaff'schen Festigkeitsmaschine eingespannt und einer allmähig gesteigerten Belastung auf die Stabmitte ausgesetzt. Gleichzeitig wurden automatisch die Schaubilder der Bieungsarbeit aufgenommen, welche zur Feststellung der Bieungsarbeiten für verschiedene Spannungsgrenzen der

Versuchsobjekte benutzt wurden. Querbrüche dieser Versuchsstäbe konnten vor Eintritt seitlicher Verwindung nicht erzielt werden. Es wurden somit die Versuche bei Beginn der Verwindung unterbrochen und die Deformationsarbeit

1. bei einer Durchbiegung von  $3,0\text{ cm}$ , sowie
2. beim Erreichen folgender Belastungen ermittelt, u z.
 

für Stäbe mit	$6,0:3,0\text{ cm}$	Stärke bei	$3,0\text{ t}$ ,
" "	" $6,0:2,0$	" "	" $2,2\text{ t}$ ,
" "	" $4,0:2,0$	" "	" $0,8\text{ t}$ .

Die aus den unterschiedlichen Universaleisen, Formeisen, Constructionsblechen etc. herausgearbeiteten Kaltbiegeproben, vergl. Fig. 4—8 auf Seite 18, wurden auf dem bereits erwähnten Biegeapparat von Mohr und Federhoff ausgeführt. Die Versuchsstäbe sind in diesen Biegeapparat eingespannt und nach wie vor um einen Dorn von  $2,6\text{ cm}$  Durchmesser maschinell und zwar sofern nicht schon vorher metallischer Bruch eintrat, bis auf ca.  $96^\circ$  abgelenkt und hierauf von Hand eventuell gefaltet worden.

Bei diesen Versuchen ist das Aufgehen von Schweissnähten nicht als metallischer Bruch angesehen worden. In der That ist dieses ein Criterium für die Güte und den Werth der Schweissung, nicht aber für die Kaltbrüchigkeit des Materials, die die Kalt-Biegeprobe festzustellen bezweckt.

### c. Die Rothbruchprobe.

Sämmtliche der Rothbruchprobe unterworfenen Eisensorten oder lamellare Ausschnitte solcher, wurden in einen kleinen Glühofen allmählig auf Kirschroth-Gluth gebracht, sodann um einen Dorn von ca.  $2,6\text{ cm}$  Durchmesser von Hand gebogen, und, sofern nicht schon vorher Querbrüche eingetreten sind, mittelst Vorschlaghammer gefaltet worden.

Im Allgemeinen sind bei den Warmbiegeproben ähnliche Erscheinungen aufgetreten wie bei den Kaltbiegeproben. Das Flusseisen hat das Falten und schliessliche Zusammenlegen tadellos ertragen. Brüche sind hierbei überhaupt nicht vorgekommen.

Beim Schweisseisen trat ein Oeffnen von Schweissfugen ebenfalls jedoch entschieden später auf als bei den correspondirenden Kaltbruchproben; sie sind meistens beim Falten, einzelne sogar erst beim Zusammenschlagen aufgetaucht.

#### d. Die Schmiedprobe.

Sämmtliche Proben auf Kalt- und Warmschmiedbarkeit bezw. auf Warmausbreitungsfähigkeit des Fluss- und Schweisseisens der HH. de Wendel & Comp. sind unter Controle in der Centralwerkstätte der schweizer. Nord-Ost-Bahn in Zürich durch einen erfahrenen Schmied ausgeführt worden. Die zu den Schmiedproben bestimmten Rund- und Stabeisenabschnitte sind Stück für Stück ca. 6,0 *cm* von einem Ende weg leicht angehauen worden. Dies geschah lediglich aus dem Grunde, um eine Einheit zu gewinnen und blieb auch die Schmiedearbeit thatsächlich auf die so begrenzten Stabtheile beschränkt.

Das Abschmieden der Probekörper geschah das eine Mal in kaltem Zustande, das andere Mal bei heller Kirschrothgluth und sodann stets in einer Hitze, bei allen Stäben mit mehr als 1,0 *cm* Dicke unter einem ziemlich rasch arbeitenden Federhammer, bei allen schwächeren Eisensorten von Hand. Die Schmiedearbeit wurde eingestellt, so oft die Stäbe gespalten oder brüchig geworden waren bezw. sobald die Rothgluth geschwunden war und die Stäbe dunkel zu werden begannen.

Ausbreiteversuche sind nur an Stabeisenabschnitten u. z. selbstredend ausschliesslich in warmem Zustande ausgeführt worden.

Protokollirt wurden, soweit als möglich, alle beim Schmieden gemachten Wahrnehmungen. In einzelnen Fällen genügte scheinbar ein Hammerschlag, um Längsrissigkeit (Spaltungen) bezw. Besenbrüchigkeit zu ergeben. Offenbar waren schon vorher Kernrisse entstanden, die bei den folgenden Hammerschlägen das scheinbar plötzliche Zerfallen des Versuchskörpers ergaben. Der Moment, wo die ersten Risse entstanden, konnte in keinem Falle mit Sicherheit festgestellt werden.

### e. Die Stauchprobe.

Die der Probe auf Stauchbarkeit unterworfenen, geraden Cylinder, vergl. Ste. 15 dieses Berichts, wurden in einem offenen Kohlenfeuer auf thunlichst gleiche und gleichmässig helle Kirschrothgluth gebracht und sodann in einer Hitze von Hand bezw. unter dem vorstehend angezogenen Federhammer bis zu dem Moment gestaucht, wo ausgeprägte Längsspaltung (meist einfaches Aufgehen von Schweissnäthen) eintrat oder die Abkühlung der Proben entsprechend, d. h. bis zum Eintritt der Dunkelrothgluth, fortgeschritten war. Beim Auftauchen der ersten Rissbildungen sowie nach dem Erkalten der Proben wurde deren Höhe gemessen und protokollirt. Abbildungen der gestauchten Körper vergl. Taf. 4, wo Fall für Fall eine Schweisseisen- und die correspondirende Flusseisenprobe dargestellt sind. Der zwischenliegende Cylinder gibt in richtigem Massstabe die ursprüngliche Form und Höhe der Probekörper.

### f. Die Schweissprobe.

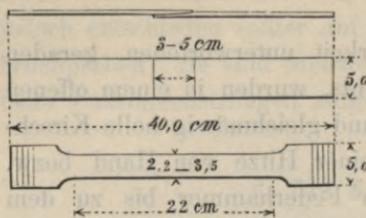
Zur Prüfung der Schweissbarkeit des basischen Convertereisens und des Schweisseisens (Constructionsqualität) der Herren de Wendel & Comp. wurden einige der eingelieferten Stabeisenabschnitte benützt. Der Berichterstatter wählte in Fluss- und Schweisseisen je einen Stab vom Querschnitte:

4,0 : 1,0 cm, 4,0 : 2,0 cm und 6,0 ; 1,0 cm,

liess denselben in angenähert 3 gleich lange Stücke zerlegen und benützte das mittlere Theilstück zur Feststellung der Festigkeitsverhältnisse des Materials im Anlieferungszustande (gleichzeitig Controle), während die beiden Endstücke der Schweissprobe unterworfen wurden. Letztere wurde unter Aufsicht durch einen geübten Schmied in der Werkstätte der schweiz. Nord-Ost-Bahn in Zürich ausgeführt. Das Verfahren hierbei war kurz folgendes:

Die vorstehend bezeichneten Endstücke der Stabeisenabschnitte wurden ebenfalls zunächst gehälftet, die zusammenzuschweissenden Enden nach Anleitung der Fig. 13 zugerichtet

Fig. 13.



u. hierauf in einem offenen Schmiedefeuer schweisswarm gemacht. Als Schweissmittel diente Quarzsand und erfolgte die schliessliche Schweissung unter Anwendung gewöhnlicher Handhämmer. Die geschweissten Stäbe wurden warm nachgeputzt und behufs Entnahme normaler Zerreissproben (in Flachstabform) weiter in Appretur gegeben. Letztere geschah übungsgemäss in kaltem Zustande und hatte man dafür gesorgt, dass die geschweisste Stelle angenähert in Mitte der Zerreissprobe fiel.

Die appretirten Probestäbe waren allseitig behobelt und glatt abgeschlichtet. Die Schweissung fiel scheinbar befriedigend aus, denn weder Umrisse noch Ausschieferungen der Schweissflächen konnten an den Stäben bemerkt werden.

Wiederholend sei gestattet auch an dieser Stelle anzuführen, dass bei Beurtheilung der Güte der Schweissung hauptsächlich folgende Momente in Betracht fallen:

1. die Anzahl der mit dem nämlichen Materiale in geschweisstem und ungeschweisstem Zustande ausgeführten Einzelversuche;
2. die procentuale Anzahl der mit groben Schweissfehlern angetroffenen Probekörper;
3. die procentuale Anzahl der ausserhalb der Grenzen der geschweissten Fläche gerissenen Stäbe;
4. die procentuale Aenderung der ursprünglichen Festigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse, ausgedrückt durch die Zugfestigkeit und Arbeitscapacität des Materials.

# Schweisssprobe.

Nr. 5.

Flusseisen.

Nr. 6.

Ungeschweisst.

Geschweisst.

Proto- koll Nr.	Be- lastg. P t	Querschnitts- größen		Bemerkungen	Proto- koll Nr.	Be- lastg. P t	Querschnitts- größen		Bemerkungen
		b : c cm	F cm <sup>2</sup>				b : c cm	F cm <sup>2</sup>	
280	0,00	3,49:0,74	2,58	<b>Flachstab, sign. A2</b> entnommen einem 6,0 : 1,0 cm starken Stabeisen.  <b>Staboberfläche:</b> blank, fehlerfrei.  <b>Abmessungen</b> der Bruchfläche: <i>b<sub>c</sub></i> = 2,50 cm; <i>c<sub>c</sub></i> = 0,46 cm; <i>F<sub>c</sub></i> = 1,15 cm <sup>2</sup> .  $\varphi = \frac{143}{2,58} = 55,4 \text{ ‰}$	281	0,00	3,50:0,74	2,59	<b>Flachstab, sign. A2</b> entnommen dem nämlichen Stabeisen wie No. 280.  <b>Staboberfläche:</b> blank, fehlerfrei.  <b>Abmessungen</b> der Bruchfläche: <i>b<sub>c</sub></i> = 2,55 cm; <i>c<sub>c</sub></i> = 0,52 cm; <i>F<sub>c</sub></i> = 1,33 cm <sup>2</sup> .  $\varphi = \frac{126}{2,59} = 48,6 \text{ ‰}$
	7,50	<b>Streckgrenze</b>				8,50	<b>Streckgrenze</b>		
	11,38	<b>max. Tragkraft</b>				11,88	<b>max. Tragkraft</b>		
Bruchstelle liegt im Drittel der Stablänge.					Bruchstelle liegt innerhalb, doch nahe der Grenze der Schweissfläche.				
<b>Spannung an der Streckgrenze</b> . . . . . $\sigma = 2,88 \text{ t pro cm}^2$ <b>Zugfestigkeit</b> . . . . . $\beta = 4,41 \text{ t pro cm}^2$ <b>Dehnung nach Bruch</b> pro 10 cm . . . . . $\lambda_1 = 33,0 \text{ ‰}$ pro 20 cm . . . . . $\lambda_2 = 26,5 \text{ ‰}$ <b>Contraction</b> . . . . . $\varphi = 55,4 \text{ ‰}$ <b>Qualitätscoefficient nach Tetmajer</b> . . . . . $c = 1,17 \text{ cm t}$ <b>Beschaffenheit der Bruchfläche:</b> fehlerfrei, sehnig. <b>Staboberfläche nach Bruch:</b> vollkommen intakt.					<b>Spannung an der Streckgrenze</b> . . . . . $\sigma = 3,28 \text{ t pro cm}^2$ <b>Zugfestigkeit</b> . . . . . $\beta = 4,59 \text{ t pro cm}^2$ <b>Dehnung nach Bruch</b> pro 10 cm . . . . . $\lambda_1 = 26,6 \text{ ‰}$ pro 20 cm . . . . . $\lambda_2 = 20,9 \text{ ‰}$ <b>Contraction</b> . . . . . $\varphi = 48,6 \text{ ‰}$ <b>Qualitätscoefficient nach Tetmajer</b> . . . . . $c = 0,96 \text{ cm t}$ <b>Beschaffenheit der Bruchfläche:</b> sehnig, an einer Stelle ist die Schweissnaht sichtbar. <b>Staboberfläche nach Bruch:</b> in Nähe der Schnittstelle anrissig.				

## Schweisssprobe.

Nr. 7.

Schweisseisen.

Nr. 8.

Ungeschweisst.

Geschweisst.

Proto- koll No.	Be- lastg. P t	Querschnitts- größen in cm		Bemerkungen	Proto- koll No.	Be- lastg. P t	Querschnitts- größen in cm		Bemerkungen
		b : c cm	F cm <sup>2</sup>				b : c cm	F cm <sup>2</sup>	
273	0,00	2,18:0,75	1,64	<b>Flachstab, sign. F<sub>2</sub></b> entnommen einem 4,0 : 1,0 cm starken Stabeisen.  <b>Staboberfläche :</b> blank; zeigt Spuren von Schweissnähten.  <b>Abmessungen</b> der Bruchfläche : <i>b<sub>c</sub></i> = 2,05 cm ; <i>c<sub>c</sub></i> = 0,65 cm ; <i>F<sub>c</sub></i> = 1,33 cm <sup>2</sup> .	272	0,00	2,18:0,71	1,55	<b>Flachstab, sign. F<sub>1</sub></b> entnommen dem nämlichen Stabeisen wie Nr. 273  <b>Staboberfläche :</b> blank; zeigt Spuren von Schweissnähten.  <b>Abmessungen</b> der Bruchfläche : <i>b<sub>c</sub></i> = 2,02 cm ; <i>c<sub>c</sub></i> = 0,63 cm ; <i>F<sub>c</sub></i> = 1,27 cm <sup>2</sup> .
	4,50	<b>Streckgrenze</b>			4,00	<b>Streckgrenze</b>			
	6,25	<b>max. Tragkraft</b>			6,00	<b>max. Tragkraft</b>			
			$\varphi = \frac{31}{1,64} = 18,9 \%$				$\varphi = \frac{28}{1,55} = 18,1 \%$		
		Bruchstelle liegt nahe der Stab- mitte.					Bruchstelle liegt innerhalb der Grenzen der Schweissfläche.		
<b>Spannung an der Streck- Grenze</b> . . . . . $\sigma = 2,74 \text{ t pro cm}^2$					<b>Spannung an der Streck- grenze</b> . . . . . $\sigma = 2,58 \text{ t pro cm}^2$				
<b>Zugfestigkeit</b> . . . . . $\beta = 3,81 \text{ t pro cm}^2$					<b>Zugfestigkeit</b> . . . . . $\beta = 3,87 \text{ t pro cm}^2$				
<b>Dehnung nach Bruch</b> pro 10 cm . . . . . $\lambda_1 = 10,6 \%$ pro 20 cm . . . . . $\lambda_2 = 10,0 \%$					<b>Dehnung nach Bruch</b> pro 10 cm . . . . . $\lambda_1 = 11,3 \%$ pro 20 cm . . . . . $\lambda_2 = 11,3 \%$				
<b>Contraction</b> . . . . . $\varphi = 18,9 \%$					<b>Contraction</b> . . . . . $\varphi = 18,1 \%$				
<b>Qualitätscoefficient nach Tetmajer</b> . . . . . $c = 0,38 \text{ cm t}$					<b>Qualitätscoefficient nach Tetmajer</b> . . . . . $c = 0,44 \text{ cm t}$				
<b>Beschaffenheit der Bruchfläche:</b> sehnig, fehlerfrei.					<b>Beschaffenheit der Bruchfläche:</b> sehnig, mit einer körnigen Partie.				
<b>Staboberfläche nach Bruch:</b> fast vollkommen intakt; zeigt Spuren v. Schweissnähten.					<b>Staboberfläche nach Bruch:</b> leicht wellig; in der Nähe der Schweissstelle anrissig.				

### g. Die Härteprobe.

Die Probe auf Härtebarkeit bezweckt festzustellen, ob das uns eingelieferte Flusseisen stahl- oder schmiedeisenerartigen Charakter trägt. Da unser Versuchsmaterial der Hauptsache nach ein und derselben Charge angehört (vergleiche § 3 der Programmbestimmungen auf Ste. 4), so erschien es überflüssig, die Versuche auf Härtebarkeit auf die Materialsorten sämtlicher Theillieferungen auszudehnen; wir beschränkten uns daher die Härteproben an disponiblen Abschnitten einzelner Stabeisen- und Blechsorten auszuführen. Benützt wurden speziell:

Stabeisenabschnitte mit:  $2,0 : 1,0 \text{ cm}$ ,  $4,0 : 1,0 \text{ cm}$ ,  $6,0 : 1,0 \text{ cm}$ ,  $8,0 : 2,0 \text{ cm}$  Querschnitt sowie die bei der Appretur der Lochungsproben gewonnenen Abfälle der Bleche von  $40,0 : 0,8 \text{ cm}$ ,  $50,0 : 0,9 \text{ cm}$  und  $70,0 : 1,0 \text{ cm}$  Stärke.

Der Berichterstatter liess aus diesen Materialien theils Härtebiegeproben, theils Härtezerreissproben nach Anleitung von Fig. 1 und Fig. 2 kalt herausarbeiten. Leider waren die gelieferten Stabeisenabschnitte durch andere Versuche so stark belegt, dass aus den erübrigten Stücken sich sowohl Härtebiege- als auch Härtezerreissproben nicht mehr entnehmen liessen. Somit blieb nichts übrig, als einzelne Stabeisensorten dem einen, andere dem andern Prüfungsverfahren zuzuwenden. So sind denn auch aus den Stabeisenabschnitten

mit  $2,0 : 1,0 \text{ cm}$  und  $8,0 : 2,0 \text{ cm}$  Stärke Härtebiegeproben,  
 „  $4,0 : 1,0$  „ „  $6,0 : 1,0$  „ „ Härtezerreissproben  
 herausgearbeitet worden.

Aus den vorstehend angezogenen Blechabfällen wurden ebenfalls Härtebiege- und Zerreißproben entnommen, letztere jedoch nur bei Flusseisenblechen.

Die aus den angeführten Materialien gewonnenen Härtebiege- und Zerreißproben wurden gleichzeitig in einem Muffelglöhen eingesetzt, auf Kirschrothgluth erhitzt, hierauf in Wasser von  $25^{\circ} \text{ C}$ . abgeschreckt. Nach der Procedur des Abschreckens waren die Stäbe versuchsgerecht und ist diesmal Gewicht darauf

gelegt worden, dass nachträglich keinerlei Appreturen stattfanden, die die Wirkung des Temperns beeinflussen, das Urtheil trüben konnten.

Die gewonnenen Resultate belehren darüber, ob das Werk mit Recht ihr Converter-Constructionseisen als „weichen Stahl“ (acier doux) bezeichnet; sie sind auch beredte Argumente für den Standpunkt des Berichterstatters, welcher in der Frage der Beurtheilung der Wirkung des Härteverfahrens, die Härtebiegeprobe durch die ungleich wirksamere Härtezerreissprobe ersetzt sehen möchte (dies insbesondere bei Prüfung von Kesselblechen).

Nachstehende Protokollausfertigungen geben ein Bild über den bei der Probeausführung betretenen Weg.

Nr. 9.

Härtezerreissprobe.

Nr. 10.

Ungehärtet.

Flusseisen.

Gehärtet.

Proto- koll No.	Be- lastung P t	Querschnitts- größen in cm		Bemerkungen	Proto- koll No.	Be- lastung P t	Querschnitts- größen in cm		Bemerkungen
		b : c cm	F cm <sup>2</sup>				b : c cm	F cm <sup>2</sup>	
291	0,00	2,23:1,00	2,23	<b>Flachstab, sign. A2</b> entnommen einem 4,0:1,0 cm starken Stabeisen.  <b>Staboberfläche:</b> fehlerfrei, trägt die urspr. Walzhaut.  <b>Abmessungen  der Bruchfläche</b>  <i>b<sub>c</sub></i> = 1,46 cm <i>c<sub>c</sub></i> = 0,57 cm <i>F<sub>c</sub></i> = 0,83 cm <sup>2</sup> .  $\varphi = \frac{140}{2,23} = 62,8\%$	290	0,00	2,23:1,00	2,23	<b>Flachstab, sign. A1</b> entnommen dem nämlichen Stabeisen wie Nr. 291.  <b>Staboberfläche:</b> fehlerfrei, trägt die urspr. Walzhaut.  <b>Abmessungen  der Bruchfläche.</b>  <i>b<sub>c</sub></i> = 1,74 cm <i>c<sub>c</sub></i> = 0,71 cm <i>F<sub>c</sub></i> = 1,24 cm <sup>2</sup> .  $\varphi = \frac{99}{2,23} = 44,4\%$
	6,25	<b>Streckgrenze</b>				9,50	<b>Streckgrenze</b>		
	9,63	<b>max. Tragkraft</b>				14,50	<b>max. Tragkraft</b>		
		Bruchstelle liegt ca. im Drittel der Stablänge.				Bruchstelle liegt ca. im Drittel der Stablänge.			
<b>Spannung an der Streck-</b> grenze . . . . $\sigma = 2,80 t \text{ pro } cm^2$ <b>Zugfestigkeit</b> . . . $\beta = 4,32 \text{ " " "}$ <b>Dehnung nach Bruch:</b> pro 10 cm . . . $\lambda_1 = 31,5 \%$ pro 20 cm . . . $\lambda_2 = 25,7 \%$ <b>Contraction</b> . . . $\varphi = 62,8 \%$ <b>Qualitäts-Coefficient</b> nach Tetmayer . . $c = 1,11 cm t$ . <b>Beschaffenheit der Bruchfläche:</b> sehnig; fehlerfrei. <b>Staboberfläche nach Bruch:</b> vollkommen intakt.					<b>Spannung an der Streck-</b> grenze . . . . $\sigma = 4,26 t \text{ pro } cm^2$ <b>Zugfestigkeit</b> . . . $\beta = 6,50 \text{ " " "}$ <b>Dehnung nach Bruch:</b> pro 10 cm . . . $\lambda_1 = 17,6 \%$ pro 20 cm . . . $\lambda_2 = 15,1 \%$ <b>Contraction</b> . . . $\varphi = 44,4 \%$ <b>Qualitäts-Coefficient</b> nach Tetmayer . . $c = 0,98$ . <b>Beschaffenheit der Bruchfläche:</b> kristallinisch körnig, hell glänzend; mit einer sehnigen Partie in der Mitte. <b>Staboberfläche nach Bruch:</b> vollkommen intakt.				

Nr. 11.

Härtebiegeprobe.

Nr. 12.

Ungehärtet.

Fluss- und Schweisseisen.

Gehärtet.

Proto- koll Nr.	Urspr. Ab- messungen der Probe Breite b cm	Dicke c cm	Bieg.- Winkel $\alpha^\circ$	Bemerkungen	Proto- koll No.	Urspr. Ab- messungen der Probe Breite b cm	Dicke c cm	Bieg.- Winkel $\alpha^\circ$	Bemerkungen
<b>Stabeisen.</b>					<b>Stabeisen.</b>				
a. Flusseisen.					a. Flusseisen.				
811	8,0	2,0	— Bis 180°	Flachstab, sign. A1 maschinell gebogen; sodann gefaltet; Stab wird gegenbrüchig.	813	8,0	2,0	— Bis 180°	Flachstab, sign. A1 maschinell, sodann von Hand zur Schleife ge- bogen; ohne Bruch.
812	8,0	2,0	— Bis 180°	Flachstab, sign. A2 maschinell gebogen; sodann gefaltet; Stab wird gegenbrüchig.	814	8,0	2,0	— Bis 180°	Flachstab, sign. A2 maschinell sodann von Hand zur Schleife ge- bogen; es tritt durch- greifender Querbruch ein.
b. Schweisseisen.					b. Schweisseisen.				
815	8,0	2,0	— Bis 80°	Flachstab, sign. F1 maschinell gebogen; Stab wird querrissig.	817	8,0	2,0	— Bis 53°	Flachstab, sign. F1 maschinell gebogen; Stab wird querrissig.
816	8,0	2,0	— Bis 90°	Flachstab, sign. F2 maschinell gebogen; Stab wird querrissig.	818	8,0	2,0	— Bis 47°	Flachstab, sign. F2 maschinell gebogen; Stab wird querrissig.
<b>Constructionsblech.</b>					<b>Constructionsblech.</b>				
Flusseisen.					Flusseisen.				
388	70,0	1,0	— Bis 96°	Flachstab, sign. A7 maschinell gebogen, sodann von Hand ge- faltet ohne Bruch.	422	70,0	1,0	— Bis 96°	Flachstab, sign. A7 maschinell sodann von Hand zur Schleife gebogen; ohne Bruch.
389	70,0	1,0	— Bis 96°	Flachstab, sign. A8 maschinell gebogen; sodann von Hand ge- faltet ohne Bruch.	423	70,0	1,0	— Bis 96°	Flachstab, sign. A8 maschinell sodann von Hand zur Schleife gebogen; ohne Bruch.

## h. Die Lochungsproben.

Zur Prüfung der Lochbarkeit, bezw. zur Feststellung des Einflusses der beiden wichtigsten Lochungsmethoden, des Bohrens und Stanzens, auf das Constructionseisen der HH. de Wendel & Comp., dienten Blech- und Universaleisenabschnitte. Dank dem Entgegenkommen der HH. Chefs der Werke de Wendel & Comp. war es dem Berichterstatter ermöglicht diesen Anlass zu benützen, um neben der Lochbarkeit des Eisens überhaupt, der Fragen nach den Einflüssen der Lochweite, des Verhältnisses der Lochweite zur Blechstärke sowie nach den Einflüssen der Grösse des Verhältnisses der Lochnaht zur Lochweite, experimentell näher zu treten. Man wird bemerken, dass die gewonnenen Resultate um so nützlicher sind, als sie an 3 physikalisch und mechanisch-qualitativ ganz verschiedenartigen Materialsorten, näml. an *basischem Convertereisen*, *Constructionsqualität*; *gewöhnlichen*, *ordinären Schweissblechen* u. *schweisseisernen Qualitätsblechen* erhoben wurden.

Die Flusseisen- und die ordinären Schweisseisenbleche wurden sowohl gestanzt als gebohrt; die schweisseisernen Qualitätsbleche konnten mit Rücksicht auf den Umstand, dass der Einfluss des Bohrens durch den Berichterstatter anderweitig hinlänglich abgeklärt wurde (vergl. die off. Mittheilungen der eidgenössischen Festigkeitsanstalt, 3. Heft, Seite 188—201) ausschliesslich zur Prüfung der Stanzwirkung verwendet werden.

Die Form der Probekörper geben Fig. 3 und 11 dieses Berichts. Man sieht, dieselben wurden auf Bolzen gesteckt, also beweglich und centrisch in die Zugaxe der Werder'schen Maschine, die auch zur Erledigung der Lochungsproben benutzt werden musste, gelagert und zerrissen. Die Schaftbreite  $b$  sowie der Abstand der Bruchstelle von den Befestigungsbolzen waren reichlich d. h. so bemessen, dass die concentrirte Zugkraft aus den Köpfen der Probekörper sich mit Sicherheit gleichmässig auf die Lochnaht vertheilen konnte.

Umstehend folgen zur Einsichtnahme in die Art der Versuchsausführung einige Auszüge unserer Protokoll-Ausfertigungen.

Nr. 13.

## Lochungs-

Flusseisen.

Blech

Proto- koll No.	Be- lastung <i>P, t.</i>	Querschnittsgrößen der Lochnaht			Zug- festigkeit der Lochnaht <i>t pro cm<sup>2</sup></i>	Bemerkungen
		Breite <i>b cm</i>	Dicke <i>c cm</i>	<i>F</i> <i>cm<sup>2</sup></i>		
<b>A. Löcher gebohrt.</b>						
452	0,00	3,44	0,9	3,10	—	<b>Probe, sign. II. A. B<sub>1</sub>; Lochwandungen</b> tadellos.
	14,75	<i>t Bruch</i>		4,76		<b>Bruchfläche:</b> homogen, sehnig, fehlerfrei.
453	0,00	3,46	0,89	3,08	—	<b>Probe, sign. II. A. B<sub>2</sub>; Lochwandungen</b> tadellos.
	13,75	<i>t Bruch</i>		4,46		<b>Bruchfläche:</b> homogen, sehnig, fehlerfrei.
454	0,00	3,44	0,92	3,16	—	<b>Probe, sign. II. A. B<sub>3</sub>; Lochwandungen</b> tadellos.
	15,10	<i>t Bruch</i>		4,78		<b>Bruchfläche:</b> homogen, sehnig, fehlerfrei.
<b>A. Löcher gestanzt.</b>						
455	0,00	3,45	0,93	3,21	—	<b>Probe, sign. II. A. S<sub>1</sub>; Lochwandungen</b> ziemlich glatt.
	10,50			3,28		Unter lebhaftem Knall wird die Lochnaht an beiden Lochleibungen anrissig.
	16,63	<i>t Bruch</i>		3,31		<b>Bruchfläche:</b> sehnig, an den Lochwandungen körnig.
456	0,00	3,45	0,90	3,11	—	<b>Probe, sign. II. A. S<sub>2</sub>; Lochwandungen</b> ziemlich glatt.
	10,25			3,30		Unter lebhaftem Knall wird die Lochnaht an einer Lochleibung anrissig.
	11,63	<i>t Bruch</i>		3,74		<b>Bruchfläche:</b> sehnig, an einer Lochwand körnig.
457	0,00	3,47	0,92	3,19	—	<b>Probe, sign. II. A. S<sub>3</sub>; Lochwandungen</b> schwach schiefrig.
	10,50			3,29		Unter lebhaftem Knall wird Lochnaht an beiden Lochleibungen anrissig; sodann erfolgt allmählig Bruch.
	10,50	<i>t Bruch</i>		3,29		<b>Bruchfläche</b> wie bei No. 455.

proben.

Nr. 14.

Nr. 2 (50,0 : 0,9  $\frac{\%}{m}$ ).

Schweisseisen.

Proto- koll No.	Be- lastung <i>P, t.</i>	Querschnittsgrößen der Lochnaht			Zug- festigkeit der Lochnaht <i>t pro cm<sup>2</sup></i>	Bemerkungen
		Breite <i>b cm</i>	Dicke <i>c cm</i>	<i>F</i> <i>cm<sup>2</sup></i>		
<b>B. Löcher gebohrt.</b>						
458	0,00	3,39	0,9	3,05	—	<b>Probe, sign. II. F. B<sub>1</sub>; Lochwandungen</b> tadellos.
	9,88	<i>t Bruch</i>		3,34		<b>Bruchfläche:</b> kurzsehnig, zeigt Schweiss- nähte.
459	0,00	3,40	0,9	3,06	—	<b>Probe, sign. II. F. B<sub>2</sub>; Lochwandungen</b> tadellos.
	9,75	<i>t Bruch</i>		3,19		<b>Bruchfläche:</b> kurzsehnig, zeigt Schweiss- nähte.
460	0,00	3,44	0,9	3,10	—	<b>Probe, sign. II. F. B<sub>3</sub>; Lochwandungen</b> tadellos.
	9,88	<i>t Bruch</i>		3,19		<b>Bruchfläche:</b> kurzsehnig, zeigt Schweiss- nähte.
<b>B. Löcher gestanzt.</b>						
461	0,00	3,47	0,88	3,05	—	<b>Probe, sign. II. F. S<sub>1</sub>; Lochwandungen</b> schiefrig.
	8,88	<i>t Bruch</i>		2,75		<b>Bruchfläche:</b> kurzsehnig; zeigt Spuren der Stanzwirkung.
462	0,00	3,52	0,89	3,13	—	<b>Probe, sign. II. F. S<sub>2</sub>; Lochwandungen</b> schiefrig.
	9,00	<i>t Bruch</i>		2,88		<b>Bruchfläche:</b> kurzsehnig; zeigt Spuren von Stanzwirkung.
463	0,00	3,51	0,89	3,12	—	<b>Probe, sign. II. F. S<sub>3</sub>; Lochwandungen</b> schiefrig.
	8,50	<i>t Bruch</i>		2,72		<b>Bruchfläche:</b> kurzsehnig; zeigt Schweiss- nähte.

### i. Die Druck- und Knickungsproben.

Die Gesetze der Druckfestigkeit des schmiedbaren Constructionseisens näher zu präcisiren und damit einen Beitrag zur Abklärung eines der wundesten und wichtigsten Gebiete der angewandten Elasticitäts- und Festigkeitslehre zu liefern, bezwecken die zu beschreibenden Druck- und Knickungsversuche. Obschon, Dank dem Opferinne der HH. de Wendel, an Rundstäben, einfachen und durch Nietung zusammengesetzten Formeisenstäben 303 Druckversuche ausgeführt und protokolliert werden konnten, schien es behufs Ergänzung und Controle der gewonnenen Resultate dennoch geboten, die Untersuchung weiter auszudehnen und insbesondere auch Materialien anderer Werke ähnlichen Versuchen zu unterwerfen. Dies ist denn auch geschehen und treten zu vorstehend angeführten 303 Druckversuchen weitere 162 Ergänzungs- und Controlproben hinzu, die des Zusammenhangs wegen gemeinsam mit den Ergebnissen der Untersuchungen des Wendel-Eisen's zusammengestellt und abgewickelt werden sollen.

Bevor wir auf die Ausführung der Druckversuche eintreten, sei gestattet in aller Kürze das Wesen der Druckfestigkeit des schmiedbaren Constructionseisens zu beleuchten, also die Anschauungen des Berichterstatters zu entwickeln, die der Ausführung der fraglichen Versuche zu Grunde lagen.

Ueber die Definition und damit über die Methode der Bestimmung der Druckfestigkeit gehen die Ansichten weit auseinander. Professor Bauschinger leitet die Druckfestigkeit des Schmiedeeisens aus der Grenze des Tragvermögens kurzer (Höhe =  $2\frac{1}{2}$  bis 3 mal der kleinsten Querdimension) Profileisenabschnitte ab, findet Zahlenwerthe die zwischen 3,20 und 5,50 t pro  $cm^2$  schwanken und die lediglich die Zufälligkeiten zum Ausdrucke bringen, welche den Zeitpunkt des Eintritts seitlicher Verbiegungen also den Verlust des Tragvermögens der Profilschnitte bestimmen. Kürzere oder etwas längere Formeisenabschnitte würden unzweifelhaft wesentlich abweichende

Zahlen als Grenzwerte ihrer Tragfähigkeit, kürzere cylindrische Körper überhaupt keine brauchbaren Resultate ergeben haben.

Früher waren wir der Meinung (vergl. schweiz. Bauzeitung Bd. X, No. 16, vom Jahre 1887) und haben später auch andere Festigkeitstechniker ähnliche Anschauungen \*) entwickelt, es sei die Stauchgrenze, bei welcher erhebliche Breitungen, Querverschiebungen des Materials auftreten, als Cohäsionsgrenze des schmiedbaren Eisen bei dessen Inanspruchnahme auf Druck, anzusehen. Eine nähere Ueberlegung belehrt indessen darüber, dass auch diese Auffassung nicht aufrecht zu erhalten sei und dass die Stauchgrenze (Stauchbeginn), ähnlich der Streck- und Biegegrenze lediglich bloß eine nach Aussen meist ziemlich scharf ausgeprägte Zustandsänderung des Materials jenseits der Elasticitätsgrenze bedeutet, die unter Umständen zur Cohäsionsgrenze werden kann, diese jedoch nicht unbedingt sein muss. Während man bei Zugversuchen gewohnt ist, lange nach Ueberschreitung der Streckgrenze eine dritte, durch den Eintritt der lokalen Einschnürungen ausgeprägte Zustandsänderung des Materials zu beobachten, während bei Biegeversuchen jenseits der Biegegrenze eine Grenze beobachtet wird, bei welcher das Versuchsobjekt, sei es durch Bruch oder Eintritt der Bruchdehnung der gespannten Fasern, sei es zu Folge Verwindung sein Tragvermögen verliert, wurde bis anhin bei statischen Druckproben mit schmiedbarem Eisen eine dritte von der Form und den zufälligen Abmessungen mehr oder weniger unabhängige, die Cohäsionsgrenze des Materials bedeutende Zustandsänderung nicht beobachtet. Dies ist um so auffallender, als gerade das schmiedbare Constructionseisen in der Zug- und Biegeprobe völlig analoges Verhalten zeigt und ein zutreffender Grund für das Fehlen dieser 3. Zustandsänderung des Materials in der statischen Druckprobe sich von vorneherein gar nicht angeben lässt; auch sind wir der Ansicht, dass der Beginn des seitlichen Ausweichens nur bei spröden, harten Materialien, bei welchen eben Stauchgrenze und Druckfestigkeit zusammenfallen, die Cohäsionsgrenze auf Druck nach aussen zu kennzeichnen vermag.

\*) z. B. Prof. C. Bach, in seiner „Elasticität und Festigkeit“, 1889, Seite 36.

Unsere Erfahrungen weisen daraufhin, dass in der That, ähnlich dem Verhalten des schmiedbaren Constructionseisens in der Zug- und Biegeprobe, dasselbe auch in der statischen Druckprobe 3 mehr oder weniger scharf gekennzeichnete Zustandsänderungen zeigt, von denen die erste an der sogenannten Elasticitäts- oder Proportionsgrenze, die zweite beim Stauchbeginn liegt und deren dritte als Cohäsionsgrenze anzusehen ist, über welche hinaus das Material in einen Zustand plastischer Deformabilität tritt; es zerfließt, die Molekularreibung ist allmählig überwunden. Selbstredend bezieht sich dies lediglich auf reinen Druck also auf Prüfung kurzer und solcher Probekörper, deren Querschnittsform den Eintritt vorzeitiger Verbiegungen einzelner Theile ausschliesst; die Feststellung der Aenderung der Druckfestigkeit durch Einflüsse der Querschnittsform sowie der Einflüsse der Stablänge hat selbstredend Gegenstand besonderer Untersuchungen zu bilden. Dem entsprechend haben wir die Ausführung unserer Druckversuche in Hinsicht

- a. auf die Bestimmung der Elasticitäts- und Festigkeitsversuche auf reinen Druck;
- b. auf die Bestimmung der Aenderungen der Druckfestigkeit des schmiedbaren Constructionseisens bedingt durch Einflüsse der Stablänge und der Querschnittsform organisirt und abgewickelt.

Die Prüfung der Elasticität und Druckfestigkeit des Constructionseisens der HH. de Wendel & Comp. wurde an blank abgeschlichteten, geraden Cylindern vorgenommen, die aus den gelieferten 1,5 m langen Rundeisenabschnitten, vergl. Seite 6, herausgearbeitet und deren Zugfestigkeitsverhältnisse vorangehend festgestellt worden sind.

Zur Messung der elastischen Verkürzungen diente nach wie vor Bauschinger's Spiegelapparat. Seine Befestigung forderte 15 bis 20 cm lange Cylinder, die bei einer Dicke von 2,78 bzw. 3,28 cm, ein Längenverhältniss gleich ca. 6 erhielten, somit zur Bestimmung der Druckfestigkeit nicht geeignet waren.

In der That konnten an diesen Cylindern nur die elastischen Verkürzungen, die Elasticitätsgrenze, sowie der Stauchbeginn bestimmt werden. Die Ueberschreitung der letzteren hatte stets eine Verbiegung der Cylinder zur Folge, welche, entsprechend gesteigert, schliesslich zum Herausspringen der Probekörper aus der Maschine führte.

Die Bestimmung der Cohäsionsgrenze als Fließbeginn nach unserer Auffassung wurde an kurzen Cylindern, an Cylindern von 2,0 *cm* Durchmesser und 2,0 bis 2,5 *cm* Höhe ausgeführt. Die geringe Cylinderhöhe gestattet die Befestigung des Bauschinger'schen Spiegelapparats nicht und blieb nichts übrig, als für vorliegenden Zweck einen besonderen Messapparat zu erstellen und diesen wie Fig. 14 zeigt, auf die festen Druckplatten der Werder'schen Maschine zu befestigen. Die Einspannung der Cylinder geschah, vergl. Fig. 14, centrisch zwischen einseitig beweglich gelagerten, stählernen Druckplatten. Die Art der Einspannung der Versuchskörper und die Lagerung des Messapparats bringen es mit sich, dass die Messungsergebnisse mit etwelchen Fehlern behaftet sind. An verschiedenen blinden Versuchen konnten wir uns indessen überzeugen, dass besagte Fehler mit wachsender Belastung abnehmen und schon im Belastungsintervalle von 6 bis 8 *t* bei sorgfältiger Stellung und Fixirung der Druckplatten der Werdermaschine  $\frac{1}{100}$  *mm* nicht überschreiten, somit den relativen Werth der Ablesungen — und auf diesen allein kommt es speziell hier an — sinnstörend nicht beeinflussen können.

Der Messapparat, welcher  $\frac{1}{400}$  *mm* direkt abzulesen gestattet, ist im Wesentlichen dem Bauschinger'schen Fühlhebelapparate z. Bestimmung der Längenänderungen hydraulischer Bindemittel nachgebildet und besteht, wie dieser, aus einer Mikrometerschraube, an deren einem Ende die Messtrommel angebracht ist, während das andere, ebenflächig begrenzte Ende gegen das abgerundete Ende eines Hebels stösst und gestattet bei stets gleichem Drucke den am Obertheile des Apparats angebrachten Zeiger Null auf Null zu stellen.

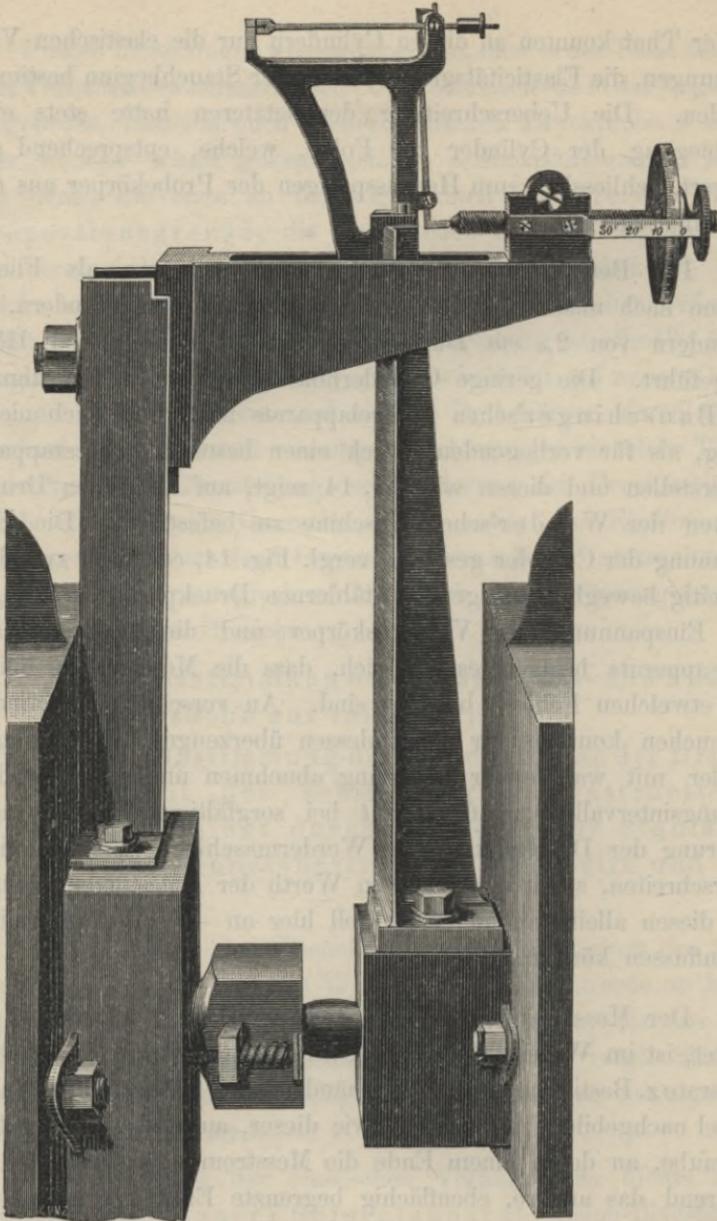


Fig. 14.

Der Gang der Messung war kurz folgender: Nachdem der Probekörper eingespannt war, erhielt derselbe eine Anfangsbelastung von  $5 t$  und konnte nach Einstellung des Zeigers die

Ausgangsablesung gemacht werden. Hierauf wurde zunächst  $0,5 t$ -, später  $1,0 t$ -weise die Belastung gesteigert. Man belastete die Wage der Werder'schen Maschine, brachte die Luftblase zum Einspielen und erhielt sie in dieser Lage genau eine halbe Minute (bei  $1,0 t$  Belastung eine Minute) lang. Hierauf wurde der Fühlhebelapparat rasch Null auf Null eingestellt und abgelesen.

Mit Hülfe des vorstehend beschriebenen Apparats konnte der stets scharf ausgeprägte Stauchbeginn des Eisens bestimmt werden. Auch die dem Eintritt der Contraction bei Zugproben entsprechende Zustandsänderung des gedrückten Materials konnte in meisten Fällen an einem Sprunge der Zahlenreihen beobachtet werden, die an und für sich durch den Sprung, dann aber durch eine Aenderung im Verlaufe der Grössenzustände der nun folgenden Verkürzungen ausgeprägt und gekennzeichnet erscheint. Bis zum Eintritt des Stauchbeginns sind die Verkürzungen verschwindend klein; unser Apparat gibt diese nicht mehr an. An dieser Grenze treten beim Schweisseisen seltener, beim Flusseisen fast regelmässig erhebliche Verkürzungen auf. Sie wechseln der Grösse nach, können beim Stauchbeginn oder in dem darauffolgenden Belastungsintervalle Grössenwerthe annehmen, die bis an das Doppelte der nun folgenden Verkürzungen reichen. In der Regel, doch nicht immer, sind die Verkürzungen beim Stauchbeginn grösser als in den folgenden Belastungsintervallen. In solchen Fällen haben wir es mit einer „plötzlichen“ Zustandsänderung zu thun, deren Analogen wir auch aus automatisch aufgenommenen Schaubildern von Zerreissproben her kennen.

Eine „plötzliche“ Zustandsänderung scheint an der Cohaesionsgrenze ebenfalls einzutreten. Dafür spricht die beobachtete, sprungweise Aenderung der Verkürzungen an dieser Grenze, obschon diese der Natur der Sache nach niemals derart ausgesprochen sein kann, wie beim Stauchbeginn. Im Gegentheil, der Uebergang in den Zustand plastischer Deformabilität kann derart allmählig erfolgen, dass eine Zustandsänderung überhaupt nicht zu erkennen ist. Nicht selten und sodann in völliger Uebereinstimmung mit ähnlichen Erscheinungen an der Stauchgrenze,

wird die ruckweise Zustandsänderung dadurch characterisirt, dass auf die Cohäsionsgrenze einige Belastungsintervalle mit gleichen, ausnahmsweise sogar mit geringern Verkürzungen folgen; vergl. die Protokoll-Ausfertigung auf Seite 52.

Zur Feststellung der Aenderungen der Druckfestigkeit des schmiedbaren Constructionseisens dienten die Knickungsversuche, welche wir in entsprechender Auswahl der massgebenden Längenverhältnisse und Querschnittsformen sowohl an einfachen als durch Nietung zusammengesetzten Stäben auszuführen Gelegenheit hatten. Bezüglich der genieteten Stäbe bleibt hier ergänzend nachzutragen, dass an diesen gleichzeitig auch der Einfluss der Verschwächung der Stabquerschnitte durch Nietlöcher, ferner der Einfluss der Nietstellung studirt werden sollte. Wir kehren auf diesen Gegenstand anlässlich der Zusammenstellung der gewonnenen Resultate zurück.

Zu sämtlichen Knickungsproben diente die Werder'sche Festigkeitsmaschine. Ihre in Kugelschalen spielenden Druckplatten wurden vertikal gestellt und fixirt. Sie trugen centrisc befestigt, gusseiserne Platten, in deren Mitte gehärtete, stählerne, napfartig gehöhlte Cylinder eingelassen waren. Letztere bildeten die Lagerschalen der konischen, ebenfalls gehärteten Stahlspitzen, die auf die Mitte der Rückseiten der Druckplatten montirt wurden. Die Konicität dieser Stahlkegel betrug  $114^{\circ}$ ; die äusserste Spitze derselben war abgerundet. Berücksichtigt man, dass die Lagerschalen der Spitzenkörner flach gehöhlte waren, die Contactfläche beider wenigstens anfänglich (später haben sich die Spitzen in die Schalen eingedrückt und mussten beide nachgeschliffen werden) nur wenige  $mm^2$  betrug, so ist einleuchtend, dass unsere Versuchstäbe als vollkommen beweglich gelagert anzusehen und ihre wirksamen Längen, gleich dem Abstände der Spitzenkörner, in die Rechnung einzuflechten waren. Die Versuchstäbe wurden centrisc und horizontal in die Maschine eingelegt. Die kurzen Stäbe waren in der Mitte, die langen in den Dritteln mittelst Seilchen gefasst, welche über Rollen liefen und an ihren freien Enden Wagschalen trugen. Durch Belastung dieser Schalen konnte Fall für Fall das Biegemoment des Eigengewichts des

Probestabes aufgehoben werden. Die Belastung geschah anfänglich je nach Länge und Querschnittsgrösse des Stabes durch Auflegen von 5,0 bis 1,0  $t$ ; gegen das Ende des Versuchs wurde der Gewichtsatz auf  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{8}$   $t$  abgemindert. Belastet wurde so oft die Libelle des Werder'schen Wagebalkens einspielte. Eine bestimmte Dauer der Krafteinwirkung konnte nicht eingehalten werden; ebenso musste auch von der Messung der Richtung und Grösse der Durchbiegung Abstand genommen werden. Die in nachstehenden Zusammenstellungen eingetragenen Biegungrichtungen entsprechen den Erhebungen durch Visur längs den geknickten Stäben.

An die Prüfung der Widerstandsfähigkeit des schmiedbaren Constructionseisens auf centrischen Druck (reine Druck- und Knickungsproben) reiht sich die Untersuchung des Einflusses des excentrischen Kraftangriffs auf die Druck- bzw. Knickungsfestigkeit des Eisens an. Wir haben die Resultate der Prüfung dieses Einflusses in der Reihe unserer Zusammenstellungen der Versuchsergebnisse mit Formeisen unter dem selbstständigen Titel „Resultate der Prüfung der zusammengesetzten Normalfestigkeit“ aufgeführt, wollen jedoch die Methode der Ausführung an die Beschreibung der centrischen Druckproben anschliessen, weil sie mit diesen im Grunde genommen identisch sind. In der That diente auch zur Vornahme der excentrischen Druckproben die mit den vorstehend beschriebenen, auf Spitzenkörnern gelagerten Druckplatten ausgerüstete Werder'sche Festigkeitsmaschine. Die Versuchsobjecte wurden also ebenfalls horizontal in die Maschine eingelegt und mussten ähnlich denjenigen der centrischen Beanspruchung ausbalanzirt werden. Die Versuchsausführung selbst entsprach in jeder Hinsicht derjenigen der centrischen Druckproben.

Die nachstehenden Protokoll-Ausfertigungen sollen einen Einblick in den Gang der Versuchsausführung gewähren und zur Begründung unserer Anschauungen über das Wesen des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit des schmiedbaren Eisens dienen.

---

## Bestimmung der Elasticitätscoefficienten auf Druck.

## Flusseisen.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 3,28 cm; Stab-Länge: 20,0 cm;

No. 15.

Querschnitt: 8,45 cm<sup>2</sup>.

Prot. No.	Belastung P in t	Querschnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ver- kürzung $\Delta l \frac{cm}{1000}$	Differenz	Bemerkungen		
127	0,00	8,45	14,94	0,00	4,10	<b>Rundstab</b> sign. A; entnommen einem 3,5 cm starken Rundeisen.		
	5,00			4,10				
	0,00			0,00	4,08	1,52	5,70	<b>Staboberfläche:</b> blank abgedreht; fehlerfrei. Stab sitzt zwischen auf Stahlspitzen beweglich gelagerten Druckplatten der Werder-Maschine.
	5,00			4,08				
	7,00			5,70	1,63	1,60	7,33	
	9,00			7,33				
	11,00			8,93	8,92	0,83	9,75	Mittlere, elastische Verkürzung pro 1,0 t Belastung: $\Delta l = 0,00082 \text{ cm.}$
	0,00			0,00				
	11,00			8,92	0,85	0,82	13,08	<b>Elasticitätsmodul</b> . . $\epsilon = 2156 \text{ t pro cm}^2$
	12,00			9,75				
	13,00			10,58	0,81	0,84	11,39	<b>Elasticitätsgrenze</b> . $\gamma = 2,19 \text{ „}$
	14,00			11,39				
	15,00			12,23	0,80	0,93	13,90	<b>Pressung an d. Grenze</b> des Tragvermögens $\rho = 2,51 \text{ „}$
	16,00			13,08				
	17,00			13,90	0,98	1,20	16,61	<b>Beschaffenheit</b> der Staboberfläche nach dem Versuch: tadellos.
	18,00			14,70				
	19,00			15,63	17,51	1,20	16,61	
	20,00			16,61				
	21,00			17,51	17,51	1,20	17,51	<b>Beschaffenheit</b> der Staboberfläche nach dem Versuch: tadellos.
	21,50			18,44				
				nicht mehr getragen; Waage fällt ziemlich plötzlich ab; Stab ist nahe der Mitte geknickt.				

## Bestimmung der Elasticitätscoefficienten auf Druck.

### Schweisseisen.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 3,28 cm; Stablänge: 20,0 cm;

Querschnitt: 8,45 cm<sup>2</sup>.

No. 16.

Prot. No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ver- kürzung $\Delta l \frac{cm}{1000}$	Differenz	Bemerkungen			
129	0,00	8,45	14,95	0,00		<b>Rundstab</b> sign. F; entnommen einem 3,5 cm starken Rundeisen. <b>Staboberfläche:</b> blank; zeigt einige Schweissnähte. Lagerung des Stabes in der Maschine: wie vorher.			
	5,00			4,60					
	0,00			0,00					
	5,00			4,64					
	7,00			6,47					
	9,00			8,28					
	11,00			10,11					
	0,00			0,04					
	11,00			10,13					
	12,00			11,05					
	13,00			11,98					
	14,00			12,96					
	15,00			13,97					
	16,00			15,00					
	17,00			16,21					
	18,00			17,59					
	19,00			19,05					
20,00									Verkürzung pro 1,0 t : $0,916 \frac{cm}{1000}$ Mittlere, elastische Verkürzung pro 1,0 t Belastung: $\Delta l = 0,00092 cm.$ <b>Elasticitätsmodul</b> . . $\epsilon = 1923 t \text{ pro } cm^2$ <b>Elasticitätsgrenze</b> . $\gamma = 1,66 \text{ "}$ <b>Pressung an d. Grenze</b> des Tragvermögens $\rho = 2,36 \text{ "}$ <b>Beschaffenheit der Staboberfläche</b> nach dem Versuch: tadellos.



# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Flusseisen von de Wendel & Comp.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

Nr. 18.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung cm 400	Differenz		Bemerkungen		
					absolut	pro 1/2 t			
1084	0,00	3,14	2,00	24,4	0,0	0,00	Cylinder, sign. A <sub>3</sub> ; entnommen einem 4,5 cm starken Rundeisen.		
	5,00			24,4	0,0	0,00			
	6,00			24,4	0,0	0,00			
	7,00			— Stauchbeg. —		24,4	0,0	0,00	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.
	8,00					26,0	1,6	1,60	
	9,00					29,9	3,9	1,95	
	10,00					35,1	5,2	2,60	
	11,00					41,8	6,7	3,35	
	12,00					48,6	6,8	3,40	
	13,00					53,3	4,7	2,35	} Im Mittel: 30,25.
	14,00			Ausgesprochene Zustands- änderung		60,7	7,4	3,70	
	15,00			Druckfestigkeit		72,4	11,7	5,85	Stauchbeginn: $\sigma = 2,39 t \text{ pro cm}^2$
	16,00					84,4	12,0	6,00	Druckfestigkeit: $\beta = 4,45 \text{ " "}$
	17,00			96,9	12,5	6,25	Verkürzung bei 4,45 t pro cm <sup>2</sup> :		
	20,00			136,8	39,9	6,65	$\Delta l = 0,091 \text{ cm}$		
	25,00			208,1	71,3	7,13	oder $\lambda = 4,6 \%$ .		
	30,00			279,2	71,1	7,11			
	35,00			340,1	60,9	6,09			
	40,00		t vollkommen getragen	384,1	44,0	4,40			

Bei 40,0 t wird der Versuch unterbrochen und der regelmässig gestauchte Versuchskörper vollkommen intakt ausrangirt.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Schweisseisen von de Wendel &amp; Comp.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

No. 19.

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	At- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$	
1085	0,00	3,14	2,00	18,8			Cylinder, sign. A5; entnommen einem 4,0 cm starken Rundeisen.
	5,00			18,8	0,0	0,00	
	6,00			18,8	0,0	0,00	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.
	7,00			18,8	0,0	0,00	
	8,00	— Stauchbeg. —		20,0	1,2	0,60	
	9,00			29,0	9,0	4,50	
	10,00			34,5	5,5	2,75	} Im Mittel: 3,43.
	11,00			42,7	8,2	4,10	
	12,00	Keine scharf ausgesprochene Zustands- änderung (Druckfestigkeit.)		50,0	7,3	3,65	
	13,00			59,5	9,5	4,75	
	14,00			67,0	7,5	3,75	} Im Mittel: 4,80.
	15,00			78,7	11,7	5,85	
	20,00			136,6	57,9	5,79	
	25,00			206,1	69,5	6,95	
	30,00			273,1	67,0	6,70	
	35,00			330,0	56,9	5,69	Stauchbeginn: $\sigma = 2,38 t$ pro cm <sup>2</sup>
	40,00			375,3	45,3	4,53	Druckfestigkeit: $\beta = 4,00$ " " "
	45,00			413,3	38,0	3,80	Verkürzung bei 4,45 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,09$ cm
	50,00	t vollkommen getragen.		444,3	30,7	3,07	oder $\lambda = 4,5$ %.

Versuch wird unterbrochen; Probe-  
körper ist plattenförmig gestaucht, da-  
bei vollkommen intakt.

# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Flusseisen von de Wendel & Comp.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

Nr. 20.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm.	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen	
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$		
1086	0,00	3,14	2,00	28,8	0,0	—	Cylinder, sign. A7; entnommen einem 3,5 cm starken Rundeisen.	
	5,00			28,8	0,1	0,10		
	6,00			28,9	0,0	0,00	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.	
	7,00			28,9	0,3	0,30		
	7,50			— Stauchbeg. —	29,2	1,9	1,90	
	8,00				31,1	2,8	2,80	
	8,50				33,9	3,3	3,30	
	9,00				37,2	6,6	3,30	
	10,00				43,8	6,6	3,30	
	11,00				50,4	7,4	3,70	
	12,00				57,8	3,6	3,60	Stauchbeginn: $\alpha = 2,38 t \text{ pro } cm^2$
	12,50				61,4	3,7	3,70	Druckfestigkeit: $\beta = 4,22 \text{ " " "}$
	13,00			Ausgesprochene Zustands- änderung	65,1	5,0	5,00	Verkürzung bei 4,22 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,097 m$
	13,50			(Druckfestigkeit).	70,1	5,8	5,80	oder $\lambda = 4,9 \%$
	14,00				75,9	20,0	5,00	
	16,00				95,9	23,0	5,75	
	18,00				118,9	24,1	6,00	
	20,00			Maximum der Com- pressibilität	143,0	66,2	6,60	Bei 40,0 t, d. h. 12,7 t pro cm <sup>2</sup> urspr. Cylinderquerschnitt wurde der Ver- such unterbrochen und der regel- mässig fassförmig gestauchte Körper intakt aus der Maschine gehoben.
	25,00				209,2	65,0	6,50	
	30,00				274,2	57,9	5,80	
35,00		332,1	46,1	4,60				
40,00	t vollkommen getragen.		378,2					

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Flusseisen von de Wendel &amp; Comp.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

No. 21.

Querschnitt: 3,14 cm.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ab- lesung cm 400	Differenz		Bemerkungen		
					absolut	pro $\frac{1}{16} t$			
1087	0,00	3,14	2,00	33,1	0,0	0,00	Cylinder sign. A <sub>9</sub> ; entnommen einem 3,0 cm starken Rundeisen.  Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.		
	5,00			33,1				0,0	0,00
	6,00			33,1	0,0	0,00			
	7,00			33,1	0,0	0,00			
	50			— Stauchbeg. —	34,6	1,5		1,50	
	8,00				35,2	0,6		0,60	} Im Mittel: 2,38.
	9,00				43,5	8,3		4,15	
	10,00				49,0	5,5		2,75	} Im Mittel: 3,47
	11,00				57,4	8,4		4,20	
	50			Ausgesprochene Zustands- änderung (Druckfestigkeit)		60,7		3,3	3,30
	12,00					66,0		5,3	5,30
	50		71,5		5,5	5,50			
	13,00		76,1		4,5	4,50			
	14,00		85,6		9,5	4,75			
	15,00		96,1	10,5	5,25	Stauchbeginn: $\sigma = 2,31 t$ pro cm <sup>2</sup>			
	16,00		108,3	12,2	6,10				
	18,00		133,3	25,0	6,25	Druckfestigkeit: $\beta = 3,74$ " " " Verkürzung bei 3,74 t pro cm:			
	20,00		160,2	26,9	6,72				
	22,00	t					$\Delta l = 0,076$ cm oder $\lambda = 3,8 \frac{5}{100}$ .		
							Versuch wird unterbrochen, Probekörper beginnt sich einseitig zu stauchen und zu verbiegen.		

# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Schweisseisen von de Wendel & Comp.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

No. 22.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro 1/10 t	
1085	0,00	3,14	2,00	32,1			<p>Cylinder, sign. F<sub>2</sub>; entnommen einem 5,0 cm starken Rundeisen.</p> <p>Oberfläche d. Versuchskörpers: blank, zeigt Spuren von Schweissnähten.</p> <p>Die muthmassliche Festigkeitsgrenze auf Druck liegt bei e. 10,75 t.</p> <p>Im Mittel: 3,75.</p> <p>Stauchbeginn: <math>\sigma = 1,99 t \text{ pro cm}^2</math></p> <p>Druckfestigkeit: <math>\beta = 3,43 \text{ " " "}</math></p> <p>Verkürzung bei 3,43 t pro cm<sup>2</sup>:  <math>\Delta l = 0,035 \text{ cm}</math>                      oder <math>\lambda = 1,8 \text{ ‰}</math>.</p>
	5,00			32,1	0,0		
	6,00			32,1	0,0		
	6,50	—Stauchbeg.—		32,9	0,8	0,80	
	7,00			33,3	0,4	0,40	
	7,50			34,0	0,7	0,70	
	8,00			34,7	0,7	0,70	
	9,00			38,2	3,5	1,75	
	10,00	Keine scharf ausgesprochene Zustandsänderung		41,8	3,6	1,80	
	11,00	(Druckfestigkeit.)		47,3	5,5	2,75	
	11,50			50,4	3,1	3,10	
	12,00			53,3	2,9	2,90	
	12,50			57,9	4,6	4,60	
	13,00			62,6	4,7	4,70	
	14,00			73,5	10,9	5,45	
	15,00			85,5	12,0	6,00	
	16,00			98,8	12,7	6,35	
	18,00			128,7	29,9	7,48	
	20,00	t vollkommen getragen.		158,7	30,0	7,50	

Versuch wird unterbrochen; der regelmässig, fassförmig gestauchte Körper zeigt den Beginn des Oeffnens von Schweissnähten.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Schweisseisen von de Wendel &amp; Comp.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Nr. 23.

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm.	Ab- lesung cm 400	Differenz		Bemerkungen	
					absolut	pro $\frac{1}{4} t$		
1079	0,00			17,2			Cylinder, sign. F <sub>4</sub> ; entnommen einem 4,5 cm starken Rundeisen.  Oberfläche d. Versuchsobjekts: blank, zeigt Spuren von Schweissnähten.  Stauchbeginn: $\sigma = 2,15 t \text{ pro cm}^2$ Druckfestigkeit: $\beta = 3,59 \text{ " " "}$ Verkürzung bei 3,59 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,032 \text{ cm}$ oder $\lambda = 1,6 \text{ ‰}$	
	5,00			17,2	0,0	0,00		
	6,00			17,2	0,0	0,00		
	6,50			17,2	0,0	0,00		
	7,00	— Stauchbeg. —		17,7	0,5	0,50		
	8,00			19,1	1,4	0,70		
	9,00			21,3	2,2	1,10		
	10,00			24,6	3,3	1,65		
	11,00	Ausgesprochene Zustands- änderung		27,8	3,2	1,60		
	11,50	(Druckfestigkeit).		32,5	4,7	2,70		
	12,00			36,9	4,4	4,40		
	13,00			45,4	8,5	4,25		
	14,00			57,0	11,6	5,80		
	15,00			69,4	12,4	6,20		
	16,00			83,2	13,8	6,90		
	18,00			114,8	31,6	7,90		
	20,00	t vollkommen getragen.		147,0	32,2	8,05		
<p>Versuch wird unterbrochen; der regelmässig, fassförmig gestauchte Körper zeigt den Beginn des Oeffnens von Schweissnähten.</p>								

# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Schweisseisen von de Wendel & Comp.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Querschnitt: 3,14 cm.

No. 24.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts-Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess-Länge l cm	Ablesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro 1/8 t	
1080	0,00	3,14	2,00	04,7	0,0	0,00	Cylinder sign. F <sub>6</sub> ; entnommen einem 4,0 cm starken Rundeisen.
	5,00			04,7	0,1	0,05	
	6,00			04,8	0,2	0,20	Oberfläche d. Versuchsobjekts: blank, zeigt Spuren von Schweissnähten.
	6,50			05,0	0,8	0,80	
	7,00	— Stauchbeg. —		05,8	1,6	0,80	
	8,00			07,4	2,2	1,10	
	9,00			09,6	4,2	2,10	
	10,00			13,8	2,3	2,30	
	10,50			16,1	2,2	2,20	
	11,00	Ausgesprochene Zustands-änderung		18,3	3,2	3,20	
	11,50	(Druckfestigkeit)		21,5	4,0	4,00	
	12,00			25,5	9,8	4,90	
	13,00			35,3	11,1	5,55	
	14,00			46,4	13,2	6,60	
	15,00			59,6	12,3	6,15	Stauchbeginn: $\sigma = 2,15 t \text{ pro cm}^2$
	16,00			71,9	30,7	7,67	Druckfestigkeit: $\beta = 3,59 \text{ " " "}$
	18,00			102,6	31,0	7,75	Verkürzung bei 3,59 t pro cm <sup>2</sup> :
	20,00	t vollkommen getragen		133,6			$\Delta l = 0,038 \text{ cm}$ oder $\lambda = 1,9 \%$ .

Versuch wird unterbrochen; der regelmässig, fassförmig gestauchte Körper zeigt den Beginn des Oeffnens von Schweissnähten.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Flusseisen von de Wendel &amp; Comp.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Nr. 25.

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen	
					absolut	pro $\frac{1}{4} t$		
1081	0,00	3,14	2,00	02,8			<b>Cylinder</b> , sign. Fs; entnommen einem 3,5 cm starken Rundeisen.  <b>Oberfläche</b> d. Versuchsobjektes: blank, zeigt Spuren von Schweissnähten.	
	5,00			02,8	- 0,2	- 0,10		
	6,00			02,6	0,0	0,00		
	7,00			02,6	0,6	0,60		
	7,50			03,2	1,0	1,00		
	8,00			04,2	2,3	1,15		
	9,00			06,5	2,7	1,35		
	10,00			09,2	2,2	2,20		
	10,50			11,4	2,5	2,50		
	11,00			13,9	2,2	2,20		
	11,50			16,1	3,2	3,20		
	12,00			19,3	7,7	3,85		
	13,00			27,0	11,4	5,70		
	14,00			38,4	12,5	6,25		
	15,00			50,9	15,5	7,75		
	16,00			66,4	30,0	7,50		
	18,00			96,4	30,1	7,52		
	20,00			t vollkommen getragen	126,5			

— Stauchbeg. —

Ausgesprochene  
Zustands-  
änderung  
(Druckfestigkeit)

**Stauchbeginn:**  $\sigma = 2,31 t \text{ pro cm}^2$   
**Druckfestigkeit:**  $\beta = 3,74 \text{ " "}$   
**Verkürzung bei 3,74 t pro cm<sup>2</sup>:**  
 $\Delta l = 0,044 \text{ cm}$   
oder  $\lambda = 2,2 \%$ .

Versuch wird unterbrochen; der regel-  
mässig, fassförmig gestauchte Körper zeigt  
den Beginn des Oeffnens von Schweiss-  
nähten.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Schweisseisen von de Wendel et Comp.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,00 cm;

Querschnitt: 3,14 cm<sup>2</sup>.

No. 26.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen	
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$		
1082	0,00	3,14	2,00	39,1	0,0	0,00	Cylinder, sign. F <sub>10</sub> ; entnommen einem 3,0 cm starken Rundeisen.	
	5,05			39,1	0,0	0,00		
	5,50			39,1	0,0	0,00	Cylinderoberfläche: blank; zeigt Spuren von Schweissnähten.	
	6,00			39,1	0,0	0,00		
	6,50	— Stauchbeg. —		39,1	0,5	0,50		
	7,00			39,1	1,2	1,20		
	7,50			40,8	1,3	1,30		
	8,00			42,1	1,8	1,80		
	8,50			43,9	0,9	0,90		} Im Mittel: 1,35.
	9,00			44,8	1,5	1,50		
	9,50			46,3	2,4	2,40		} Im Mittel: 1,90.
	10,00			48,7	1,4	1,40		
	10,50			50,1	2,1	2,10		
	11,00	Ausgesprochene Zustands- Aenderung		52,2	3,3	3,30	Stauchbeginn: $\sigma = 2,15 t$ pro cm <sup>2</sup> Druckfestigkeit: $\beta = 3,59$ " " " Verkürzung bei 3,59 t pro cm <sup>2</sup> : " " $\Delta l = 0,037$ cm oder $\lambda = 1,9$ 0/0.	
	11,50	(Druckfestigkeit.)		55,5	3,3	3,30		
	12,00			58,8	8,1	4,10		
	13,00			66,9	10,7	5,30		
	14,00			77,6	10,8	5,40		
	15,00			88,4	14,5	7,30		
	16,00			102,9	31,1	7,70		
	18,00			134,0	34,2	8,60		
	20,00	t vollkommen getragen.		168,2				Bei 20 t wird der Versuch unter- brochen; der regelmässig, fassförmig gestauchte Körper zeigt den Beginn des Oeffnens von Schweissnähten.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kesselblech; Flusseisen von St. Etienne.\*)

Versuchsobject: Prisma; Querschnittsabmessungen  $1,93 \times 1,94 \text{ cm}$ .

## No. 27.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{\text{cm}}{400}$	Differenz		Bemerkungen	
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$		
1	0,00	3,74	2,16	12,1			Prisma, sign. L 4; trägt auf 2 gegen- überliegenden Breitseiten die ur- sprüngliche Walzhaut.  Im Intervalle zwischen 8,0 und 8,25 t treten d. ersten Spuren d. Stauchung auf.  Stauchbeginn: $\sigma = 2,27 \text{ t pro cm}^2$ Druckfestigkeit: $\beta = 3,81 \text{ " "}$ Verkürzung bei $3,81 \text{ t pro cm}$ : $\Delta l = 0,115 \text{ cm}$ oder $\lambda = 5,3 \text{ } \%$ .	
	5,00			12,1	0,0			
	6,00			12,1	0,0			
	7,00			12,2	0,1	0,05		
	8,00			12,4	0,2	0,10		
	9,00			— Stauchbeg. —	13,9	1,5		0,75
	10,00				27,1	13,2		6,60
	11,00				34,3	7,2		3,60
	12,00				41,4	7,1		3,55
	13,00				48,4	7,0		3,50
	13,50				52,2	3,8		3,80
	14,00			Ausgesprochene Zustands- änderung	55,9	3,7		3,70
	14,50			(Druckfestigkeit)	60,4	4,5		4,50
	15,00				64,9	4,5		4,50
	16,00			t vollkommen getragen.	75,1	10,2		5,10

Bei 26,0 t wird der Versuch unterbrochen; der regelmässig gestauchte (ausgebauchte Probekörper wird vollkommen intakt ausangirt.

\*) Das Flusseisen v. St. Etienne besitzt im Mittel aus 4 Versuchen:  
eine Streckgrenze:  $\sigma_z = 2,41 \text{ t pro cm}^2$   
eine Zugfestigkeit:  $\beta_z = 3,71 \text{ " "}$

# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kesselblech; Flusseisen von St. Etienne.\*)

Versuchsobject: Prisma; Querschnittsabmessungen:  $1,92 \times 1,94 \text{ cm}$ .

No. 28.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts-Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess-Länge l cm	Ablesung $\frac{\text{cm}}{400}$	Differenz		Bemerkungen			
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$				
2	0,00	3,72	2,44	2,2			Prisma, sign. L4.; trägt auf 2 gegenüberliegenden Breitseiten die ursprüngliche Walzhaut.			
	5,00			2,2	0,0	0,00				
	6,00			2,2	0,0	0,00				
	7,00			2,3	0,1	0,05				
	8,00			2,3	0,0	0,00				
	9,00			— Stauchbeg. —	4,1	1,8		0,90		
	10,00				13,1	9,0		4,50		
	11,00				20,3	7,2		3,60		
	12,00				27,3	7,0		3,50		
	13,00				34,4	7,1		3,55		
	14,00			— Ausgesprochene Zustands-änderung (Druckfestigkeit) —	42,9	8,5		4,25	Stauchbeginn: $\sigma = 2,28 t \text{ pro cm}^2$	
	15,00				52,1	9,2		4,60	Druckfestigkeit: $\beta = 3,63 \text{ " "}$	
	16,00				62,4	10,3		5,15	Verkürzung bei $3,63 t \text{ pro cm}^2$ : $\Delta l = 0,091 \text{ cm}$ $\lambda = 3,7 \%$	
	17,00				73,1	10,7		5,35		
	18,00				84,9	11,8		5,90		
	19,00				97,2	12,3		6,15		
	20,00			t vollkommen getragen		110,5		13,3	6,65	

Bei 20,0 t wird der Versuch unterbrochen; der regelmässig gestauchte (ausgebauchte) Probekörper wird vollkommen intakt ausrangirt.

\*) Das Flusseisen von St. Etienne zeigt im Mittel aus 4 Versuchen: eine Streckgrenze:  $\sigma_z = 2,41 t \text{ p. cm}^2$  eine Zugfestigkeit:  $\beta_z = 3,71 \text{ " "}$

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kesselblech; Flusseisen von St. Etienne.

Versuchsobject: Prisma; Querschnittsabmessungen:  $1,89 \times 1,96 \text{ cm}$ .

## No. 29.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F $\text{cm}^2$	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{\text{cm}}{400}$	Differenz		Bemerkungen			
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$				
3	0,00	3,70	2,18	6,9			Prisma, sign. Q <sub>4</sub> ; trägt auf 2 gegen- überliegenden Breitseiten die ur- sprüngliche Walzhaut.  Probe Q <sub>4</sub> ist angeblich demselben Bleche entnommen als L <sub>4</sub> und L <sub>4</sub> .			
	5,00			6,9	0,0	0,00				
	6,00			6,9	0,0	0,00				
	7,00			6,7	0,2	-0,10				
	8,00			6,7	0,1	0,00				
	9,00			6,6	-0,1	-0,05				
	10,00			6,6	0,0	0,00				
	11,00			— Stauchbeg. —		8,2		1,6	0,80	Stauchbeginn liegt zwischen 10 u. 10,5 t
	12,00					12,7		4,5	2,25	Stauchbeginn: $\sigma = 2,77 \text{ t pro cm}^2$
	12,50					15,8		3,1	3,10	Druckfestigkeit: $\beta = 3,92 \text{ " "}$
	13,00			18,5	2,7	2,70	Verkürzung: bei $3,92 \text{ t pro cm}^2$ :			
	13,50			21,9	3,4	3,40	$\Delta l = 0,059 \text{ cm}$			
	14,00	Ausgesprochene Zustands- änderung		25,4	3,5	3,50	oder $\lambda = 2,7 \%$ .			
	15,00	(Druckfestigkeit)		35,4	10,0	5,00	} Im Mittel: 11,8 d. h. pro 0,5 t : 5,90.			
	16,00			45,8	10,4	5,20				
	17,00			59,0	13,2	6,60				
	18,00	t vollkommen getragen		71,4	12,4	6,20				

Bei 18 t wird der Versuch unter-  
brochen; der regelmässig gestauchte (aus-  
gebauchte) Probekörper wird vollkommen  
intakt ausrangirt.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kesselblech; Flusseisen von St. Etienne.\*)

Versuchsobject: Prisma; Querschnittsabmessungen:  $1,945 \times 1,91$  cm.

## No. 30.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$	
4	0,00	3,72	2,16	16,1			<b>Prisma, sign. Q<sub>4</sub>.</b> ; trägt auf 2 gegen- überliegenden Breitseiten die ur- sprüngliche Walzhaut.  Probe Q <sub>4</sub> ist angeblich demselben Bleche entnommen als L <sub>4</sub> und L <sub>4</sub> .  <b>Stauchbeginn</b> liegt zwischen 8,5 u. 9,0 t.  <b>Stauchbeginn:</b> $\sigma = 2,35 t \text{ pro cm}^2$ <b>Druckfestigkeit:</b> $\beta = 3,45 \text{ " "}$ <b>Verkürzung</b> bei 3,45 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,088 \text{ cm}$ oder $\lambda = 3,2 \%$ .
	5,00			16,1	0,0	0,00	
	6,00			15,9	-0,2	-0,10	
	7,00			15,9	0,0	0,00	
	8,00			16,0	0,1	0,05	
	9,00	— Stauchbeg. —		18,0	2,0	1,00	
	10,00			30,9	12,9	6,45	
	11,00			38,0	7,1	3,55	
	12,00			45,1	7,1	3,55	
	12,50	Keine scharf ausgesprochene Zustands- änderung		49,0	3,9	3,90	
	13,00	(Druckfestigkeit)		53,6	4,6	4,60	
	13,50			57,4	3,8	3,80	
	14,00			61,5	4,1	4,10	
	15,00			70,7	9,2	4,60	
	16,00			81,3	10,6	5,30	
	17,00			92,4	11,1	5,55	
	18,00	t vollkommen getragen		105,5	13,1	6,55	
Bei 18 t wird der Versuch unter- brochen; der regelmässig gestauchte (aus- gebauchte) Probekörper wird vollkommen intakt ausrangirt.							

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Schweisseisen von Burbach.\*)

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,41 cm;

## Nr. 31.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm.	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$	
1a	0,00	3,14	2,00	—			Cylinder, sign. 1 A.
	5,00			4,8	—0,6	—0,30	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.
	6,00			4,2	2,2	2,20	
	6,50	— Stauchbeg. —		6,4	1,6	1,60	
	7,00			8,0	1,6	1,60	
	7,50			9,6	1,6	1,60	
	8,00			11,2	1,8	1,80	
	8,50			13,0	2,2	2,20	
	9,00			15,2	6,5	3,25	
	10,00	Keine scharf ausgesprochene Zustands- änderung		21,7	8,6	4,30	
	11,00	(Druckfestigkeit).		30,3	10,5	5,25	
	12,00			40,8	12,1	6,05	Stauchbeginn: $\sigma = 1,99 t \text{ pro cm}^2$
	13,00			52,9	13,7	6,85	Druckfestigkeit: $\beta = 3,34 \text{ " " "}$
	14,00			66,6	15,1	7,55	Verkürzung bei 3,34 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,054 \text{ cm}$ oder $\lambda = 2,7 \%$
	15,00			81,7	16,2	8,10	
	16,00	t vollkommen getragen.		97,9			

Bei 16,0 t wird der Versuch unterbrochen und der regelmässig, fassförmig gestauchte Probekörper vollkommen intakt ausrangirt.

\*) Im Mittel aus 3 Versuchen beträgt die Streckgrenze dieses Materials:  
 $\sigma = 2,34 t \text{ pro cm}^2$ ,  
die Zugfestigkeit  $\beta = 3,69 t \text{ pro cm}^2$ .

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

## Schweisseisen von Burbach.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,40 cm;

## No. 32.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- länge l cm	Ab- lesung cm / 400	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro 1/10 t	
2a	0,00	3,14	2,40	—			Cylinder, sign. 2 A; entnommen dem nämlichen Stabe als Nr. 1a.
	5,00			5,0	—0,7	—0,35	
	6,00			4,3	1,1	1,10	Cylinderoberfläche: blank.
	6,50	—Stauchbeg.—		5,4	2,4	2,40	
	7,00			7,8	1,3	1,30	
	7,50			9,1	1,5	1,50	
	8,00			10,6	1,6	1,60	
	8,50			12,2	2,1	2,10	
	9,00			14,3	5,9	2,95	
	10,00	Ausgesprochene Zustands- änderung		20,2	8,4	4,20	
	11,00	(Druckfestigkeit.)		28,6	10,6	5,30	
	12,00			39,2	12,0	6,00	Stauchbeginn: $\sigma = 1,99 t \text{ pro cm}^2$
	13,00			51,2	13,7	6,85	Druckfestigkeit: $\beta = 3,44 \text{ " " "}$
	14,00			64,9	15,5	7,75	Verkürzung bei 3,44 t pro cm <sup>2</sup> :
	15,00			80,4	16,6	8,30	$\Delta l = 0,050 \text{ cm}$
	16,00	t vollkommen getragen.		97,0			oder $\lambda = 2,1 \%$ .

Bei 16,0 t wird der Versuch unterbrochen und der regelmässig, fassförmig gestauchte Probekörper vollkommen intakt ausrangirt.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

## Schweisseisen von Burbach.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 2,00 cm; Höhe: 2,40 cm.

## No. 33.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro 1/2 t	
3a	0,00	3,72	2,44	—			Cylinder, sign. A <sub>3</sub> ; entnommen dem gleichen Stabe als Nr. 1a.
	5,00			6,8			
	6,00			6,1	-0,7	-0,35	
	6,50			6,0	-0,1	-0,10	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.
	7,00	— Stauchbeg. —		9,5	3,5	3,50	
	7,50			11,0	1,5	1,50	
	8,00			12,3	1,3	1,30	
	8,50			13,9	1,6	1,60	
	9,00			16,2	2,3	2,30	
	10,00	Ausgesprochene Zustands- änderung		22,3	6,1	3,05	
	11,00	(Druckfestigkeit)		30,6	8,3	4,15	
	12,00			41,2	10,6	5,30	
	13,00			53,3	12,1	6,05	Stauchbeginn: $\sigma = 2,15 t \text{ pro cm}^2$
	14,00			66,9	13,6	6,80	Druckfestigkeit: $\beta = 3,34 \text{ " "}$
	15,00			82,2	15,3	7,65	Verkürzung bei 3,34 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,051 \text{ cm}$
	16,00	t vollkommen getragen		98,6	16,4	8,20	$\lambda = 2,1 \%$

Bei 16,0 t wird der Versuch unterbrochen und der regelmässig, fassförmig gestauchte Probekörper vollkommen intakt austrangirt.

# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

## Schweisseisen von Burbach\*)

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 2,05 cm; Höhe: 2,00 cm.

### No. 34.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro $\frac{1}{2} t$	
1b	0,00	3,15	2,40	—			Cylinder, sign. B1; einem andern Schweisseisen-Stabe entnommen.
	5,00			7,0	— 0,6	— 0,30	
	6,00	— Stauchbeg. —		6,4	1,7	1,70	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.
	6,50		8,1	2,9	2,90		
	7,00		11,0	1,6	1,60		
	7,50		12,6	1,1	1,10		
	8,00		13,7	1,9	1,90		
	8,50		15,6	2,2	2,20		
	9,00		17,3	6,6	3,30		
	10,00		24,4	7,9	3,95		
	11,00		— Ausgesprochene Zustands- änderung — (Druckfestigkeit)	32,3	10,2	5,10	Stauchbeginn: $\sigma = 1,99 t \text{ pro cm}^2$
	12,00			42,5	11,9	5,95	Druckfestigkeit: $\beta = 3,65 \text{ " "}$
	13,00		54,4	13,5	6,75	Verkürzung bei 3,65 t pro cm: $\Delta l = 0,077 \text{ cm}$ oder $\lambda = 3,2 \text{ ‰}$ .	
	14,00		67,9	15,0	7,50		
	15,00		82,9	16,4	8,20		
	16,00	t vollkommen getragen.	99,3				

Bei 16,0 t wird der Versuch unterbrochen und der Probekörper regelmässig, fassförmig gestaucht, vollkommen intakt ausrangirt.

\*) Im Mittel aus 3 Versuchen beträgt die **Streckgrenze** dieses Materials:  
 $\sigma = 2,37 t \text{ pro cm}^2$   
die **Zugfestigkeit**  $\beta = 3,62 t \text{ pro cm}^2$ .

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kupfer; Stehbolzenmaterial der Locomotivfabrik Winterthur\*).

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 1,99 cm; Höhe: 2,48 cm.

## No. 35.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro $\frac{1}{8} t$	
1 c	0,00	3,11	2,43	14,2			Cylinder sign. No. 1; entnommen einem 2,5 cm starken Stehbolzen.
	1,00			14,2	0,0	0,00	
	2,00			14,2	0,0	0,00	
	2,50			14,0	-0,2	-0,20	Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei.
	3,00	— Stauchbeg. —		16,8	2,8	2,80	△'' (2te Differenzen).
	3,50			24,5	7,7	7,70	
	4,00			34,1	9,6	9,60	
	5,00	Ausgesprochene Zustands- änderung		55,8	21,7	10,85	
	6,00	(Druckfestigkeit)		80,2	24,4	12,20	— Beginn plastischer Deformabilität.
	7,00			105,6	25,4	12,70	
	8,00			131,8	26,2	13,10	
	9,00			158,7	26,9	13,45	
	10,00			186,5	27,8	13,90	0,45 Stauchbeginn: $\sigma = 0,88 t$ pro cm <sup>2</sup>
	11,00			214,7	28,2	14,10	0,20 Druckfestigkeit: $\beta = 1,77$ " " "
	12,00	t vollkommen getragen		243,1	28,4	14,20	0,10 Verkürzung bei 1,37 t pro cm <sup>2</sup> : $At = 0,035$ cm oder $\lambda = 5,44$ %.

Bei 12,0 wird der Versuch unterbrochen und der regelmässig, fassförmig gestauchte Probekörper vollkommen intakt ausrangirt.

\*) Im Mittel aus 2 Versuchen beträgt die Streckgrenze dieses Materials:  $\sigma = 0,70 t$  pro cm<sup>2</sup>. die Zugfestigkeit  $\beta = 2,22 t$  pro cm<sup>2</sup>.

# Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kupfer; Stehbolzenmaterial der Locomotivfabrik Winterthur.

Versuchsobjekt: Cylinder; Durchmesser: 1,99 cm; Höhe: 2,39 cm.

## Nr. 36.

Protokoll No.	Belastung P in t	Querschnitts-Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess-Länge l cm	Ab-lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen			
					absolut	pro 1/4 t				
2 c	0,00	3,11	2,39	10,5	—0,5	—0,25	Cylinder, sign. No. 2; entnommen dem gleichen Stehbolzen als No. 1c. Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei. △" (2 <sup>e</sup> Differenzen).			
	1,00			10,0	—0,5	—0,25				
	2,00			9,5	—0,1	—0,10				
	2,50			9,4						
	3,00			— Stauchbeg. —		10,4		+1,0	+1,00	4,20
	3,50					15,6		5,2	5,20	2,90
	4,00					23,7		8,1	8,10	2,85
	5,00			Ausgesprochene Zustands-änderung (Druckfestigkeit)		45,6		21,9	10,95	1,85 Beginn plastischer Deformabilität.
	6,00					71,2		25,6	12,80	0,70
	7,00					98,2		27,0	13,50	0,30
	8,00					125,3		27,6	13,80	—0,25
	9,00					152,9		27,1	13,55	0,95 Stauchbeginn: $\sigma = 0,88 t p. cm^2$
	10,00			181,9	29,0	14,50	—0,35 Druckfestigkeit: $\beta = 1,77 " " "$			
	11,00			210,2	28,3	14,15	0,20 Verkürzung bei 1,77 pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,123 cm$			
	12,00	t vollkommen getragen		238,9	28,7	14,35	oder $\lambda = 5,15 \%$ .			

Bei 12,0 t wird der Versuch unterbrochen und der regelmässig, fassförmig gestauchte Probekörper vollkommen intakt ausrangirt.

## Bestimmung des Stauchbeginns und der Druckfestigkeit.

Kupfer; Stehbolzenmaterial der Locomotivfabrik Winterthur.

Versuchsobject: Cylinder; Durchmesser: 1,985 cm; Höhe: 2,37 cm;

## No. 37.

Proto- koll No.	Be- lastung P in t	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Mess- Länge l cm	Ab- lesung $\frac{cm}{400}$	Differenz		Bemerkungen
					absolut	pro $\frac{1}{3} t$	
3c	0,00	3,10	2,37	21,4			Cylinder, sign. Nr. 3; entnommen dem gleichen Stehbolzen als Nr. 1c. Cylinderoberfläche: blank, fehlerfrei. $\Delta$ " (2te Differenzen). 0,40 0,80 0,75 1,35 — Beginn plastischer Deformabilität. 0,50 0,65 Stauchbeginn: $\sigma = 0,89 t p. cm^2$ 0,55 Druckfestigkeit: $\beta = 1,78$ " " 0,25 Verkürzung bei 1,78 t pro cm <sup>2</sup> : $\Delta l = 0,145 cm$ oder $\lambda = 6,11 \%$ 0,15 -0,30 -0,45 -0,40 -0,75
	1,00			20,9	-0,5	-0,25	
	2,00			20,4	-0,5	-0,25	
	2,50			20,4	0,0	0,00	
	3,00	— Stauchbeg. —		28,6	8,2	8,20	
	3,50			37,2	8,6	8,60	
	4,00			46,6	9,4	9,40	
	5,00	Ausgesprochene Zustands- Aenderung (Druckfestigkeit).		66,9	20,3	10,15	
	6,00			89,9	23,0	11,50	
	7,00			113,9	24,0	12,00	
	8,00			139,2	25,3	12,65	
	9,00			165,6	26,4	13,20	
	10,00			192,5	26,9	13,45	
	11,00			220,0	27,5	13,75	
	12,00			247,8	27,8	13,90	
	13,00			275,0	27,2	13,60	
	14,00			301,3	26,3	13,15	
	15,00			326,8	25,5	12,75	
	16,00	t vollkommen getragen.		350,8	24,0	12,00	

Bei 16,0 t wird der Versuch unterbrochen und der plattenförmig gestauchte Probekörper vollkommen intakt ausrangirt.

## Vergleichende Zusammenstellung der Resultate einiger Druckproben.

### 1. Flusseisen von de Wendel & Comp., Hayange.

Qualitätscoefficient nach Tetmajer  $c = 1,06 \text{ t cm}$ .

Im Verhältnisse zu den correspondirenden Festigkeitsgrössen auf Zug beträgt im Mittel:

der Elasticitätsmodul auf Druck:  $\varepsilon_d = 1,01 \varepsilon_z$

der Grenzmodul " "  $\gamma_d = 1,18 \gamma_z$

der Stauchbeginn . . . . .  $\sigma_d = 0,95 \sigma_z$

die Druckfestigkeit . . . . .  $\beta_d = 0,98 \beta_z$

### 2. Schweisseisen von de Wendel & Comp., Hayange.

Qualitätscoefficient nach Tetmajer  $c = 0,70 \text{ t cm}$ .

Es beträgt im Mittel:

der Elasticitätsmodul auf Druck:  $\varepsilon_d = 1,00 \varepsilon_z$

der Grenzmodul " "  $\gamma_d = 1,05 \gamma_z$

der Stauchbeginn . . . . .  $\sigma_d = 1,01 \sigma_z$

die Druckfestigkeit . . . . .  $\beta_d = 1,00 \beta_z$

### 3. Flusseisen. Kesselblech von St. Etienne.

Qualitätscoefficient nach Tetmajer  $c = 1,16 \text{ t cm}$ .

Es beträgt im Mittel:

der Stauchbeginn . . . . .  $\sigma_d = 1,00 \sigma_z$

die Druckfestigkeit . . . . .  $\beta_d = 1,00 \beta_z$

### 4. Schweisseisen von Burbach.

Qualitätscoefficient nach Tetmajer  $c = 0,96 \text{ t cm}$ .

Es beträgt im Mittel:

der Stauchbeginn . . . . .  $\sigma_d = 0,86 \sigma_z$

die Druckfestigkeit . . . . .  $\beta_d = 0,91 \beta_z$

### 5. Kupfer; Stehbolzenmaterial.

Qualitätscoefficient nach Tetmajer  $c = 1,10 \text{ t cm}$ .

Es beträgt im Mittel:

der Stauchbeginn . . . . .  $\sigma_d = 1,26 \sigma_z$

die Druckfestigkeit . . . . .  $\beta_d = 0,80 \beta_z$

### k. Die Biegeproben an ganzen Gebrauchsstücken.

Zu den wichtigsten der in vorliegendem Berichte beschriebenen Untersuchungen zählen neben den Druck- bzw. Knickungsproben unzweifelhaft die statischen Biegeversuche mit ganzen Gebrauchsstücken, denn auch diesen fällt die Aufgabe zu, Coefficienten für das Constructionsfach in schmiedbarem Eisen zu liefern. Wir haben die angezogenen Versuche in der Absicht unternommen, die Gesetze der Biegungsfestigkeit des schmiedbaren Constructionseisens, ihr Abhängigkeitsverhältniss von der Form der Probekörper und den Zähigkeits- bzw. den Deformabilitätsverhältnissen des Materials näher kennen zu lernen. Wie bereits § 2 unseres Programms zu vorliegender Arbeit, vergl. Seite 12, bekundet, schien es wichtig, speziell durch Biegeversuche an Blechbalken in Fluss- und Schweisseisen der Frage näher zu treten, in wie weit es zulässig sei, Resultate aus Qualitäts- und andern Festigkeitsproben mit einfachen Stäben auf genietete Einzelconstructions oder bestimmte Theile solcher, zu übertragen. Gleichzeitig bezwecken unsere einschlägigen Versuche eine Controlle derjenigen, welche im Auftrage der holländischen Regierung im Jahre 1878—1879 bei Harkort in Duisburg\*) ausgeführt wurden, und deren für das Flussmetall (saures Converter-Eisen in 3 Kohlungsstufen als harter, mittelharter und weicher Stahl) so ungünstiger Ausfall, die Verwendbarkeit desselben für den Brückenbau in Frage zu stellen drohte. Endlich sollten die in Aussicht genommenen Versuche mit Blechbalken in Fluss- und Schweisseisen darüber belehren, ob die angeblich aus umfassenden Versuchen abgeleiteten, österreichischen Vorschriften, welche das Convertereisen für Eisenbahnbrücken ausschliessen und nur

\*) Eine einlässliche Beschreibung der Harkort'schen Versuche befindet sich in Prof. Belebubski's trefflicher Schrift „Flusseisen, ist dasselbe zu fürchten und wie zu behandeln?“ St. Petersburg; 1885.

Herdeisen (Martin-Eisen) zulassen, eine tiefere Begründung und Berechtigung besitzen und somit allgemein Beachtung verdienen. \*)

Zur Ausführung der angezogenen Biegeversuche diente die Werder'sche — für die in Malines erledigten Proben, die grosse Kirkaldy-Maschine mit ihren bekannten Einrichtungen. Die Lagerung der Stäbe erfolgte in beiden Fällen frei und horizontal. Eine Aufhängung der schweren Stäbe war versuchsweise in einzelnen Fällen jedoch ohne fassbaren Erfolg durchgeführt und wurde deshalb wieder aufgegeben. Die Pendel der Werder'schen Maschine wurden fixirt und auf sie keilförmige, entsprechend abgerundete gusseiserne Lagerklötze aufgeschraubt. Die Wirkung der scharfen stählernen Angriffs- und Lagerschneiden der Kirkaldy-Maschine abzuschwächen, haben wir die auf Seite 30 erwähnten und in Fig. 12 abgebildeten Zwischenlagen benützt.

Die Stützweite der Versuchsobjecte war verschiedenartig gewählt. Bei den Brückenbelageisen (Zores-Eisen) variierte die Freilage, entsprechend der Anwendung, zwischen 1,0 und 1,8 m; für die gewalzten Träger (Doppel-T-Eisen) haben wir zur Stützweite die 8-fache Trägerhöhe, — bei den genieteten Balken die 9-fache Steghöhe gewählt.

Der Kraftangriff erfolgte centrisch auf die Stab- oder Trägermitte; es ist also dafür gesorgt worden, dass eine der Hauptträgheitsaxen der Stab- oder Trägerprofile in die Biegeebene fiel. Die Angriffsschneide der Werder'schen Maschine war ca. 8,0 cm breit und besass abgerundete Kanten (effective Breite betrug ca. 6,0 cm). Die Beilagen der Kirkaldy-Maschine vergl. Fig. 12 auf Seite 30.

Zur Messung der elastischen Durchbiegungen dienten Bauschinger's Gradbogenapparate. Von diesen wurde der eine in der Mitte, im Sinne der Bieungsrichtung, die andern auf

---

\*) Dass die fraglichen, österr. Vorschriften, wenn überhaupt, so doch nur lokale Bedeutung haben können, bewiesen unsere Versuche mit basischem Convertereisen sowie die zahlreichen tadellosen Ausführungen der neuesten Zeit.

den Auflagerstellen in entgegengesetzter Richtung montirt. Aehnlich wurden die zur Bestimmung der Durchbiegung benützten Apparate auf den in Malines geprüften Trägern befestigt, nur kamen hier an den beweglichen Enden dosenartige Zeigerapparate, in der Mitte, die fest steht, der ursprüngliche Gradbogen mit Zahnstangenantrieb der Kirkaldy-Maschine zur Anwendung. Letzterer functionirte schlecht und veranlasste langwierige Correctionsrechnungen. Die gewählte Disposition des Messapparates gestattete in beiden Fällen die absolute Durchbiegung der Träger hinlänglich genau zu bestimmen, somit die Elemente zur Berechnung der Elasticitäts- und Grenzmoduli und derjenigen der Deformationsarbeiten innerhalb der Bieggrenze experimentell zu erheben.

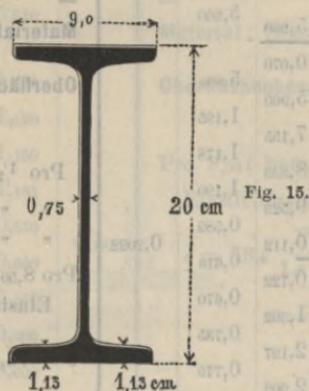
Zur Aufnahme der Durchbiegungen jenseits der Elasticitätsgrenzen durfte ein einfacher, cylindrischer Massstab mit Millimeter-Theilung und einem Nonius für  $0,1 \text{ mm}$  verwendet werden. Nach Erledigung der jeweiligen Elasticitätsmessungen wurden die Gradbogenapparate demontirt und man begann mit besagtem Massstabe weiterzuarbeiten.

Auf eine bestimmte Dauer der Krafteinwirkung konnte keine Rücksicht genommen werden. Die sämtlichen Ablesungen erfolgten zur gleichen Zeit und stets im Momente, wo die Luftblase der Libelle des Wagebalkens der Werder-Maschine — oder wo der Index des Laufgewicht-Hebels der Kirkaldy-Maschine einspielte.

Biegeversuche mit liegenden Maschinen und Versuchsobjekten doppel-T-förmigen Querschnitts gehören zu den schwierigsten; ihr Gelingen ist in erster Linie abhängig von der Geradheit der Stäbe, in dem scheinbar ganz geringfügige Abweichungen sich gegen das Ende des Versuchs durch vorzeitige Verwindung geltend machen. Sodann spielt die Sorgfalt und Güte der Appretur, die exacte Einlagerung der Trägerebene in die Ebene des Kraftangriffs einen nicht zu unterschätzenden Einfluss. In vorliegender Versuchsreihe ist ein einziger der gewalzten Träger durch vorzeitiges Verwinden zu Grunde gegangen; er gab kein brauchbares Mass für die Cohäsionsgrenze seines Materials.

Zur nähern Einsichtnahme des Messverfahrens lassen wir an dieser Stelle eine Reihe von Protokoll-Ausfertigungen von Biegungsversuchen mit gewalzten Trägern und Blechbalken folgen.

### Deutsches Normalprofil No. 20.



#### Querschnittsgrößen:

Trägheitsmoment	$J = 2166 \text{ cm}^4$
Widerstandsmoment	$W = 216,6 \text{ cm}^3$
Querschnitts-Inhalt	$F = 33,85 \text{ cm}^2$
Trägerhöhe	$h = 20,0 \text{ cm}$
Coefficient der Querverschiebung	$\alpha = 2,22$

Trägergewicht  $g = 26,2 \text{ kg pro } l \text{ m}$

Stützweite des Trägers  $l = 160,0 \text{ cm}$

#### Formel für den Elasticitätsmodul:

$$\varepsilon = \frac{Pl}{1,6 f} \left( \frac{l^2}{30 J} + \alpha \frac{1}{F'} \right) = 73,6 \frac{P}{1,6 f} \text{ worin bedeutet}$$

$f$  in  $cm$  die der Kraft  $P$  in  $t$  entsprechende Durchbiegung.

## Nr. 38.

Protokoll No.	Belastung $P$ $t$	Stützweite $l$ $cm$	Durchbiegung $f$ $\frac{1}{100} cm$	Differenz $\Delta f$	Durchbiegung absolut $f$ $cm$	Bemerkungen
1093	0,00	160,0	—	—	—	<b>I-Eisen; deutsches Normalprofil No. 20.</b> <b>Material:</b> Schweisseisen.  <b>Oberflächenbeschaffenheit:</b> normal, tadellos.  Pro $\frac{1}{2} t: f = 0,598$ " " = 0,589 " " = 0,595  Pro 8,50 $t$ beträgt: $f = 0,2022 cm$ , somit ist d. Elasticitätsmodul: $\varepsilon = 73,6 \frac{P}{1,6f} = 73,6 \frac{8,50}{1,6 \cdot 0,2022} = 1934 t \text{ pro } cm^2.$  <b>Elasticiitätsmodul . . .</b> $\varepsilon = 1934 t \text{ pro } cm^2$  <b>Faserspannung</b> an der Elast.-Grenze $\gamma = 1,61 t \text{ pro } cm^2$ an der Bieg-Grenze $\sigma = 2,40 \text{ " "}$ a. d. Cohaes.-Grenze $\beta = 3,60 \text{ " "}$  <b>Durchbiegung</b> an der Elasticitäts-Grenze $f_\gamma = 0,208 cm$ an der Bieg-Grenze . . $f_\sigma = 0,343 \text{ "}$ an d. Cohasions-Grenze . $f_\beta = c. 3,70 \text{ "}$  <b>Deformations-Arbeit</b> an d. Elasticitäts-Grenze $A_\gamma = 0,910 cm t$ an der Bieg-Grenze . . $A_\sigma = 2,230 \text{ "}$ an d. Cohasions-Grenze $A_\beta = 62,0 \text{ "}$
	5,00		5,960	5,960		
	0,00		+0,070	5,890		
	5,00		5,960	1,195		
	6,00		7,155	1,178		
	7,00		8,333	1,190		
	8,00		9,523	0,589		
	50	Elasticit.-Grenze	10,112	0,610	0,2022	
	9,00		10,722	0,670		
	50		11,392	0,735		
	10,00		12,127	0,775		
	50		12,902	0,830		
	11,00		13,732	0,800	0,2746	
	50		14,532	0,835		
	12,00		15,367	0,870		
	50		16,237	0,889		
	13,00	Muthm. Biege-Grenze	17,126	0,950	0,3425	
	50		18,076	1,120		
	14,00		19,196		0,38	
	15,00				0,56	
	16,00				0,81	
	17,00				1,23	
	18,00				1,71	
	50				2,40	
	19,00				2,55	
	19,50	Cohaes.-Grenze			c. 3,70	
Träger wird windschief; Waage sinkt.						

Protokoll No.	Belastung $P$ $t$	Stützweite $l$ $cm$	Durchbiegung $f$ $\frac{1}{100} cm$	Differenz $\Delta f$	Durchbiegung absolut $f$ $cm$	Bemerkungen	
1094	0,00	160,0	0,000	—	—	<p><b>I-Eisen; deutsches Normalprofil No. 20.</b>  <b>Material: Schweisseisen.</b>   <b>Oberflächenbeschaffenheit: normal, tadellos.</b>                       Pro 8,50 t betr. <math>f = 0,1921 cm</math>, somit ist der                      Elasticitätsmodul:  <math display="block">\varepsilon = 73,6 \frac{P}{1,6 f} = 73,6 \frac{8,50}{1,6 \cdot 0,1921} = 2035</math>  <math display="block">\varepsilon = 2035 t \text{ pro } cm^2.</math>   <b>Elasticitätsmodul . . . <math>\varepsilon = 2035 t \text{ pro } cm^2</math></b>   <b>Faserspannung</b>                      an der Elast.-Grenze <math>\gamma = 1,61</math> " "                      an der Bieg.-Grenze <math>\sigma = 2,35</math> " "                      an d. Cohaes.-Grenze <math>\beta = 3,97</math> " "   <b>Durchbiegung</b>                      an der Elasticitäts-Grenze <math>f_\gamma = 0,198 cm</math>.                      an der Bieg.-Grenze . . <math>f_\sigma = 0,296</math> "                      an d. Cohaesionsgrenze . <math>f_\beta = c. 3,8</math> "   <b>Deformations-Arbeit</b>                      an d. Elasticitäts-Grenze <math>A_\gamma = 0,866 cm t</math>                      an der Bieg.-Grenze . . <math>A_\sigma = 1,932</math> "                      an d. Cohaesions-Grenze <math>A_\beta = 69,9</math> "</p>	
	5,00		5,610	5,610			
	0,00		+0,090	5,515			
	5,00		5,605	1,120			
	6,00		6,725	1,150			
	7,00		7,875	1,161			
	8,00		9,036	0,570			
	5,00		Elasticit.-Grenze	9,606	0,600		0,1921
	9,00			10,206	0,595		
	5,00			10,801	0,605		
	10,00			11,406	0,600		
	5,00			12,006	0,595		0,2520
	11,00			12,601	0,605		
	5,00			13,206	0,645		
	12,00			13,851	0,600		0,2890
	5,00		Bieg.-Grenze	14,451	0,695		
	13,00			15,146	0,705		
	5,00			15,851	0,805		
	14,00			16,656			0,33
	15,00						0,36
	16,00						0,42
17,00				0,52			
18,00				0,77			
19,00				1,34			
20,00				2,08			
5,00				2,49			
21,00				3,02			
21,50	Cohaes.-Grenze			c. 3,50			

Träger wird windschief; Waage fällt ab.

## Blechbalken No. 5--8.

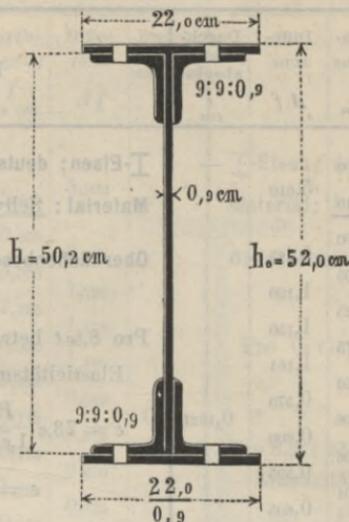


Fig. 16.

Nietdurchmesser: 1,8 cm. Niettheilung: 13,0 cm.

## Querschnittsgrößen:

	ohne Abzug der Nietlöcher	mit Abzug
Trägheitsmoment . . . $J$	$66521 \text{ cm}^4$	$58352 \text{ cm}^4$
Widerstandsmoment . . . $W$	— $\text{cm}^3$	$2244 \text{ cm}^3$
Querschnittsfläche . . . $F_t$	$145,1 \text{ cm}^2$	$132,1 \text{ cm}^2$
Trägheits-Halbmesser <i>max.</i> $k$	$21,4 \text{ cm}$	<i>max.</i> $k$ = — $\text{cm}$
Schwerpunktsabstand der Gurtquerschnitte $h_s$	— $\text{cm}$	$47,1 \text{ cm}$
Coeff. d. Querverschiebung $\alpha$	$2,71$	$\alpha$ = —

Gurtquerschnitte mit Abzug der Nietlöcher:

$$F_n = 43,5 \text{ cm}^2.$$

Formel für den Elasticitätsmodul:

$$\varepsilon = \frac{Pl}{1,6 f} \left( \frac{l^2}{30 J} + \alpha \frac{1}{F} \right) = 54,09 \frac{P}{1,6 f}$$

Protokoll No.	Belastung $P$ $t$	Stützweite $l$ $cm$	Durchbiegung $f$ $\frac{1}{50} cm$	Differenz $\Delta f$	Durchbiegung absolut $f$ $cm$	Bemerkungen
1135	0,00	450	0,00		—	<b>Blechbalken, sign. Nr. 5 A.</b>
	15,00		12,65	12,65		<b>Aussere Beschaffenheit:</b> tadellos, Träger liegt fast vollkommen horizontal in der Maschine.
	30,00		25,35	12,70	0,51	
	37,50		31,55	6,20		
	0,00		-0,25	31,80		Dem entspricht pro $1,0 t : f = 0,848$
	37,50		31,55	0,38		<b>Der Electricitätsmodul beträgt:</b>
	38,00		31,93	0,76		$\epsilon = 54,09 \frac{P}{1,6 f} = 54,09 \frac{41,0}{1,6 \cdot 0,675} = 2053 t$
	39,00		32,69	0,76		pro $cm^2$
	40,00		33,45	0,30	0,67	} Im Mittel: $f = 0,875.$
	41,00	Elasticit.-Grenze	33,75	1,45	0,675	
	42,00		35,20	0,50		} " " $f = 0,900.$
	43,00		35,70	1,30		
	44,00		37,00	0,75		} " " $f = 1,183.$
	45,00		37,75	2,00	0,75	
	46,00		39,75	0,80		
	47,00		40,55	0,70		
	48,00	Muthm. Bieg-Grenze	41,25	1,55	0,82	
	49,00		42,80	1,30	0,85	
	50,00		44,10	6,70	1,88	
	55,00		50,80		1,02	
	60,00				1,16	
	65,00				1,34	
	70,00				1,51	
	72,50				1,62	
	74,80	Cohaes.-Grenze			c. 1,79	

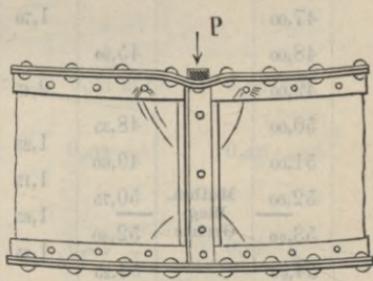


Fig. 17.

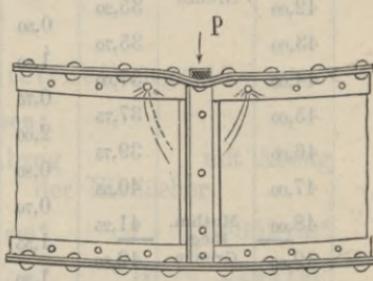
Bei 57,0 t: Beginn des Einkneifens der Angriffs-Schneide.

Bei 70,0 t: Beginn d. Verwindung (Spuren).

Träger wird windschief; die freien Enden d. gedrückten Gurts sowie der gespannte Gurt in der Trägermitte steigen; Träger verliert allmählich sein Tragvermögen u. wird intact ausrangirt.

## Flusseisen.

Nr. 41.

Protokoll No.	Belastung $P$ $t$	Stützweite $l$ $cm$	Durchbiegung $f$ $\frac{1}{100} cm$	Differenz $\Delta f$	Durchbiegung absolut $f$ $cm$	Bemerkungen
1136	0,00	450	0,00			<p><b>Blechbalken Nr. 6, A.</b></p> <p><b>Aussere Beschaffenheit:</b> „tadellos“.</p> <p>Träger liegt fast vollkommen horizontal in der Maschine.</p> <p>Pro 1,0 t beträgt: <math>f = 0,880</math>.</p> <p>Der <b>Elastizitätsmodul</b> beträgt:</p> $\varepsilon = 54,09 \frac{P}{1,6 f} = 54,09 \frac{38,0}{1,6 \cdot 0,666} = 1929 t \text{ pro } cm^2$ <p>Pro 1,0 t beträgt: <math>f = 1,550</math>.</p>  <p>Fig. 18.</p> <p>Im Mittel: <math>f = 1,40</math>.</p> <p>Bei 55,0 t: Beginn des Einkneifens der Angriffsschneide.</p> <p>Bei 67,0 t: Spuren des Windschiefwerdens. Es treten Glühspanablösungen an den Nieten in Nähe der Angriffsschneide auf.</p>
	15,00		13,60	13,60		
	30,00		25,40	11,80		
	37,50		32,85	7,45		
	0,00		-0,25	33,00		
	37,50		32,85	0,44	0,666	
	38,00	Elasticit.-Grenze	33,20	1,38		
	39,00		34,67	1,38	0,72	
	40,00		36,50	1,30		
	41,00		37,35	0,90		
	42,00		38,25			
	43,00			3,10		
	44,00		41,35		0,83	
	45,00			2,85		
	46,00		44,20			
	47,00			1,70		
	48,00		45,90		0,92	
	49,00			2,45		
	50,00		48,35		0,97	
	51,00		49,60	1,25		
	52,00	Muthm. Bieg-Grenze	50,75	1,15	1,01	
	53,00		52,40	1,65		
	54,00		54,25	1,85	1,09	
	60,00			1,26		
	65,00			1,46		
	70,00			1,69		
	75,00			2,01		
	77,50	Cohaes.-Grenze		2,26		

Träger wird unter den nämlichen Erscheinungen, wie vorher, windschief.

Zusammenstellung der Resultate.

Flusseisen.

Blechbalken

Nr. 5 A

Nr. 6 A

Mittelwerthe

Elasticitätsmodul

der Biegefestigkeit  $\epsilon = 2053 \text{ t p. cm}^2$      $1929 \text{ t p. cm}^2$      $1991 \text{ t p. cm}^2$

Faserspannung

a. d. Elasticitätsgrenze  $\gamma = 2,08 \text{ t pro cm}^2$      $1,93 \text{ t pro cm}^2$      $2,00 \text{ t p. cm}^2$

an der Bieggrenze  $\sigma = 2,43 \text{ " "}$      $2,14 \text{ " "}$      $2,53 \text{ " "}$

a. d. Cohäsionsgrenze  $\beta = 3,75 \text{ " "}$      $3,89 \text{ " "}$      $3,82 \text{ " "}$

Durchbiegung

a. d. Elasticitätsgrenze  $f_\gamma = 0,689 \text{ cm}$      $0,679 \text{ cm}$      $0,684 \text{ cm}$

an der Bieggrenze  $f_\sigma = 0,840 \text{ "}$      $1,032 \text{ "}$      $0,936 \text{ "}$

a. d. Cohäsionsgrenze  $f_\beta = 1,79 \text{ "}$      $2,26 \text{ "}$      $2,03 \text{ "}$

Deformations-Arbeit

a. d. Elasticitätsgrenze  $A_\gamma = 0,143 \text{ m t}$      $0,131 \text{ m t}$      $0,137 \text{ m t}$

b. einer Faserspanng.  
v.  $3,0 \text{ t pro cm}^2$  .  $A_{3,0} = 0,383 \text{ "}$      $0,417 \text{ "}$      $0,400 \text{ "}$

b. einer Durchbiegung  
v.  $1/250$  d. Stützweite  
des Trägers . . .  $A = 0,857 \text{ "}$      $0,845 \text{ "}$      $0,851 \text{ "}$

Bemerkung: Bruch konnte in keinem Falle erzielt werden.

## Schweisseisen.

Nr. 42.

Proto- koll No.	Be- lastung $P$ $t$	Stütz- weite $l$ $cm$	Durch- biegung $f$ $\frac{1}{100} cm$	Diffe- renz $\Delta f$	Durch- biegung absolut $f$ $cm$	Bemerkungen	
1137	0,00	450	0,00			<b>Blechbalken Nr. 7, F.</b> <b>Aeußere Beschaffenheit:</b> „tadellos“. Träger liegt fast vollkommen horizontal in der Maschine. Im Mittel: $f = 0,825$ . Der Elasticitätsmodul beträgt: $\varepsilon = 54,09 \frac{P}{1,6 f} = 54,09 \frac{27,0}{1,6 \cdot 0,523} = 1745 t \text{ pro } cm^2$	
	25,00		24,3	24,30			
	0,00			-0,10	24,25		
	25,00			24,30	1,20		0,286
	26,00			25,00	0,65		0,523
	27,00		Elasticit.- Grenze	26,10	1,10		
	28,00			27,20	2,25		0,590
	30,00			29,50	2,90		
	32,00			32,40	2,85		
	34,00			35,25	2,80		
	36,00			38,00	2,70		0,761
	38,00			40,75	1,35		
	39,00			42,10	2,00		
	40,00			44,10	1,35		0,882
	41,00			45,45	1,35		
	42,00		46,80	1,40			
	43,00		48,20	1,70			
	44,00		49,90	1,70	0,998		
	45,00		Muthm. Biege- Grenze	51,00	1,02		
	50,00				1,18		
55,00			1,37				
60,00			1,59				
65,00			1,96				
70,00			2,87				
72,30	Cohaes.- Grenze		3,45				

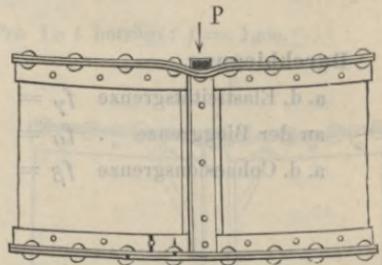


Fig. 19.

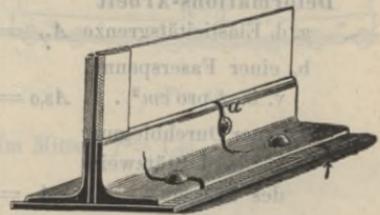


Fig. 20.

Die muthm. Biegegrenze liegt bei ca. 45,5 t.

Bei ca. 50 t: deutlich ausgesprochener Beginn d. Einkneifens d. Angriffsschneide.

} Träger bleibt fast horizontal.

Plötzlicher Bruch der gespannten Faser in Nähe der Trägermitte.

Protokoll No.	Belastung $P$ $t$	Stützweite $l$ $cm$	Durchbiegung $f$ $\frac{1}{100} cm$	Differenz $\Delta f$	Durchbiegung absolut $f$ $cm$	Bemerkungen	
1138	0,00	450	0,00	23,20		<p><b>Blechbalken Nr. 8 F.</b>  <b>Aeusserer Beschaffenheit:</b> tadellos.                      Träger liegt fast horizontal in d. Maschine.</p> <p>} Im Mittel: 1,00.</p> <p>Der <b>Elastizitätsmodul</b> beträgt:</p> $\epsilon = 54,09 \frac{P}{1,6 f} = 54,09 \frac{28,0}{1,6 \cdot 0,524} = 1807 t \text{ pro } cm^2$	
	25,00		23,20				
	0,00		-0,20	23,40			
	25,00		23,20		1,00		0,464
	26,00		24,20		1,25		
	27,00		25,45		0,75		
	28,00		26,20	Elasticit.-grenze	1,70		0,524
	29,00		27,90		1,35		
	30,00		29,25		3,00		0,590
	32,00		38,25		2,40		
	34,00		34,65		2,90		0,693
	36,00		37,55		2,15		
	38,00		39,70		2,75		
	40,00		42,45	Muthm. Biege-Grenze	2,90		0,859
	42,00		45,35		4,55		
	45,00		49,90		1,00		
	50,00				1,16		
	55,00				1,31		
	60,00				1,52		
	65,00				1,79		
	67,50				2,00		
	70,00				2,46		
	72,50				2,86		
73,00		Cohaes.-Grenze	3,10				

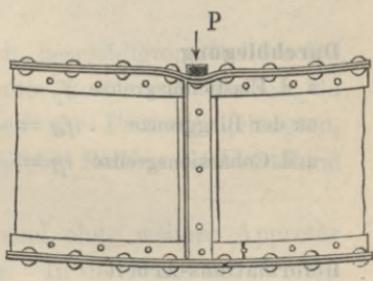


Fig. 21.

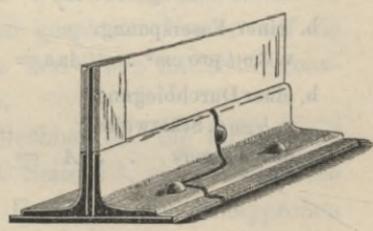


Fig. 22.

Bei 55,0 t Beginn des Einkneifens der Angriffsschneide.  
 Der gespannte Gurt beginnt in der Trägermitte schwach zu steigen.  
 Träger beginnt windschief zu werden; plötzlich tritt Bruch der gespannten Faser in Nähe der Trägermitte ein, vergleiche Fig. 22.

## Zusammenstellung der Resultate.

## Schweisseisen.

	Blechbalken		Mittelwerthe
	Nr. 7 F	Nr. 8 F	
<b>Elasticitätsmodul</b>			
der Biegefestigkeit $\varepsilon =$	1745 t p. cm <sup>2</sup>	1807 t p. cm <sup>2</sup>	1776 t p. cm <sup>2</sup>
<b>Faserspannung</b>			
a. d. Elasticitätsgrenze $\gamma =$	1,38 t pro cm <sup>2</sup>	1,43 t pro cm <sup>2</sup>	1,41 t pro cm <sup>2</sup>
an der Bieggrenze $\sigma =$	2,29 " "	2,10 " "	2,19 " "
a. d. Cohäsionsgrenze $\beta =$	3,62 " "	3,70 " "	3,66 " "
<b>Durchbiegung</b>			
a. d. Elasticitätsgrenze $f_{\gamma} =$	0,534 cm	0,541 cm	0,538 cm
an der Bieggrenze $f_{\sigma} =$	1,040 "	0,878 "	0,959 "
a. d. Cohäsionsgrenze $i_{\beta} =$	3,45 "	3,10 "	3,28 "
<b>Deformations-Arbeit</b>			
a. d. Elasticitätsgrenze $A_{\gamma} =$	0,073 m t	0,077 m t	0,075 m t
b. einer Faserspanng. v. 3,0 t pro cm <sup>2</sup> $A_{\beta} =$	0,556 "	0,544 "	0,550 "
b. einer Durchbiegung v. 1/250 d. Stützweite des Trägers $A =$	0,685 "	0,696 "	0,690 "

Bemerkung: In beiden Fällen trat an der Cohäsionsgrenze Querbruch der gespannten Faser in der Trägermitte ein.

## 1. Schlagprobe.

Die Zuverlässigkeitsverhältnisse des Materials selbst bei ausnahmsweise intensiven dynamischen Kraftwirkungen festzustellen, bezweckt die Schlagprobe. Aehnlich dem bei Prüfung des relativen Werthverhältnisses einiger Normalprofile in Fluss- und Schweisseisen betretenen Verfahren (1885), wurden auch diesmal

1. Schlagproben an tadellosen Gebrauchsstücken,
2. „ „ „ solchen Gebrauchsstücken ausgeführt, deren gespannte Fasern absichtlich beschädigt wurden.

Schlagproben der erstgenannten Kategorie sind ausgeführt worden

- an Stabeisenabschnitten,
- „ Zorès-Eisen,
- „ I-Eisen, endlich
- „ Blechbalken.

Die Schlagproben mit absichtlich beschädigten Gebrauchsstücken mussten auf Stabeisenabschnitte beschränkt bleiben, da einmal I-Eisen bloß in Schweisseisen zur Prüfung gelangten, andererseits die Herstellungskosten genieteteter Balken die Vornahme solcher Proben nicht gestatteten.

Die tadellosen Gebrauchsstücke sind ohne weitere Appretur den Schlagproben unterworfen worden. In der Serie der Schlagproben mit absichtlich beschädigten Gebrauchsstücken kamen Versuchskörper zur Anwendung, deren gespannte Fasern auf die ganze Rreite vorangehend auf ca. 1,5 mm Tiefe mittelst Kreuzmeissels scharf durchgehauen wurden.

Bis auf die Schlagproben mit Blechbalken, die im Arsenal zu Malines ausgeführt wurden, vergl. Seite 13, sind sämtliche in vorliegendem Berichte angegebenen Resultate von Schlagproben in Zürich und zwar unter Benutzung des Schienenschlagwerks der schweiz. N.-O.-B. gewonnen worden. Bezüglich der Construction des letztern diene Folgendes:

Auf einem ca. 1,5 m tief in den Boden eingelassenen Bétonklotz ist ein aus starken I-Eisen gebildeter Rahmen angebracht, der die beiden keilartigen, oben abgerundeten Auflagerschneiden trägt. Seitlich dieser Schneiden wurden dreieckförmige, aus Stahl-

blech und Winkeleisen gebildete Führungsrahmen angebracht, welche das zwischengeschobene, auf die Lagerschneiden aufgesetzte Prüfungsobjekt gegen Umkippen sichern sollten. Mittelst hölzerner Keile wurde jedes Probestück zwischen den Führungsbacken eingeklemmt. Der Abstand der Lagerschneiden betrug genau  $1,0\ m$ .

Das Schlagwerk des „Laboratoire d'essais“ zu Malines hier näher zu beschreiben, würde zu weit führen. Wir müssen uns begnügen anzuführen, dass die auf Mauerwerk fundirte Chabotte  $11,0\ t$  wiegt; der Rahmen, zwischen welchem das Fallgewicht spielt, aus  $\Gamma$ -Eisen gebildet ist, auf deren nach Innen gekehrten Flanschen Eisenbahnschienen aufgenietet wurden. Die Höhe des Schlagwerks beträgt ca.  $15\ m$ ; der Antrieb geschieht maschinell, die Arretirung der Bewegung durch sinnreich disponirte Bremsbänder, die ein Mann bedient. Die Auslösevorrichtung weicht von der, die die München-Dresdener-Conferenz zur Anwendung empfahl ab, entspricht jedoch der Forderung eines tadellosen Ablassens des Fallgewichts. Die Lagerung der Versuchsobjecte geschieht auf  $45\ cm$  hohen keilförmigen Gussklötzen, die mit  $2,0\ cm$  Radius abgerundet sind. Dieses Schlagwerk arbeitet sehr schön; zu Folge des exacten Aufschlags des Fallgewichts blieben die Probekörper meist noch nach dem dritten Schlag fast vollkommen gerade und zeigten lediglich blos den unvermeidlichen Beginn des Windschiefwerdens, bezw. des Ausbauchens des Steges.

Zu den in Malines ausgeführten Schlagproben wurde ein Fallgewicht von  $1000\ kg$  benützt. Die Fallhöhe betrug

	beim 1. Schlag: das 2,5-fache,
„ 2. „	„ 5,0- „
„ 3. „	„ 7,5- „

bei jedem weitem Schlag das  $10,0$ -fache der Steghöhe des betr. Blechbalkens.

Sämmtliche Schlagproben an  $\Gamma$ -Eisen wurden mit einer Fallarbeit, proportional dem Trägheitsmomente des betreffenden Profils, ausgeführt. Für das deutsche Normalprofil No. 40 konnte die Fallarbeit pro Schlag zu:  $3,0\ m\ t$  angenommen werden.

Bezeichnet sonach

$J$  in  $cm^4$  das Trägheitsmoment eines Profils bestimmter Höhe;  
 $J_0$  " " " " " des deutsch. Normalprofils No. 40  
 so beträgt die pro Schlag auf das Profil  $J$  auszuübende Arbeit

$$A = 3,0 \cdot \frac{J}{J_0}$$

konnte also Fall für Fall rechnungsmässig bestimmt werden.

Die Stützweite der Träger in der Schlagprobe war konstant und = 1,0 m. Für die Träger von 40,0 bis incl. 24,0 cm Höhe betrug das Fallgewicht 0,5 t, für alle andern dagegen 0,3 t. Unter Zugrundelegung der vorangehend berechneten Werthen  $A$  und der angenommenen Fallgewichte wurde für jedes Profil die zugehörige Fallhöhe ermittelt und für die Dauer des Versuchs unverändert beibehalten. Jedes I-Eisen wurde somit mit einem bestimmten Fallgewicht aus ein und derselben Höhe so oft geschlagen, bis Querbruch eintrat oder Windschiefwerden des Trägers eine weitere Behandlung unter dem Schlagwerke hinderte. Dabei ist das Aufgehen von Schweissnähten nicht als metallischer Bruch angesehen worden.

Sämmtliche Zorès-Eisen sind bei 1,0 m Freilage mit einem Fallgewichte von 0,3 t auf Schlag- oder Stossfestigkeit geprüft worden. Auch hier ist die Fallarbeit proportional den Trägheitsmomenten der Zorèsprofile und zwar für die Vautrin-Schwelle No. 126 mit 31,0 kg Gewicht pro l. m. zu 0,3 m t angenommen worden, woraus sich sodann Fall für Fall die Fallhöhe rechnungsmässig ermitteln liess.

Zur Einsichtnahme in die Art der Ausführung unserer Schlagproben lassen wir nachstehend einige einschlägige Protokoll-Ausfertigungen folgen.

## Schlagprobe No. 9.

I-Eisen, Deutsches Normalprofil Nr. 20. Material: Schweisseisen.

Stützweite: 100 cm; Fallgewicht: 0,3 t.

Prot.-No. 1111.

No. 44.

Schlag No.	Fall- höhe $h$ in $m$	Durchbiegung $f$ in $cm$		Arbeitsleistg. in $tm$		Bemerkungen
		obere Flansche	untere Flansche	einzeln	total	
1	0,70	0,30	0,15	0,21		Obere Flansche an der Aufschlag-Stelle zeigt Spuren einer Schweissnaht.
2	"	0,40	0,30	0,21		Wie vorher.
3	"	0,60	0,50	0,21		Beginn der Ausbauchung des Steges.
4	"	0,85	0,60	0,21		Wie vorher, allmählig wachsend.
5	"	1,15	0,80	0,21		" " "
6	"	1,40	0,90	0,21		" " "
7	"	1,55	1,00	0,21		" " "
8	"	1,90	1,25	0,21		" " "
9	"	2,20	1,50	0,21		" " "
10	"	2,50	1,60	0,21	2,10	Steg zeigt auf beiden Seiten feine Anrisse c. 5 cm lang. Untere Flansche zeigt an einem Ende über dem Auflager eine 9 cm lange offene Schweissnaht; am andern Ende ist sie auf 15 cm gespalten; vergl. Fig. 23. Obere Flansche zeigt eine ca. 15 cm lange, offene Schweissnaht.

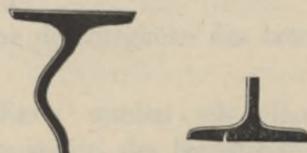


Fig. 23.

## Schlagprobe No. 10.

I-Eisen, Deutsches Normalprofil No. 20. Material: Schweisseisen.

Stützweite: 100 cm; Fallgewicht: 0,3 t.

Prot.-No. 1112.

No. 45.

Schlag No.	Fall- höhe $h$ in $m$	Durchbiegung $f$ in $cm$		Arbeitsleistg. in $tm$		Bemerkungen
		obere Flansche	untere Flansche	einzel	total	
1	0,70	0,15	0,15	0,21		<b>Untere Flansche</b> an einem Ende anrissig.
2	"	0,50	0,35	0,21		Wie vorher.
3	"	0,60	0,50	0,21		Wie vorher.
4	"	0,90	0,65	0,21		<b>Obere Flansche</b> zeigt an der Aufschlagstelle Spuren von Schweissnähten.
5	"	1,05	0,85	0,21		Beginn der Ausbauchung des Steges.
6	"	1,35	1,00	0,21		Alles wie vorher, allmählig wachsend.
7	"	1,60	1,15	0,21		" " " " " [baucht.
8	"	1,70	1,30	0,21		Alles w. vorher, <b>Steg</b> ziemlich stark ausge-
9	"	2,15	1,60	0,21		Spur eines Anrisses auf einer Stegseite.
10	"	2,30	1,65	0,21		Spur eines Anrisses auf der andern Seite.
11	"	2,70	1,90	0,21	2,31	Steg zeigt auf beiden Seiten metallische Anrisse von ca. 4—6 cm Länge. <b>Untere Flansche</b> an einem Ende auf c. 17 cm Länge gespalten; am anderen Ende u. z. über dem Auflager ist eine 10 cm lange Schweissnaht offen; vergl. Fig. 24. <b>Obere Flansche</b> leicht seitlich verwunden.



Fig. 24.

## Schlagprobe No. 6.

Blechbalken sign. B. 4672; Steghöhe: 50 cm;

No. 46.

Material: Schweisseisen.

Prot.-No. 1152.

Anzahl der Schläge	Fallhöhe in m	Schlagarbeit m t		Durchbiegung der Gurtlamelle			
		einzel	total	oben	unten	im Mittel	Diff.
1	1,25	1,25		0,55	0,35	0,45	
2	2,50	2,50	3,75	1,45	1,10	1,28	0,83
3	3,75	3,75	7,50	2,80	2,33	2,56	1,28
4	5,00	5,00	12,50	4,75	4,10	4,43	1,87
5	5,00	5,00	17,50	Totaler Querbruch.			

## Bemerkungen.

1. Schlag: Träger vollkommen gerade; obere Gurtlamelle zu beiden Seiten der Aufschlagfläche über dem Steg längsrissig. Risslänge ca. 11 cm.

2. Schlag: Träger vollkommen gerade; obere Gurtlamelle anrissig wie vorher; Risslänge ca. 26 $\frac{1}{2}$  cm. Steg unter den obern Gurtwinkeln schwach verbogen; In Nähe der Nullaxe treten horizontale Spannungstrajektorien auf. Alle Nieten intakt.

Voreilen des Untergurts: Spur.

3. Schlag: Träger fast gerade; obere Gurtlamelle anrissig wie vorher; Risslänge ca. 29 $\frac{1}{2}$  cm. Steg schwach verbogen; am Stege treten neben den horizontalen Spannungslinien auch die von den Gurnieten ausgehenden — jedoch nur schwach ausgeprägt — auf.

4. Schlag. Träger schwach windschief; obere Gurtlamelle über dem Stege stark längsrissig. Risslänge ca. 30 cm. Zwischen den vertikalen Ständern des Trägers ist der Steg ausgebaucht und zeigt, von einem der mittleren Nieten am Untergurt ausgehend, einen einseitigen Riss; v. Fig. 25.

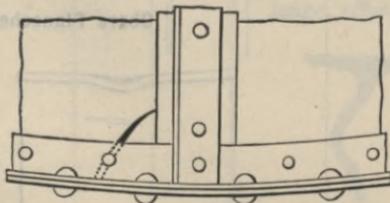


Fig. 25.

Am Obergurt 2 Köpfe der Vertikal-Nieten abgesprengt.

Voreilen des Untergurts ca. 0,30 cm.

5. Schlag: Totaler Querbruch; vergl. Fig. 26.

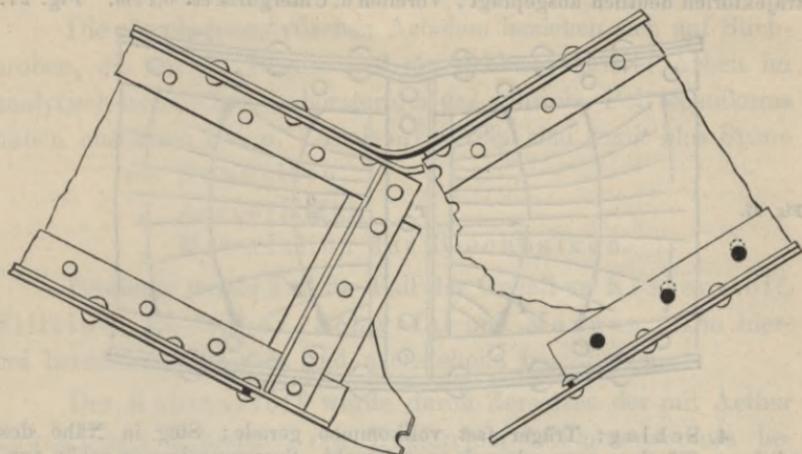


Fig. 26.

4 Stück Nieten abgeschert.

Spannungslinien schwach ausgeprägt!  
Voreilen des Untergurts ca. 0,5 cm.

### Schlagprobe No. 7.

Blechbalken sign. A. 4671; Steghöhe: 50 cm;

No. 47.

Material: Flusseisen.

Prot.-No. 1153

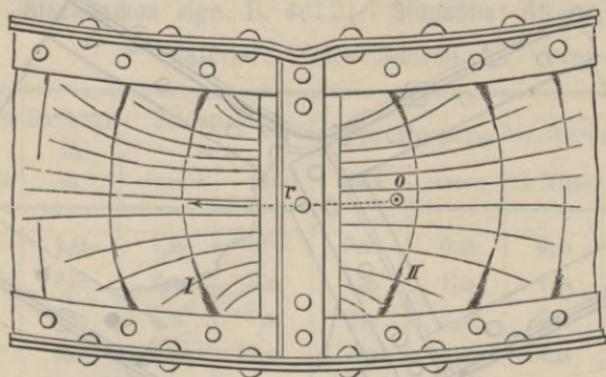
Anzahl der Schläge	Fallhöhe in m	Schlagarbeit m t		Durchbiegung der Gurtlamelle			
		einzel	total	oben	unten	im Mittel	Diff.
1	1,25	1,25		0,63	0,30	0,46	
2	2,50	2,50	3,75	1,35	1,00	1,18	0,72
3	3,75	3,75	7,50	2,45	2,10	2,28	1,10
4	5,00	5,00	12,50	4,03	3,80	3,92	1,64
5	5,00	5,00	17,50	5,75	5,70	5,72	1,80
6	5,00	5,00	22,50	8,00	7,95	7,98	2,26

#### Bemerkungen.

1. Schlag: Träger vollkommen gerade; Alles intakt.
2. Schlag: Träger vollkommen gerade; Alles intakt. Beginn des Auftretens der Spannungstrajektorien. Spur von Voreilen des Untergurts.

3. Schlag: Träger gerade; Alles vollkommen intakt. Spannungstrajektorien deutlich ausgeprägt; Voreilen d. Untergurts ca. 0,4 cm. Fig. 27.

Fig. 27.



4. Schlag: Träger fast vollkommen gerade; Steg in Nähe des mittleren Ständers ganz schwach ausgebaucht. Spannungskurven schön ausgeprägt. Voreilen des untern Gurts ca. 0,55 cm.

Am Obergurt 1 Nietkopf der Vertikalnieten abgesprengt.

Am Untergurt einer der mittleren Horizontalnieten abgeschert; ebenso der letzte Niet; vergl. Fig. 28.

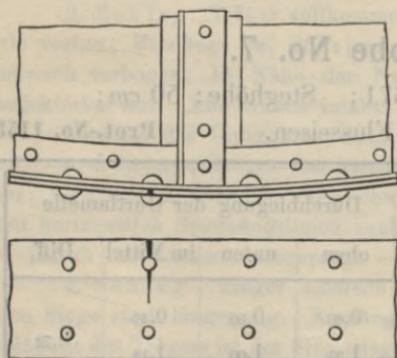


Fig. 29.

5. Schlag: Träger fast vollkommen gerade; Steg schwach ausgebaucht; Spannungslinien deutlich ausgeprägt.

Am Obergurt 1 weiterer Nietkopf der Vertikalnieten abgesprengt.

Am Untergurt, in Nähe der Mitte 3 horizontale Nieten abgeschert, überdies 3 Nietköpfe abgesprengt.

Träger ist vollkommen rissfrei.

6. Schlag: Träger wird windschief; Steg ziemlich stark ausgebaucht, Ständer gelockert und schief gestellt.

Am Obergurt: 7 Stück Nietköpfe abgesprengt.

Am Untergurt: 3 Nieten abgeschert. Die Gurtlamelle an einem Nietloch anrissig; vergl. Fig. 25.

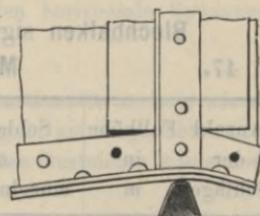


Fig. 28.

### m. Die chemische Analyse (nach Prof. Dr. Treadwell).

Die chemisch-analytischen Arbeiten beziehen sich auf Stichproben, die wir bei Beginn und am Schlusse unserer Arbeit im analytisch-technischen Laboratorium des schweiz. Polytechnikums haben ausführen lassen. Analysirt worden sind somit blos Späne

von Rundeisen,

„ Zorès-Eisen,

„ Materialien der Blechbalken.

Bestimmt wurde Fall für Fall der Gehalt an Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, Schwefel und Mangan. Die hierbei benutzten Methoden sind nachstehend beschrieben.

Der Kohlenstoff wurde durch Zersetzen der mit Aether gewaschenen Bohrspäne mit Kupferchlorid-Chlorammonium bestimmt. Der ausgeschiedene Kohlenstoff wurde sodann nach der durch Fresenius modificirten Ullgren'schen Methode mit Chromsäure verbrannt, das gebildete Kohlendioxyd in Kalibimstein aufgefangen, gewogen und daraus der Kohlenstoff berechnet.

Bestimmung des Siliciums und des Phosphors. Eine gewogene Menge Bohrspäne wurde in Salpetersäure (spez. Gewicht 1,20) gelöst, die Lösung in einer Porzellanschale zum Trocknen verdampft und schliesslich über freier Flamme bis zur vollständigen Zerstörung der Nitate geglüht. Der trockene Rückstand wurde hierauf mit concentrirter Salzsäure behandelt und abermals zur Trockne verdampft, sodann mit Salzsäure befeuchtet und mit heissem Wasser aufgenommen und filtrirt, geglüht, mit Soda aufgeschlossen und aus der Schmelze die Kieselsäure wie gewöhnlich bestimmt. Die beiden Filtrate dienen zur Phosphorbestimmung. Sie wurden vereinigt, wiederholt mit Salpetersäure zur Trockne verdampft und aus der 20—50 cm<sup>3</sup> einnehmenden salpetersauren Lösung die Phosphorsäure nach der Molybdrat' Methode bestimmt.

In einer besondern Probe wurde der Schwefel und das Mangan bestimmt. Der Schwefel wurde nach Landolt's Methode ermittelt. Eine gewogene Portion Bohrspäne wurde in Salzsäure gelöst und die sich entwickelnden Gase in Bromsalz-

säure aufgefangen. Der in Schwefelsäure verwandelte Schwefel wurde sodann mit Chlorbarium gefällt und das Bariumsulfat gewogen.

Der beim Lösen des Eisens zurückgebliebene Rückstand wurde filtrirt, getrocknet, mit Soda und Salpeter geschmolzen, mit Salzsäure behandelt und die möglicher Weise noch vorhandenen Spuren von Schwefelsäure mit Chlorbarium gefällt, gewogen und zur obigen Bariumsulfat-Menge addirt. Aus dem gesammten Bariumsulfat wurde schliesslich der Schwefel berechnet.

Die salzsaure Lösung diente zur Bestimmung des Mangans nach Pattinson's Methode. Zu diesem Ende wurde die Lösung, welche circa 1,0 gr. Eisen enthielt, mit Salpetersäure oxidirt, mit Calciumcarbonat fast neutralisirt; die Lösung, welcher 4 gr Calciumcarbonat, 30  $cm^3$  Chlorkalklösung (15 Gr. in 1 Liter), dann nochmals 4 gr Calciumcarbonat beigelegt wurde, ist mit siedendem Wasser auf ca. 500  $cm^3$  verdünnt worden. Der Niederschlag, welcher das gesammte Mangan als Manganbioxyd enthält, wurde filtrirt und mit Ferrosulfatlösung titrirt. Aus der verbrauchten Menge der Ferrosulfatlösung wurde das Mangan berechnet.

# Resultate

der

## Prüfung der Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse

der Erzeugnisse der

Eisenwerke der HH. De Wendel & Comp. in Hayange.

### I. Rundeisen.

Wir lassen die Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse der Rundeisen von Hayange in folgender Reihe aufeinander folgen:

1. Chemische Zusammensetzung;
2. Zusammenstellung der Resultate der Zerreißproben;
3. Resultate der Kaltbruchproben;
4. " " Rothbruchproben;
5. " " Stauchproben;
6. " " Kaltschmiedeproben;
7. " " Warmschmiedeproben;
8. Vergleichende Zusammenstellung der Resultate der Druckversuche.

Die an Rundeisen ausgeführten Knickversuche sind besserer Uebersicht willen der Zusammenstellung der Ergebnisse der Knickproben, ausgeführt an Formeisen, einverleibt worden.

#### 1. Chemische Zusammensetzung der Rundeisen.

Späne entnommen den 3,0 cm starken Rundstäben in Fluss- und Schweisseisen ergaben

an	C	P	S	Si	Mn
beim Flusseisen	0,059 ‰	0,047 ‰	0,047 ‰	0,004 ‰	0,515 ‰
b. Schweisseisen	0,014 "	0,451 "	0,048 "	0,146 "	0,055 "



### 3. Resultate der Kaltbruchproben,

vergl. die Abbildungen auf Taf. III.

Laufende Nr.	Material	Ursprüngl. Stärke des Bundeisens cm	Bemerkungen
1	Flusseisen	1,0	Vollk. zusammengelegt; Probe an der Biegungsstelle [anrissig.
2	Schweisseisen	"	Vollk. zusammengelegt; Probe an der Biegungsstelle [querrissig.
3	Flusseisen	1,5	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
4	Schweisseisen	"	Zur Schleife gebogen; Stab a. d. Biegungsstelle quer- [rissig.
5	Flusseisen	2,0	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
6	Schweisseisen	"	Zur Schleife gebogen; Stab wird lokal stark querrissig.
7	Flusseisen	2,5	Um 180° gebogen ohne Bruch.
8	Schweisseisen	"	Um 180° gebogen; Stab wird querrissig.
9	Flusseisen	3,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.
10	Schweisseisen	"	Um 180° gebogen; Stab längs einer Schweissnaht [querrissig.
11	Flusseisen	3,5	Um 180° gebogen; Bruch an einem der Schenkel.
12	Schweisseisen	"	Bei 100° durchgreifender Querbruch.
13	Flusseisen	4,0	Um 180° gebogen; sodann tritt durchgreif. Querbruch [ein.
14	Schweisseisen	"	Um 180° gebogen; Schweissnaht offen; Stab schwach [querrissig.
15	Flusseisen	4,5	Um 180° gebogen ohne Bruch.
16	Schweisseisen	"	Um 180° gebogen; Stab stark querrissig.
17	Flusseisen	5,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.
18	Schweisseisen	"	Bei 110° wird die gespannte Faser querrissig.

## 4. Resultate der Rothbruchproben,

vergl. die Abbildungen auf Taf. IV.

Laufende Nr.	Material	Ursprüngl. Stärke des Bundeisens mm	Bemerkungen
1	Flusseisen	1,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
2	Schweisseisen	"	" " " "
3	Flusseisen	1,5	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
4	Schweisseisen	"	" " " "
5	Flusseisen	2,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
6	Schweisseisen	"	" " " "
7	Flusseisen	2,5	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
8	Schweisseisen	"	" " " "
9	Flusseisen	3,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
10	Schweisseisen	"	" " " "
11	Flusseisen	3,5	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
12	Schweisseisen	"	" " " "
13	Flusseisen	4,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
14	Schweisseisen	"	" " " "
15	Flusseisen	4,5	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
16	Schweisseisen	"	" " " "
17	Flusseisen	5,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
18	Schweisseisen	"	" " " "

## 5. Resultate der Stauchproben,

vergl. die Abbildungen auf Taf. V.

Lauf. No.	Material	Ursprünglich.		Höhe der gestauch. Probe		Abminderung der ursprünglichen Höhe		Be- merkungen
		Durch- messer cm	Höhe cm	beim 1. Riss cm	schliess- lich cm	beim 1. Riss in %	schliess- lich in %	
1	Flusseisen	1,0	2,0	—	0,48	—	76	Von Hand gestauch.
2	Schweisseisen	1,0	2,0	c 1,00	0,89	c. 50	55	
3	Flusseisen	1,5	3,0	—	0,74	—	75	
4	Schweisseisen	1,5	3,0	c 2,00	1,61	c. 33	46	
5	Flusseisen	2,0	4,0	—	0,87	—	78	
6	Schweisseisen	2,0	4,0	c 3,00	1,32	c. 25	67	
7	Flusseisen	2,5	5,0	—	1,22	—	76	Unter einem leichten Federhammer gestauch.
8	Schweisseisen	2,5	5,0	c 3,50	1,44	c. 30	71	
9	Flusseisen	3,0	6,0	—	1,63	—	73	
10	Schweisseisen	3,0	6,0	c 4,00	1,92	c. 33	68	
11	Flusseisen	3,5	7,0	—	1,90	—	73	
12	Schweisseisen	3,5	7,0	c 5,00	2,38	c. 29	66	
13	Flusseisen	4,0	8,0	—	2,50	—	69	
14	Schweisseisen	4,0	8,0	c 6,00	2,78	c. 25	65	
15	Flusseisen	4,5	9,0	—	2,60	—	71	
16	Schweisseisen	4,5	9,0	c 7,00	3,33	c. 22	63	
17	Flusseisen	5,0	10,0	—	3,90	—	61	
18	Schweisseisen	5,0	10,0	c 7,50	4,85	c. 25	52	
Massgebender Durchschnitt für Flusseisen:						—	72 %	
Schweisseisen:						c. 31 %	—	

## 6. Resultate der Kaltschmiedeproben,

vergl. die Abbildungen auf Taf. VI.

Laufende No.	Material	Ursprüng. Stärke des Rundeisens in cm	Massgebende Länge der Probe in cm		Streckung in % der ursprüngl. Länge	Bemerkungen
			ursprüngl.	gestreckt		
1	Flusseisen	1,0	6,0	—	—	} nicht geprüft.
2	Schweisseisen	1,0	6,0	—	—	
3	Flusseisen	1,5	6,0	8,5	41,0	Stab wird kern- u. querbrüchig.
4	Schweisseisen	1,5	6,0	6,0	0,0	" " besenbrüchig.
5	Flusseisen	2,0	6,0	8,5	41,0	Stab wird kernbrüchig.
6	Schweisseisen	2,0	6,0	6,0	0,0	" " besenbrüchig.
7	Flusseisen	2,5	6,0	7,5	25,0	[schlagen. Stab zerfällt n. einigen Hammer-
8	Schweisseisen	2,5	6,0	6,0	0,0	" wird besenbrüchig; zerfällt.
9	Flusseisen	3,0	6,0	6,5	10,0	Stab gänzlich zerfallen.
10	Schweisseisen	3,0	6,0	6,0	0,0	" wird besenbrüchig; zerfällt.
11	Flusseisen	3,5	6,0	6,0	0,0	Stab wird kernbrüchig.
12	Schweisseisen	3,5	6,0	6,0	0,0	" " besenbrüchig; zerfällt.
13	Flusseisen	4,0	6,0	6,0	0,0	[n. einigen Hammerschlägen. Stab wird kernbrüchig u. zerfällt
14	Schweisseisen	4,0	6,0	6,0	0,0	" wird kernbrüchig.
15	Flusseisen	4,5	6,0	6,0	0,0	[fläche ziemlich intakt. Stab wird kernbrüchig; Ober-
16	Schweisseisen	4,5	6,0	6,0	0,0	" wird besenbrüchig.
17	Flusseisen	5,0	6,0	6,0	0,0	Stab wird kernbrüchig.
18	Schweisseisen	5,0	6,0	6,0	0,0	" " "

## 7. Resultate der Warm Schmiedeproben,

vergl. die Abbildungen auf Taf. VII.

Laufende No.	Material	Ursprüngl. Stärke des Rundstahls in cm	Maassgebende Länge der Probe in cm		Streckung in % der ursprüngl. Länge	Bemerkungen
			ursprüngl.	gestreckt		
1	Flusseisen	1,0	5,0	10,5	110,0	Stab vollkommen intakt.
2	Schweisseisen	1,0	5,0	6,0	20,0	„ gespalten.
3	Flusseisen	1,5	5,0	26,0	420,0	Stab vollkommen intakt.
4	Schweisseisen	1,5	5,0	6,0	30,0	„ gibt ausgespr. Besenbruch.
5	Flusseisen	2,0	5,0	32,0	540,0	Stab vollkommen intakt.
6	Schweisseisen	2,0	5,0	8,5	70,0	„ gibt ausgespr. Besenbruch.
7	Flusseisen	2,5	5,0	61,5	1130,0	Stab vollkommen intakt.
8	Schweisseisen	2,5	5,0	8,0	60,0	„ gibt ausgespr. Besenbruch.
9	Flusseisen	3,0	5,0	35,0	600,0	Stab vollkommen intakt.
10	Schweisseisen	3,0	5,0	9,0	80,0	„ gibt ausgespr. Besenbruch.
11	Flusseisen	3,5	5,0	34,0	580,0	Stab vollkommen intakt.
12	Schweisseisen	3,5	5,0	6,5	30,0	„ gespalten.
13	Flusseisen	4,0	5,0	41,0	720,0	Stab vollkommen intakt.
14	Schweisseisen	4,0	5,0	11,5	130,0	„ gespalt.; Beginn d. Besen- [bruchs.
15	Flusseisen	4,5	5,0	38,0	660,0	Stab vollkommen intakt.
16	Schweisseisen	4,5	5,0	13,5	170,0	„ gespalten.
17	Flusseisen	5,0	5,0	40,0	700,0	Stab vollkommen intakt.
18	Schweisseisen	5,0	5,0	14,0	180,0	„ gespalten.

II. Stabeisen.

Die Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse der Stabeisen von Hayange sollen in folgender Reihe auf einander folgen :

1. Zusammenstellung der Resultate der Zerreißproben;
2. Resultate der Kaltbruchproben;
3. " " Rothbruchproben;
4. " " Warmausbreißeproben;
5. " " Kaltschmiedeproben;
6. " " Warmschmiedeproben;
7. " " Schweissproben;
8. " " Härteproben;
9. " " Biegeproben (Biegsamkeit);
10. " " Schlagproben.

## 1. Zusammenstellung der

Mit Ausnahme der Werthe von  $\varepsilon$  und  $\gamma$  sind sämtliche

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Stabeisen- stärke cm	Elasticitätsmodul		Elasticitätsgrenze		Streckgrenze	
			$\varepsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	$\varepsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	$\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>
1	Flusseisen	2,0: 1,0	2179		2,40		2,88	
2	Schweisseisen	"		1996		1,86		2,74
3	Flusseisen	4,0: 1,0	2144		2,37		2,91	
4	Schweisseisen	"		1982		1,58		2,42
5	Flusseisen	4,0: 2,0	2149		1,94		2,40	
6	Schweisseisen	"		1997		1,40		2,14
7	Flusseisen	6,0: 1,0	2106		2,27		2,76	
8	Schweisseisen	"		1945		1,66		2,46
9	Flusseisen	6,0: 2,0	2165		2,02		2,52	
10	Schweisseisen	"		2027		1,50		2,27
11	Flusseisen	6,0: 3,0	2178		1,92		2,48	
12	Schweisseisen	"		1994		1,79		2,22
13	Flusseisen	8,0: 2,0	2202		1,77		2,47	
14	Schweisseisen	"		2045		1,53		2,28
15	Flusseisen	8,0: 3,0	2151		1,78		2,57	
16	Schweisseisen	"		2034		1,43		2,14
17	Flusseisen	10,0: 3,0	2224		1,41		2,28	
18	Schweisseisen	"		2076		1,25		2,10
Mittel für Flusseisen			2167		1,99		2,58	
Mittel für Schweisseisen				2011		1,56		2,31

## Resultate der Zerreißproben.

Zahlen Mittelwerthe aus je 2 Versuchen.

Zugfestigkeit		Dehnungen				Contraction		Qual.-Coefficient nach Tetmajer	
$\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	$\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	pro 10 $\lambda_1$ %	cm $\lambda_1$ %	pro 20 $\lambda_2$ %	cm $\lambda_2$ %	$\varphi$ %	$\varphi$ %	c cm t	c cm t
4,15		28,1		22,7		68,4		0,94	
	3,94		23,7		21,2		35,0		0,89
4,36		30,7		24,6		60,0		1,07	
	3,84		14,8		13,9		19,2		0,52
4,12		33,1		29,8		62,9		1,23	
	3,69		22,6		19,3		26,4		0,74
4,24		32,9		25,3		62,3		1,08	
	3,53		12,4		12,1		15,5		0,43
4,31		35,8		28,9		52,6		1,24	
	3,63		24,3		21,6		22,0		0,79
4,37		35,6		29,5		55,4		1,29	
	3,50		13,4		12,6		17,5		0,44
4,28		36,0		29,1		55,5		1,23	
	3,64		21,5		19,6		21,4		0,72
4,33		36,9		29,0		56,6		1,26	
	3,56		13,7		11,2		16,7		0,40
4,08		40,0		31,3		60,1		1,26	
	3,56		14,9		13,0		19,0		0,46
4,26		34,3		27,8		59,3		1,18	
3,65			17,9		16,0		21,4		0,60

## 2. Resultate der Kalt- und Rothbruchproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Stärke der Stabeisen in cm	Bemerkungen bezüglich der Kaltbruchproben	Rothbruchproben
1	Flusseisen	2,0 : 1,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
2	Schweisseisen	" "	" " Stab wird querrissig.	" " "
3	Flusseisen	4,0 : 2,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
4	Schweisseisen	" "	" " Stab wird querrissig.	Wie vorher; Schweissnäthe geöffnet.
5	Flusseisen	6,0 : 2,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
6	Schweisseisen	" "	Bei 104° wird der Stab querrissig.	Wie vorher; eine Schweissnäthe offen.
7	Flusseisen	6,0 : 3,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
8	Schweisseisen	" "	Bei 75° wird der Stab querrissig.	" " "
9	Flusseisen	8,0 : 2,0	Vollkommen gefaltet, Stab w. gegenbrüch.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
10	Schweisseisen	" "	Bei 75° wird der Stab stark querrissig.	Wie vorher; eine Schweissnäthe offen.
11	Flusseisen	8,0 : 3,0	Um 180° geb. Beim Falten tritt Querbr. ein.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
12	Schweisseisen	" "	Bei 64° wird der Stab stark querrissig.	" " "
13	Flusseisen	10,0 : 3,0	Um 165° geb. Beim Falten tritt Querbr. ein.	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
14	Schweisseisen	" "	Bei 52° wird der Stab stark querrissig.	" " "

### 3. Resultate der Warm-Ausbreiteproben,

vergl. die Abbildungen auf Taf. VIII.

Lauf. No.	Material	Massgebenden, ursprüngl. Stabeisen- Abmessungen in cm			Mittlere Abmessungen der Probe nach der Breitung in cm			Bemerkungen
		Länge	Breite	Dicke	Länge	Breite	Dicke	
1	Flusseisen	6,0	2,0	1,0	11,5	2,7	0,40	Stab vollkommen intakt.
2	Schweisseisen	"	"	"	8,0	2,7	0,50	Stab am Ende rissig.
3	Flusseisen	6,0	6,0	2,0	13,0	9,4	0,60	Stab vollkommen intakt.
4	Schweisseisen	"	"	"	9,8	7,3	0,95	Stab am Ende rissig.
5	Flusseisen	6,0	6,0	3,0	14,0	8,5	0,70	Stab vollkommen intakt.
6	Schweisseisen	"	"	"	15,0	10,9	0,55	Stab am Ende rissig.
7	Flusseisen	6,0	8,0	2,0	16,5	10,8	0,50	Stab vollkommen intakt.
8	Schweisseisen	"	"	"	15,0	8,4	0,40	Stab am Ende rissig.
9	Flusseisen	6,0	8,0	3,0	19,5	10,3	0,60	Stab vollkommen intakt.
10	Schweisseisen	"	"	"	16,0	11,5	0,60	Stab am Ende schiefrig und rissig.
11	Flusseisen	6,0	10,0	3,0	16,0	12,0	0,65	Stab vollkommen intakt.
12	Schweisseisen	"	"	"	17,5	11,0	0,75	Stab am Ende u. auf einer Schmalseite rissig.

## 4. Resultate der Kalt-

## A. Kaltschmiedeproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Stärke des Stabeisens cm	Massgebende Länge der Probe in cm		Streckung in % der ur- sprügl. Stablänge.	Bemerkungen
			ur- sprügl.	ge- streckt		
1	Flusseisen	2,0 : 1,0	6,0	7,5	c. 25	Stab an der Uebergangsstelle rissig.
2	Schweisseisen	"	6,0	6,5	c. 8	Stab gespalten.
3	Flusseisen	6,0 : 2,0	6,0	8,0	c. 33	Stab rissig.
4	Schweisseisen	"	5,0	—	—	Stab nach wenigen Hammerschlägen gespalten, wird später besenbrüchig.
5	Flusseisen	6,0 : 3,0	5,5	8,5	c. 54	Querbruch an der Uebergangsstelle.
6	Schweisseisen	"	6,0	—	—	Stab wird bei Beginn der Streckung besenbrüchig.
7	Flusseisen	8,0 : 2,0	6,0	—	—	Stab wird bei Beginn der Streckung rissig.
8	Schweisseisen	"	6,0	—	—	Stab ist bei Beginn der Streckung gespalten.
9	Flusseisen	8,0 : 3,0	5,0	—	—	Stab wird bald nach Beginn der Streckung kernbrüchig u. zerfällt.
10	Schweisseisen	"	6,0	—	—	Stab ist bei Beginn der Streckung gespalten.
11	Flusseisen	10,0 : 3,0	6,0	—	—	Alles wie bei Nr. 9.
12	Schweisseisen	"	6,0	—	—	Alles verläuft ähnlich wie bei Nr. 10.

## und Warm Schmiedeproben.

## B. Warm Schmiedeproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Stärke des Stabeisens cm	Massgebende Länge der Probe in cm		Streckung in % der ur- sprügl. Stablänge	Bemerkungen
			ur- sprügl.	ge- streckt		
1	Flusseisen	2,0 : 1,0	6,0	16,5	c. 175	Stab vollkommen intakt.
2	Schweisseisen	"	6,0	11,0	c. 83	Stab am Ende mehrfach gespalten.
3	Flusseisen	6,0 : 2,0	6,0	25,5	c. 325	Stab vollkommen intakt.
4	Schweisseisen	"	5,0	11,5	c. 130	Stab mehrfach längsrissig.
5	Flusseisen	6,0 : 3,0	5,0	38,0	c. 560	Stab vollkommen intakt.
6	Schweisseisen	"	5,5	16,0	c. 190	Stab gespalten, am Ende besen- brüchig.
7	Flusseisen	8,0 : 2,0	5,0	27,0	c. 450	Stab vollkommen intakt.
8	Schweisseisen	"	5,0	9,0	c. 80	Stab gespalten, am Ende besen- brüchig.
9	Flusseisen	8,0 : 3,0	5,0	34,0	c. 580	Stab vollkommen intakt.
10	Schweisseisen	"	4,0	13,0	c. 225	Stab am Ende gespalten.
11	Flusseisen	10,0 : 3,0	5,0	31,5	c. 530	Stab vollkommen intakt.
12	Schweisseisen	"	4,0	12,4	c. 210	Stab am Ende gespalten.

## 5. Zusammenstellung der Resultate

Lauf- No.	Material	Beschaffenheit der Probe	Ursprüngliche Stärke des Stabeisens in cm	Anzahl der Einzel- versuche.	Streck- Grenze		Zug- festigkeit
					t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	
1	Flusseisen	ungeschweisst	4,0 : 1,0	3	2,91	4,39	
2	"	geschweisst	" "	3	3,18	4,39	
		Mittlere Differenzen			0,27	0,00	
		Aenderungen in % der urspr. Werthe			+ 9,3	0,00	
3	Schweisseisen	ungeschweisst	4,0 : 1,0	3	2,53	3,83	
4	"	geschweisst	" "	3	3,67	3,92	
		Mittlere Differenzen			0,14	0,09	
		Aenderungen in % der urspr. Werthe			+ 5,5	+ 2,4	
5	Flusseisen	ungeschweisst	4,0 : 2,0	3	2,35	4,05	
6	"	geschweisst	" "	3	2,64	4,09	
		Mittlere Differenzen			0,29	0,04	
		Aenderungen in % der urspr. Werthe			+ 12,3	+ 1,0	
7	Schweisseisen	ungeschweisst	4,0 : 2,0	3	2,17	3,65	
8	"	geschweisst	" "	3	2,33	2,89	
		Mittlere Differenzen			0,16	0,76	
		Aenderungen in % der urspr. Werthe			+ 7,4	- 20,7	
9	Flusseisen	ungeschweisst	6,0 : 1,0	3	2,80	4,29	
10	"	geschweisst	" "	3	3,15	4,24	
		Mittlere Differenzen			0,35	0,05	
		Aenderungen in % der urspr. Werthe			+ 12,5	- 1,2	
11	Schweisseisen	ungeschweisst	6,0 : 1,0	3	2,54	3,58	
12	"	geschweisst	" "	3	2,49	3,62	
		Mittlere Differenzen			0,05	0,04	
		Aenderungen in % der urspr. Werthe			- 2,0	+ 1,1	

## der Schweissproben.

Dehnung in % pro	Con- traction	Qualitäts- Coefficient nach Tetmajer	Bemerkungen	
				10 cm
29,8	24,0	59,8	1,05	[zur Sehne.
16,7	13,8	33,6*	0,62	Material fehlerfr.; m. ausgesproch. Tendenz
13,1	10,2	26,2	0,43	Schweissung war in einem Fall vorzüglich.
-44,0	-42,5	-44,0	-40,9	
13,4	12,6	19,1	0,47	Material sehnig, ziemlich kurz.
13,3	10,2	18,0	0,40	Schweissung ist in beiden Fällen sehr gut
0,1	2,4	1,1	0,07	[ausgefallen.
-0,7	-19,0	-5,7	-14,9	
33,6	28,3	64,4	1,15	[zur Sehne.
32,4	24,7	65,4	1,01	Material fehlerfr.; m. ausgesproch. Tendenz
1,2	3,6	1,0	0,14	Schweissung beider Stäbe war vorzüglich
3,6	-12,7	+ 1,5	-12,2	[ausgefallen.
22,6	19,6	25,2	0,72	Material sehnig, ziemlich kurz.
6,5	6,3	6,8	0,22	Schweissung beider Stäbe war schlecht
16,1	13,3	18,4	0,50	[ausgefallen.
-71,4	-68,0	-73,0	-69,5	
32,9	25,7	60,0	1,11	[zur Sehne.
16,8	13,7	35,4	0,61	Material fehlerfr.; m. ausgesproch. Tendenz
16,1	12,0	24,6	0,50	Schweissung war in einem Falle gut aus-
-49,0	-46,6	-41,0	-45,0	[gefallen.
12,8	12,2	16,5	0,44	Material war durchweg kurz — sehnig.
11,7	10,8	17,1	0,39	Schweissung war in beiden Fällen befrie-
1,1	1,4	0,6	0,05	[digend.
-8,6	-11,5	+ 3,6	-11,4	

\*) unsicher.

## 6. Zusammenstellung der Resultate der Härte-ZerreiBproben.

Lauf- No.	Material	Beschaffenheit der Probe	Ursprüngliche Stärke des Stabeisens in cm	Anzahl der Einzel- Proben	Streck- Grenze t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit t pro cm <sup>2</sup>	Dehnung in %		Con- traction in %	Qual- coeff. nach Tet- majer
							10 cm	20 cm		
1	Flusseisen*)	nicht gehärtet	4,0 : 1,0	3	2,87	4,85	30,9	24,9	60,9	1,08
2	"	gehärtet	"	1	4,86	6,50	17,6	15,1	44,4	0,88
3	"	"	"	1	4,87	6,56	17,6	14,3	44,0	0,94
Mittlere Differenzen					1,45	2,18	13,3	10,2	16,7	0,12
Aenderung in % d. urspr. Werthe					+ 50,5	+ 50,1	- 43,0	- 40,9	- 27,4	- 11,1
4	Schweißeisen**)	nicht gehärtet	4,0 : 1,0	3	2,51	3,84	14,6	13,2	19,5	0,50
5	"	gehärtet	"	1	2,63	3,94	12,9	11,7	19,2	0,46
6	"	"	"	1	2,59	3,94	15,4	15,0	18,5	0,39
Mittlere Differenzen					0,10	0,10	0,4	0,1	0,6	0,02
Aenderung in % d. urspr. Werthe					+ 3,9	+ 2,6	- 2,7	+ 0,7	- 3,1	+ 4,0
7	Flusseisen	nicht gehärtet	6,0 : 1,0	3	2,81	4,36	35,0	26,9	59,4	1,15
8	"	gehärtet	"	1	4,45	6,45	20,1	15,1	42,3	0,97
9	"	"	"	1	4,58	6,61	19,1	15,2	37,5	1,00
Mittlere Differenzen					1,71	2,27	15,4	11,7	19,5	0,16
Aenderung in % d. urspr. Werthe					+ 60,8	+ 53,3	- 44,0	- 43,5	- 32,8	- 13,9
10	Schweißeisen	nicht gehärtet	6,0 : 1,0	3	2,49	3,62	13,9	13,3	16,9	0,49
11	"	gehärtet	"	1	2,42	3,81	14,9	14,8	16,0	0,56
12	"	"	"	1	2,39	3,75	14,7	13,2	17,1	0,50
Mittlere Differenzen					0,08	0,16	0,9	0,7	0,3	0,04
Aenderung in % d. urspr. Werthe					- 3,2	+ 4,4	+ 6,5	+ 5,3	- 1,8	+ 8,2

\*) Die Bruchflächen der ZerreiBproben des nicht gehärteten Flusseisens waren durchweg sehlg; fehlerfrei.  
 \*\*) Das Schweißeisen war sehlg; eine Strukturänderung in gehärtetem Zustande konnte nicht konstatiert werden.

## 7. Resultate der Härte-Biegeproben.

Lauf. No.	Material	Beschaffenheit	Ursprüngl. Stärke des Stabeisens in cm	Bemerkungen
1	Flusseisen	ungehärtet	2,0 : 1,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.
2	"	"	" "	" " " " "
3	Flusseisen	gehärtet	2,0 : 1,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.
4	"	"	" "	" " " " "
5	Schweisseisen	ungehärtet	2,0 : 1,0	Um 180° gebogen, Stab wird querrissig.
6	"	"	" "	" " " " "
7	Schweisseisen	gehärtet	2,0 : 1,0	Um 180° gebogen, Stab wird querrissig.
8	"	"	" "	" " " " "
9	Flusseisen	ungehärtet	8,0 : 2,0	Um 180° gebogen; beim Falten gebroch.
10	"	"	" "	" " " " "
11	Flusseisen	gehärtet	8,0 : 2,0	Um 180° gebogen ohne Bruch.
12	"	"	" "	" " " beim Falten gebroch.
13	Schweisseisen	ungehärtet	8,0 : 2,0	Bis 80° masch. gebog.; Stab wird quer- [rissig.
14	"	"	" "	" 90° " " " " "
15	Schweisseisen	gehärtet	8,0 : 2,0	Bis 53° masch. gebog.; Stab wird quer- [rissig.
16	"	"	" "	" 47° " " " " "

# 8. Resultate der maschinellen Kaltbiegeproben.

(Biegsamkeit).

Ausgeführt an 1,5 m langen Stabeisen.

Stützweite:  $l = 1,0 m$ .

Prof.-No. 202 bis 207.

Belastung: allmählig wachsend.

No.	Material	Ursprüngl. Stärke der Stabeisen in cm		An der Biegeungsgrenze Belastung $P t$	Durchbiegung $f$ cm	Bei einer Durchbiegung von								Bei einer Belastung von		
		Breite	Dicke			1 cm	Def. Arbeit	2 cm	Def. Arbeit	3 cm	Def. Arbeit	4 cm	Def. Arbeit	$P$ in $tn$	Durchbiegung $f$ cm	Def. Arbeit $A$ cm $tn$
1	Flusseisen	4,0	2,0	0,73	0,76	0,78	0,47	0,79	1,24	0,70	2,01	0,79	2,82	0,8	7,4	7,79
2	Schweißeisen	"	"	0,56	0,70	0,67	0,36	0,80	1,11	0,84	1,90	—	—	0,8	2,0	1,62
3	Flusseisen	6,0	2,0	1,75	0,58	1,94	1,28	2,03	3,26	2,10	5,40	2,30	7,44	2,2	4,30	8,25
4	Schweißeisen	"	"	1,75	0,57	1,90	1,33	2,14	3,38	2,24	5,47	—	—	2,2	2,73	4,38
5	Flusseisen	6,0	3,0	2,58	0,57	2,71	1,84	2,87	4,64	3,05	7,71	—	—	3,00	2,90	7,16
6	Schweißeisen	"	"	2,42	0,50	2,63	1,88	2,89	4,68	3,10	7,80	—	—	3,00	2,45	5,33

9. Resultate der Schlagproben.

Ausgeführt an fehlerfreien Stabeisenabschnitten.

Lauf. No.	Material	Stärke des Stabeisens <i>cm</i>	Schlag- No.	Lage des Probestabes	Frei- lage <i>m</i>	Fall- Gewicht		Durch- biegung <i>cm</i>	Gesamt- Arbeit <i>m t</i>	Bemerkungen
						Höhe <i>m</i>	<i>t</i>			
1	Flusseisen	6,0 : 2,0	1	hochkant;	1,0	0,24	0,3	2,40	1,30	ausrangirt ohne Bruch.
			2	nach jed. Schlag u. 180° gewendet	"	0,24	"	—		
			3 bis 10		"	0,48	"	—		
2	Schweisseisen	6,0 : 2,0	1	hochkant;	1,0	0,24	0,3	2,35	1,30	ausrangirt ohne Bruch.
			2	nach jed. Schlag u. 180° gewendet	"	0,24	"	"		
			3 bis 10		"	0,48	"	"		
3	Flusseisen	6,0 : 3,0	1	hochkant;	1,0	0,36	0,3	2,30	1,94	ausrangirt ohne Bruch.
			2	nach jed. Schlag u. 180° gewendet	"	0,36	"	—		
			3 bis 10		"	0,72	"	—		
4	Schweisseisen	6,0 : 3,0	1	hochkant;	1,0	0,36	0,3	2,30	1,94	ausrangirt ohne Bruch.
			2	nach jed. Schlag u. 180° gewendet	"	0,36	"	—		
			3 bis 10		"	0,72	"	—		
5	Flusseisen	8,0 : 2,0	1	hochkant;	1,0	0,43	0,3	2,30	1,94	ausrangirt ohne Bruch.
			2	nach jed. Schlag u. 180° gewendet	"	0,43	"	—		
			1 bis 10		"	0,86	"	—		

## 9. Resultate der Schlagproben.

Ausgeführt an fehlerfreien Stabeisenabschnitten.

Lauf- No.	Material	Stärke des Stabeisens <i>cm</i>	Schlag- No.	Lage des Probestabes	Frei- lage <i>m</i>	Fall-		Durch- biegung <i>cm</i>	Gesamt-		Bemerkungen
						Höhe <i>m</i>	Ge- wicht <i>t</i>		Zahl der Schläge	Arbeit <i>m t</i>	
6	Schweisseisen	8,0 : 3,0	1	hochkant; nach jed. Schlag u. 180° gewendet	1,0	0,43	0,3	2,00	9	2,07	Querbruch.
			2	"	"	"					
			3 bis 9	"	0,86	"					
7	Flusseisen	8,0 : 3,0	1	hochkant; nach jed. Schlag u. 180° gewendet	1,0	0,64	0,3	1,30	10	3,45	anstrengt ohne Bruch.
			2	"	0,64	"					
			3 bis 10	"	1,28	"					
8	Schweisseisen	8,0 : 3,0	1	hochkant; nach jed. Schlag u. 180° gewendet	1,0	0,64	0,3	1,30	7	2,30	durchgreif. Querbruch.
			2	"	0,64	"					
			3 bis 7	"	1,28	"					
9	Flusseisen	10,0 : 3,0	1	hochkant; nach jed. Schlag u. 180° gewendet	1,0	1,00	0,3	1,95	10	5,40	anstrengt ohne Bruch.
			2	"	1,00	"					
			3 bis 10	"	2,00	"					
10	Schweisseisen	10,0 : 3,0	1	hochkant; nach jed. Schlag u. 180° gewendet	1,0	1,00	0,3	1,70	5	2,40	durchgreif. Querbruch.
			2	"	1,00	"					
			3 bis 5	"	2,00	"					

# 10. Resultate der Schlagproben; vergl. Taf. X.

Sämtliche Stäbe wurden in der Mitte längs einer Schmalseite auf 1,5 mm Tiefe angehaun.

Lauf No.	Material	Stärke des Stabeisens in cm	Schlaghöhe	Lage des Probestabes	Freilage m	Fallhöhe		Durchbiegung in cm		Gesamtarbeit		Bemerkungen
						Gewicht t	m	total	absolut	Zahl	m t	
1	Flusseisen	4,0 : 2,0	0	Die angehaunene Seite nach unten	—	—	—	4,7	—	—	—	Vorgebogen*).
			1		1,0	0,22	11,4	6,7	—	—		
			2		„	„	18,8	14,1	—	—		
			3		„	„	28,3	23,6	3	0,20	Stark verwunden; ausrangirt ohne Bruch.	
2	Schweisseisen	4,0 : 2,0	0	Die angehaunene Seite nach unten	—	—	—	4,2	—	—	—	Vorgebogen*).
			1		1,0	0,22	10,9	6,7	—	—		
			2		„	„	18,5	14,3	2	0,13	Gespannte Faser anrissig.	
			—		—	—	5,2	—	—	—	Vorgebogen*).	
3	Flusseisen	6,0 : 2,0	0	Die angehaunene Seite nach unten	—	—	—	9,8	4,6	—	—	Stark verwunden; ausrangirt ohne Bruch.
			1		1,0	0,48	14,8	9,6	2	0,29	Vorgebogen*).	
			2		„	„	4,9	—	—	—	—	
			—		—	—	0,3	0,48	9,1	4,2	—	
4	Schweisseisen	6,0 : 2,0	0	Die angehaunene Seite nach unten	—	—	—	4,9	—	—	—	Gespannte Faser tiefgreifend anrissig.
			1		1,0	0,3	9,1	4,2	2	0,29	—	
			2		„	„	„	„	—	—	—	
			—		—	—	„	„	—	—	—	

\*) Die zu vorstehender Versuchsreihe benutzten Stäbe waren vorangehend der statischen Biegeprobe unterworfen; sie gelangen daher vorgebogen unter das Schlagwerk.

# 10. Resultate der Schlagproben; vergl. Taf. X.

Laut. No.	Material	Stärke des Stabeisens in cm	Schlag No.	Lage des Probestabes	Fall-			Durch-		Gesamt-		Bemerkungen
					Frei-lage m	Ge-wicht t	Höhe m	Biegung in cm	absolut	Zahl der Schläge	Arbeit m t	
5	Flusseisen	6,0 : 3,0	0	Die angehaene Seite nach unten	1,0	0,3	—	5,1	—	—	Vorgebogen*)	
					"	"	0,72	10,0	4,9			
					"	"	"	12,7	7,6			
					"	"	"	16,8	11,7			
					"	"	"	21,3	16,2			
6	Schweisseisen	6,0 : 3,0	0	Die angehaene Seite nach unten	1,0	0,3	—	4,4	—	—	Verwunden, ansträngt ohne Bruch. Vorgebogen*)	
					"	"	0,72	4,4	—			
					"	"	1,28	4,4	4,4			
					"	"	"	8,4	8,4			
					"	"	"	11,6	11,6			
7	Flusseisen	8,0 : 3,0	1	Die angehaene Seite nach unten	1,0	1,0	1,28	4,4	—	1	Durchgreif, Querbruch.	
					"	"	"	8,4	8,4			
					"	"	"	11,6	11,6			
					"	"	"	15,8	15,8			
					"	"	"	19,1	19,1			
8	Schweisseisen	8,0 : 3,0	1	Die angehaene Seite nach unten	"	"	"	22,1	22,1	7	ansträngt ohne Bruch.	
					"	"	"	26,2	26,2			
					"	"	1,28	26,2	26,2			
					"	"	"	—	—			
					"	"	"	—	—			
9	Flusseisen	10,0 : 3,0	1	Die angehaene Seite nach unten	1,0	0,3	2,0	4,2	4,2	1	Durchgreif, Querbruch.	
					"	"	"	8,2	8,2			
					"	"	"	11,6	11,6			
					"	"	"	15,2	15,2			
					"	"	"	18,3	18,3			
10	Schweisseisen	10,0 : 3,0	1	Die angehaene Seite nach unten	"	"	"	21,6	21,6	6	ansträngt ohne Bruch. Durchgreif, Querbruch.	
					"	"	"	—	—			
					"	"	2,0	—	—			
					"	"	"	—	—			
					"	"	0,3	—	—			

**III. Universaleisen.**

Die Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse der Stabeisen von Hayage folgen in nachstehender Reihenfolge:

1. Zusammenstellung der Resultate der Zerreißproben;
2. Resultate der Kaltbruchproben;
3. " " Warmbruchproben;
4. " " Lochungsproben.

### 1. Zusammenstellung der

Sämtliche Zahlen sind

Laufende No.	Material	Ursprüngl. Universal-eisenstärke cm	Elasticitätsmodul		Elasticitätsgrenze		Streckgrenze	
			$\epsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	$\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>
1	Flusseisen	22,0:0,9	2127	—	3,08	—	3,67	—
2*)	"	"	—	—	—	—	3,82	—
3	Schweisseisen	22,0:0,9	—	2072	—	2,16	—	2,49
4*)	"	"	—	—	—	—	—	2,82
5	Flusseisen	40,0:1,0	2183	—	2,97	—	3,32	—
6*)	"	"	—	—	—	—	3,16	—
7	Schweisseisen	40,0:1,0	—	2152	—	2,94	—	2,89
8*)	"	"	—	—	—	—	—	2,85
9	Flusseisen	50,0:1,1	2202	—	2,80	—	3,55	—
10*)	"	"	—	—	—	—	3,42	—
11	Schweisseisen	50,0:1,1	—	2086	—	2,10	—	2,82
12*)	"	"	—	—	—	—	—	2,58
13	Flusseisen	60,0:1,2	2179	—	2,87	—	3,04	—
14*)	"	"	—	—	—	—	2,89	—
15	Schweisseisen	60,0:1,2	—	2069	—	1,90	—	2,92
16*)	"	"	—	—	—	—	—	2,49
Im Mittel für Flusseisen			2173	—	2,81	—	3,86	—
" " " Schweisseisen			—	2095	—	2,13	—	2,73

\*) Controllen.

### Resultate der Zerreißproben.

Werthziffern einfacher Versuche.

Zugfestigkeit		Dehnungen				Contraction		Qual.-Coefficient nach Tetmajer	
$\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	$\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	pro 10 cm $\lambda_1$ %	pro 10 cm $\lambda_1$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %	$\varphi$ %	$\varphi$ %	c cm t	c cm t
4,66	—	34,3	—	28,6	—	58,8	—	1,33	—
4,70	—	29,4	—	24,5	—	59,6	—	1,15	—
—	3,89	—	15,4	—	14,7	—	15,1	—	0,57
—	3,92	—	16,4	—	16,1	—	17,2	—	0,63
4,58	—	34,5	—	27,9	—	57,6	—	1,26	—
4,53	—	34,3	—	27,6	—	55,9	—	1,25	—
—	3,88	—	20,8	—	18,4	—	19,5	—	0,71
—	3,90	—	22,5	—	20,7	—	25,2	—	0,81
4,49	—	33,0	—	26,7	—	60,9	—	1,20	—
4,48	—	32,1	—	27,1	—	60,6	—	1,21	—
—	3,65	—	15,7	—	13,8	—	15,5	—	0,50
—	3,63	—	13,5	—	12,9	—	15,8	—	0,47
4,30	—	33,8	—	27,1	—	57,6	—	1,17	—
4,30	—	33,9	—	27,0	—	65,1	—	1,16	—
—	3,70	—	12,4	—	11,4	—	14,0	—	0,42
—	3,77	—	14,5	—	13,1	—	15,8	—	0,49
4,50	—	33,2	—	27,1	—	59,5	—	1,22	—
—	3,79	—	16,4	—	15,1	—	17,3	—	0,58

## 2. Resultate der Kalt-

## A. Kaltbiegeproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Quer- abmessung der Universal- eisen <i>cm</i>	Bemerkungen
1	Flusseisen	22,0 : 0,9	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
2	"	"	" " " " "
3	Schweisseisen	22,0 : 0,9	Bei 82° Querbruch der gespannten Faser.
4	"	"	" 88° " " " "
5	Flusseisen	40,0 : 1,0	Zur Schleife gefaltet ohne Bruch.
6	"	"	" " " " "
7	Schweisseisen	40,0 : 1,0	Bei 96° Querbruch der gespannten Faser.
8	"	"	" 89° " " " "
9	Flusseisen	50,0 : 1,1	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
10	"	"	" " " " "
11	Schweisseisen	50,0 : 1,1	Bei 54° Querbruch der gespannten Faser.
12	"	"	" 76° " " " "
13	Flusseisen	60,0 : 1,2	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
14	"	"	" " " " "
15	Schweisseisen	60,0 : 1,2	Bei 64° Querbruch der gespannten Faser.
16	"	"	" 81° " " " "

## und Rothbruchproben.

## B. Warmbiegeproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Quer- abmessung der Universal- eisen <i>cm</i>	Bemerkungen
1	Flusseisen	22,0 : 0,9	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
2	"	"	" " " " "
3	Schweisseisen	22,0 : 0,9	Gefaltet, wobei sich Schweissnähte öffnen.
4	"	"	" " " " "
5	Flusseisen	40,0 : 1,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
6	"	"	" " " " "
7	Schweisseisen	40,0 : 1,0	Gefaltet, wobei sich Schweissnähte öffnen.
8	"	"	" " " " "
9	Flusseisen	50,0 : 1,1	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
10	"	"	" " " " "
11	Schweisseisen	50,0 : 1,1	Gefaltet, wobei sich Schweissnähte öffnen.
12	"	"	" " " " "
13	Flusseisen	60,0 : 1,2	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
14	"	"	" " " " "
15	Schweisseisen	60,0 : 1,2	Gefaltet, wobei sich Schweissnähte öffnen.
16	"	"	" " " " "

## 3. Resultate der Lochungsproben.

Lauf. No.	Material	Art der Lochung	Beschaffen- heit der Lochwandung	Loch- weite d cm	Verhältniss der		Anzahl der Einzel- proben	Zugfestigkeit der Lochnath	
					Loch- weite zur Blechst.	Loch- nath zur Loch- weite		absolut in % der urspr. Festigk.	tn pro cm <sup>2</sup>
Universaleisen Nr. I; Querschnitt 22,0:0,9 cm.									
1	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,68	
2	"	gebohrt	tadellos	1,8	2,00	2,00	2	5,27	+ 12,6
3	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	2	4,58	— 2,1
4	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,91	
5	"	gebohrt	tadellos	1,8	2,00	2,00	2	3,75	— 4,1
6	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	2	3,33	— 14,8
Universaleisen Nr. II; Querschnitt 40,0:1,0 cm.									
7	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,53	
8	"	gebohrt	tadellos	1,9	1,90	2,00	3	5,07	+ 11,9
9	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	4,29	— 5,3
10	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,89	
11	"	gebohrt	tadellos	1,9	1,90	2,00	3	3,92	+ 0,8
12	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	3,57	— 8,2
Universaleisen Nr. III; Querschnitt 50,0:1,1 cm.									
13	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,49	
14	"	gebohrt	tadellos	2,0	1,82	2,00	3	5,11	+ 13,8
15	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	4,19	— 6,7
16	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,64	
17	"	gebohrt	tadellos	2,0	1,82	2,00	3	3,77	+ 3,6
18	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	3,28	— 9,9
Universaleisen Nr. IV; Querschnitt 60,0:1,2 cm.									
19	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,30	
20	"	gebohrt	tadellos	2,1	1,7	2,00	3	4,88	+ 13,5
21	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	3,68	— 14,4
22	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,74	
23	"	gebohrt	tadellos	2,1	1,7	2,00	3	3,91	+ 4,5
24	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	3,45	— 7,8

**IV. Formeisen.**

Die Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse der Formeisen lassen wir in folgender Reihe aufeinander folgen:

1. Zusammenstellung der Resultate der Zerreißproben;
2. Resultate der Kaltbruchproben;
3.     "     "     Warmbruchproben;
3.     "     "     centrischen Druck- oder Knickungsproben;
4.     "     "     excentrischen Druckproben.
5.     "     »     Prüfung der I-Eisen:
  - a) Qualitätsausweis
  - b) Resultate der Biegeproben;
  - c)     "     "     Schlagproben.
6. Resultate der Prüfung der Zorès-Eisen:
  - a) Qualitätsausweis;
  - b) Resultate der Biegeproben;
  - c)     "     "     Schlagproben.

1. Zusammenstellung der

Lauf. No.	Material	Angebliche Abmessungen cm	Gewicht pro lauf. m kg	Elasticitätsmodul		Elasticitätsgrenze		Streckgrenze	
				$\epsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	$\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	$\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>
1	Flusseisen	7,0:7,0:0,8	8,2	2111,0		2,06		3,03	
2	Schweisseisen	" " "	"		2027,0		1,76		2,65
3	Flusseisen	7,0:7,0:1,3	13,7	2164,0		2,06		2,86	
4	Schweisseisen	" " "	"		1974,0		1,42		2,29
5	Flusseisen	9,0:9,0:0,9	13,0	2174,0		2,64		3,16	
6	Schweisseisen	" " "	"		1988,0		1,78		2,40
7	Flusseisen	8,0:9,0:1,4	19,1	2073,0		2,17		2,55	
8	Schweisseisen	" " "	"		1954,0		1,78		2,25
9	Flusseisen	10,5:10,5:1,2	17,6	2123,0		2,62		2,71	
10	Schweisseisen	" " "	"		2006,0		1,97		2,33
11	Flusseisen	10,5:10,5:1,7	27,4	2182,0		2,36		2,54	
12	Schweisseisen	" " "	"		2008,0		1,60		2,27
13	Flusseisen	13,0:13,0:1,7	30,8	2184,0		2,04		2,65	
14	Schweisseisen	" " "	"		1968,0		1,59		2,14
15	Flusseisen	13,0:13,0:2,2	50,9	2101,2		2,05		2,58	
16	Schweisseisen	" " "	"		—		—		2,19
Mittel für Flusseisen . .				2140,2		2,25		2,76	
" " Schweisseisen .				1989,0		1,70		2,33	

L - Eisen.

Mit Ausnahme der Werthe von  $\epsilon$  und  $\gamma$  sind sämtliche Zahlen Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Resultate der Zerreißproben.

Zugfestigkeit		Dehnungen				Contraction		Qual.-Coefficient nach Tetmajer	
$\beta$	$\beta$	pro 10 cm		pro 20 cm		$\varphi$	$\varphi$	$c$	$c$
t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	%	%	cm t	cm t
4,26		33,1		26,1		61,8		1,11	
	3,51		13,7		9,8		9,5		0,39
4,24		35,4		28,4		64,9		1,21	
	3,45		10,3		9,4		11,7		0,34
4,48		31,4		26,5		56,8		1,18	
	3,56		12,8		12,2		15,8		0,44
4,15		34,7		27,5		62,0		1,14	
	3,60		14,7		14,2		16,4		0,52
4,25		36,0		27,7		64,6		1,08	
	3,46		10,8		9,8		12,0		0,34
4,18		37,7		29,8		64,0		1,24	
	3,24		9,5		8,0		10,2		0,26
4,16		36,6		29,1		64,7		1,22	
	3,36		11,0		9,8		12,0		0,33
4,03		36,4		28,3		64,7		1,14	
	3,41		13,5		12,2		12,3		0,42
4,21		35,1		27,9		62,9		1,16	
	3,45		12,0		10,7		12,6		0,42

L - Eisen.

Mit Ausnahme der Werthe von  $\epsilon$  und  $\gamma$  sind sämtliche Zahlen Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf. No.	Material	Angebliche Atmessungen cm	Gewicht pro lauf. m kg	Elasticitäts- modul		Elasticitäts- grenze		Streckgrenze	
				$\epsilon$	$\epsilon$	$\gamma$	$\gamma$	$\sigma$	$\sigma$
				t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>

**I - Eisen.**

Resultate einfacher Versuche; die mit \* bezeichneten Zahlenwerthe

1*	Flusseisen	9,15 : 8,5	11,35	2212	1,85	2,77	
2	"	" "	"	2085	2,19	2,71	
3*	Schweisseisen	9;15 : 8,5	11,35	1942	1,82	2,65	
4	"	" "	"	1946	1,66	2,44	
5*	Flusseisen	10,0 : 10,0	15,75	2255	2,02	2,76	
6	"	" "	"	2155	2,17	2,79	
7*	Schweisseisen	10,0 : 10,0	15,75	1959	1,52	2,73	
8	"	" "	"	1951	1,31	2,49	
9*	Schweisseisen	15,0 : 10,0	23,27	1927	1,66	2,60	
10	"	" "	"	1987	1,61	2,53	
Im Mittel für Flusseisen:				2176	2,05	2,76	
" " " Schweisseisen:				1952	1,60	2,57	

**□ - Eisen.**

Resultate einfacher Versuche; die mit \* bezeichneten Zahlenwerthe

1*	Schweisseisen	10,5 : 6,5	14,10	1937	1,64	2,47	
2	"	" "	"	1961	1,70	2,37	
3*	Schweisseisen	10,5 : 6,7	15,70	2052†	1,04†	2,43†	
4	"	" "	"	1953	1,62	2,58	
5*	Schweisseisen	17,6 : 7,2	24,25	1945	1,72	2,50	
6	"	" "	"	1969	1,64	2,41	
7*	Schweisseisen	17,6 : 7,4	27,00	1933	1,38	2,51	
8	"	" "	"	2086	1,71	2,17	
9*	Schweisseisen	21,5 : 8,5	42,5	1948	1,57	2,43	
10	"	" "	"	2019	1,70	2,55	
11*	Schweisseisen	21,5 : 8,9	45,8	1948	1,46	2,41	
12	"	" "	"	2009	1,55	2,45	
Im Mittel für Flusseisen:				—	—	—	
" " " Schweisseisen:				1976	1,61	2,45	

† Fehlerhafte Probe, nicht massgebend. †† Bruch am Einspannkopfe.

Zugfestigkeit		Dehnungen				Contraction		Qual.-Coefficient nach Tetmajer	
$\beta$	$\beta$	pro 10 cm		pro 20 cm		$\varphi$	$\varphi$	c	c
t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	%	%	cm t	cm t

**I - Eisen.**

beziehen sich auf die Stege, die übrigen auf die Füße der Profile.

4,05		37,1		29,3		64,5		1,19	
3,86		37,2		28,3		65,2		1,09	
	3,69		14,2		13,5		14,2		0,50
	3,46		10,7		9,9		15,5		0,34
4,20		33,6		27,3		61,0		1,15	
4,25		37,3		31,8		64,1		1,35	
	3,64		9,8		9,0		11,7		0,32
	3,80		14,5		13,8		21,3		0,52
	3,77		20,3		19,8		19,0		0,75
	3,72		16,0		15,8		14,5		0,59
4,09		36,2		29,2		63,6		1,19	
	3,68		14,3		13,6		16,0		0,50

**□ - Eisen.**

beziehen sich auf die Flanschen, die übrigen auf die Stege der Profile.

3,56		11,2		9,8		15,9		0,35	
3,46		11,3		10,5		12,7		0,36	
3,34†		7,5 †		6,6 †		13,0 †		0,22 †	
3,82		21,1		20,1		20,6		0,77	
3,64		18,4		16,7		19,9		0,61	
3,84		15,3		14,5		17,5		0,55	
3,65		23,3		20,3		20,4		0,74	
3,72		17,2		15,8		14,5		0,58	
3,66		21,7		21,0		20,9		0,77	
3,76		19,0		17,8		17,0		0,67	
— ††		— ††		— ††		— ††		— ††	
3,71		15,0		14,9		11,9		0,55	
—		—		—		—		—	
	3,69		17,4		16,3		16,9		0,61

## 2. Resultate der Kaltbruchproben.

Lauf. No.	Material	Angebliche Abmessungen cm	Gewicht pro lauf. m kg	Mittlere Abmessungen der Proben		Bemerkungen
				Breite cm	Dicke cm	
<b>L - Eisen.</b>						
1	Flusseisen	7,0 : 7,0 : 0,8	8,2	4,48	0,78	Zur Schleife gebogen, im 1. Falle [anrissig.]
2	Schweisseisen	" " "	"	4,48	0,80	Bei 98° bzw. 103° querbrüchig.
3	Flusseisen	7,0 : 7,0 : 1,3	13,7	4,50	1,28	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
4	Schweisseisen	" " "	"	4,50	1,30	Bei 105° bzw. 102° querbrüchig.
5	Flusseisen	9,0 : 9,0 : 0,9	12,0	4,48	0,90	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
6	Schweisseisen	" " "	"	4,50	0,88	In beiden Fällen bei 102° Beginn [met. Querbruch.]
7	Flusseisen	9,0 : 9,0 : 1,4	19,1	4,49	1,56	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
8	Schweisseisen	" " "	"	4,49	1,33	In beiden Fällen b. 67° Querbruch.
9	Flusseisen	10,5 : 10,5 : 1,2	17,6	4,48	1,05	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
10	Schweisseisen	" " "	"	4,50	1,09	In beiden Fällen bei 72° Beginn [met. Querbruchs.]
11	Flusseisen	10,5 : 10,5 : 1,7	27,4	4,49	1,60	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
12	Schweisseisen	" " "	"	4,49	1,60	Bei 56° bzw. 43° Beginn met. [Querbruchs.]
13	Flusseisen	13,0 : 13,0 : 1,7	30,8	4,49	1,79	Zur Schleife gebogen, im 1. Falle [querrissig.]
14	Schweisseisen	" " "	"	4,49	1,79	Bei 66° bzw. 91° querbrüchig.
15	Flusseisen	13,0 : 13,0 : 2,2	40,9	4,48	1,98	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
16	Schweisseisen	" " "	"	4,49	2,04	Bei 46° bzw. 60° Querbruch.

Lauf. No.	Material	Angebliche Abmessungen cm	Gewicht pro lauf. m kg	Mittlere Abmessungen der Proben		Bemerkungen
				Breite cm	Dicke cm	
<b>I - Eisen.</b>						
1	Flusseisen	9,15 : 8,5	11,35	4,49	0,82	Steg: z. Schleife geb. ohne Bruch.
2	"	" " "	"	4,50	0,95	Fuss: " " " "
3	Schweisseisen	9,15 : 8,5	11,35	4,48	0,78	Steg: bei 102° Kantenbruch.
4	"	" " "	"	4,48	0,85	Fuss: b. 102° Beginn met. Querbr.
5	Flusseisen	10,0 : 10,0	15,75	4,51	0,95	Steg: z. Schleife geb. ohne Bruch.
6	"	" " "	"	4,40	1,08	Fuss: " " " "
7	Schweisseisen	10,0 : 10,0	15,75	4,49	0,99	Steg: bei 81° Kantenbruch.
8	"	" " "	"	4,50	1,07	Fuss: b. 91° Beginn met. Querbr.
9	Flusseisen	15,0 : 10,0	23,27	—	—	Profil 15,0 : 10,0 Nr. 35 wurde in [Flusseisen nicht geliefert.]
10	"	" " "	"	—	—	
11	Schweisseisen	15,0 : 10,0	23,27	4,49	1,22	Steg: bei 83° Querbruch.
12	"	" " "	"	4,50	1,50	Fuss: " 72° "
<b>II - Eisen.</b>						
1	Schweisseisen	10,5 : 6,5	14,10	4,49	0,72	[querrissig.] Flansche: Beim Biegen zur Schleife
2	"	" " "	"	4,47	0,80	Steg: " " " "
3	Schweisseisen	10,5 : 6,7	15,70	4,48	0,75	[querrissig.] Flansche: Beim Biegen zur Schleife
4	"	" " "	"	4,50	0,96	Steg: " " " "
5	Schweisseisen	17,6 : 7,2	24,25	4,50	1,24	Flansche: bei 52° Kantenbruch.
6	"	" " "	"	4,48	1,00	Steg: bei 58° met. Querbruch.
7	Schweisseisen	17,6 : 7,4	27,00	4,51	1,16	Flansche: bei 64° Kantenbruch.
8	"	" " "	"	4,47	1,29	Steg: bei 74° met. Querbruch.
9	Schweisseisen	21,5 : 8,7	42,50	4,49	1,51	Flansche: bei 103° met. Querbr.
10	"	" " "	"	4,45	1,38	Steg: bei 63° met. Querbruch.
11	Schweisseisen	21,5 : 8,9	45,80	4,50	1,65	Flansche: bei 24° met. Querbr.
12	"	" " "	"	4,42	1,64	Steg: bei 57° met. Querbruch.

## 3. Resultate der Rothbruchproben.

Lauf. No.	Material	Angebliche Abmessungen cm	Gewicht pro lauf. m kg	Mittlere Abmessungen der Probe		Bemerkungen
				Breite cm	Dicke cm	
<b>L - Eisen.</b>						
1	Flusseisen	7,0 : 7,0 : 0,9	8,2	4,49	0,76	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
2	Schweisseisen	" " "	"	4,46	0,82	Beim Falten querrissig geworden.
3	Flusseisen	7,0 : 7,0 : 1,3	13,7	4,48	1,29	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
4	Schweisseisen	" " "	"	4,50	1,39	" " " "
5	Flusseisen	9,0 : 9,0 : 0,9	12,0	4,50	0,88	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
6	Schweisseisen	" " "	"	4,51	0,84	Beim Falten schwach querrissig.
7	Flusseisen	9,0 : 9,0 : 1,4	19,1	4,49	1,42	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
8	Schweisseisen	" " "	"	4,51	1,36	" " " "
9	Flusseisen	10,5 : 10,5 : 1,2	17,6	4,48	1,06	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
10	Schweisseisen	" " "	"	4,50	1,10	Bei 115°, das andere Mal beim [Falten querrissig.
11	Flusseisen	10,5 : 10,5 : 1,7	27,4	4,50	1,59	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
12	Schweisseisen	" " "	"	4,50	1,63	Beim Falten querrissig geworden.
13	Flusseisen	13,0 : 13,0 : 1,7	30,8	4,49	1,54	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
14	Schweisseisen	" " "	"	4,50	1,79	" " " "
15	Flusseisen	13,0 : 13,0 : 2,2	40,9	4,49	2,02	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
16	Schweisseisen	" " "	"	4,49	2,00	Beim Falten wird 1 Probe kanten- [rissig; die andere zeigt [offene Schweissnähte.

Lauf. No.	Material	Angebliche Abmessungen cm	Gewicht pro lauf. m kg	Mittlere Abmessungen der Probe		Bemerkungen
				Breite cm	Dicke cm	
<b>L - Eisen.</b>						
1	Flusseisen	9,15 : 8,5	11,35	4,49	0,84	Steg: vollk. gefaltet ohne Bruch.
2	"	" "	"	4,51	0,92	Fuss: " " " "
3	Schweisseisen	9,15 : 8,5	11,35	4,48	0,80	Steg: vollk. gefaltet ohne Bruch.
4	"	" "	"	4,49	0,86	Fuss: " " " "
5	Flusseisen	10,0 : 10,0	15,75	4,49	0,98	Steg: vollk. gefaltet ohne Bruch.
6	"	" "	"	4,48	1,06	Fuss: " " " "
7	Schweisseisen	10,0 : 10,0	15,75	4,52	0,99	Steg: beim Falten kantenrissig.
8	"	" "	"	4,49	1,11	Fuss: " " schwach quer- [rissig.
9	Flusseisen	15,0 : 10,0	23,27	—	—	Profil 15,0 : 10,0 Nr. 38 wurde in [Flusseisen nicht geliefert.
10	"	" "	"	—	—	
11	Schweisseisen	15,0 : 10,0	23,27	4,50	1,53	Steg: gefalt., Schweissnähte offen.
12	"	" "	"	4,49	1,23	Fuss: " " " "
<b>C - Eisen.</b>						
1	Schweisseisen	10,5 : 6,5	14,10	4,40	0,38	Flansche: vollkommen gefaltet ohne [Bruch. [offen.
2	"	" "	"	4,46	0,78	Steg: desgl., Schweissnähte schwach
3	Schweisseisen	10,5 : 6,5	15,70	4,45	0,74	Flansche: vollkommen gefaltet ohne [Bruch.
4	"	" "	"	4,49	0,94	Steg: desgl., Schweissnähte offen.
5	Schweisseisen	17,6 : 7,2	24,25	4,48	1,18	Flansche: beim Falten querrissig.
6	"	" "	"	4,47	0,96	Steg: b. Falten stark querrissig.
7	Schweisseisen	17,6 : 7,4	27,00	4,46	1,15	Flansche: querrissig.
8	"	" "	"	4,46	1,29	Steg: gefaltet, schwach querrissig.
9	Schweisseisen	21,5 : 8,7	42,50	4,50	1,59	Flansche: vollk. gefaltet ohne Bruch.
10	"	" "	"	4,52	1,36	Steg: " " " " [rissig.
11	Schweisseisen	21,5 : 8,9	45,80	4,58	1,67	Flansche: gefaltet, schwach quer-
12	"	" "	"	4,50	1,61	Steg: gefaltet, stark querrissig.

4. Resultate der

Sämmtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf- No.	Material	Ur- sprüngl.	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$\left(\frac{l}{k}\right)$	$\left(\frac{l}{k}\right)^2$
		Stablänge l cm	l cm	F cm <sup>2</sup>	k cm		
1**	Flusseisen . . . . .	100	150	15,3	1,78	28,1	790
2**	" . . . . .	"	"	14,9	1,72	29,1	847
3**	Schweisseisen . . . . .	"	"	15,3	1,78	28,1	790
4	Flusseisen . . . . .	100	123	19,2	1,98	62,1	3856
5	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,0	"	"	"
6	Flusseisen . . . . .	150	173	19,2	1,98	87	7569
7	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,0	"	"	"
8	Flusseisen . . . . .	200	219	19,2	1,98	111	12321
9	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,0	"	"	"
10	Flusseisen . . . . .	300	319	19,2	1,98	161	25921
11	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,0	"	"	"
12	Flusseisen . . . . .	400	419	19,2	1,98	212	44944
13	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,0	"	"	"
14	Flusseisen . . . . .	500	519	19,2	1,98	262	68644
15	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,0	"	"	"

┌ - Eisen; deutsch.

\*) Die eingeklammerten Zahlenwerthe der spezif. Knickspannung  $\beta_k$  beziehen  
 \*\* Einspannung zwischen festen Druckplatten.

Knickungsproben.

Sämmtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf- No.	Material	Beobachtete				Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
		Knickkraft		Richtung der Durchbiegung		Euler	Tetmajer	
		absolut N t	pro cm <sup>2</sup> $\beta_k$	1. Versuch	2. Versuch	$\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>	$\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>	
				←	←	—	—	Wellenförmig verbogen.
46,00	3,00			←	←	—	—	" "
43,00	2,85			→	←	—	—	" "
43,63	2,85			→	←	—	—	" "
50,63	2,64			→	←	—	2,49	Plötzlich durchgebogen.
45,38	2,27			→	←	—	2,22	" "
43,13	2,25			→	←	—	2,20	Plötzlich durchgebogen.
38,32	1,92			→	→	—	1,90	" "
33,00	1,72			→	←	1,80	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
29,50	1,48			→	←	1,64	—	" " "
15,85	0,83			←	←	0,86	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
14,23	0,71			←	←	0,78	—	" " "
10,25†	0,53			←	→	0,49	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
10,25*	0,51			←	←	0,45	—	Wahrscheinlich Flusseisen (?).
6,38	0,33			←	←	0,32	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
6,08	0,30			←	←	0,30	—	" " "

sich auf den effektiven Stabquerschnitt (mit Abzug der Nieflöcher).

Lauf. No.	Material	Ur- sprügl.	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		Stablänge <i>l</i> cm	Stablänge <i>l</i> cm	<i>F</i> cm <sup>2</sup>	<i>k</i> cm		
<b>└</b> - Eisen; deutsch.							
16**	Flusseisen . . . . .	100	50**	20,90	3,06	16,3	265,7
17**	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,80	"	"	"
18	Flusseisen . . . . .	100	123	17,30	1,46	84,2	7090
19	Schweisseisen . . . . .	"	"	17,36	"	"	"
20	Flusseisen . . . . .	150	173	17,30	1,46	118,5	14042
21	Schweisseisen . . . . .	"	"	17,36	"	"	"
22	Flusseisen . . . . .	200	223	17,30	1,46	153	23409
23	Schweisseisen . . . . .	"	"	17,36	"	"	"
24	Flusseisen . . . . .	300	319	17,30	1,46	218	47524
25	Schweisseisen . . . . .	"	"	17,36	"	"	"
26	Flusseisen . . . . .	400	419	17,30	1,46	288	82944
27	Schweisseisen . . . . .	"	"	17,36	"	"	"
28	Flusseisen . . . . .	500	519	17,30	1,46	355	126380
29	Schweisseisen . . . . .	"	"	17,36	"	"	"

\*) Einfacher Versuch; der zweite ergab aus nicht ergründeter Ursache: 1,12 t pro cm<sup>2</sup>;  
 \*\*) Einspannung zwischen festen Druckplatten.

absolut <i>N</i> t	Beobachtete Knickkraft		Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen	
	pro cm <sup>2</sup> $\beta_k$	Richtung der Durchbiegung		Euler $\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>		Tetmajer $\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>
		1. Versuch	2. Versuch			
61,50	2,94	→	←	—	3,02	Plötzl. wellenförmig durchgebogen.
57,03	2,75	→	→	—	2,82	" " "
37,88	2,19	→	←	—	2,23	Plötzlich durchgebogen.
36,00	2,10	→	→	—	1,94	" " "
25,64	1,48	→	→	1,58	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
22,25	1,35*	↗	→	1,51	—	" " "
18,88	1,00	←	←	0,95	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
16,79	0,97	←	→	0,86	—	" " "
7,44	0,43	→	→	0,47	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
7,57	0,44	←	←	0,43	—	" " "
4,82	0,29	←	←	0,27	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
4,30	0,25	←	→	0,24	—	" " "
3,75	0,22	←	←	0,18	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
2,65	0,15	←	←	0,16	—	" " "

das Mittel wäre somit entschieden klein und = 1,25 t pro cm<sup>2</sup>.

Lauf. No.	Material	Ur-sprüngl.	Wirk-same	Quer-schnitts-	Trägheits-	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		Stablänge	Stablänge	Fläche	halb-messer		
		<i>l cm</i>	<i>l cm</i>	<i>F cm²</i>	<i>k cm</i>		

□ - Eisen; deutsch.

30	Flusseisen . . . . .	80	103	20,91	1,70	60,6	3672
31	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,96	1,71	60,2	3624
32	Flusseisen . . . . .	120	143	20,91	1,70	84,1	7073
33	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,96	1,71	83,6	6986
34	Flusseisen . . . . .	160	183	20,91	1,70	108	11664
35	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,96	1,71	107	11449
36	Flusseisen . . . . .	240	259	20,91	1,70	152	23104
37	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,96	1,71	151	22801
38	Flusseisen . . . . .	320	339	20,91	1,70	199	39681
39	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,96	1,71	198	39204
40	Flusseisen . . . . .	400	419	20,91	1,70	246	60516
41	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,96	1,71	245	60025

I - Eisen; deutsch.

42*	Flusseisen . . . . .	50	25*	29,46	1,71	14,6	213
43*	Schweisseisen . . . . .	"	"	29,34	"	"	"
44*	Flusseisen . . . . .	75	37,5*	29,46	1,71	21,9	480
45*	Schweisseisen . . . . .	"	"	29,34	"	"	"
46	Flusseisen . . . . .	100	123	29,46	1,71	71,9	5170
47	Schweisseisen . . . . .	"	"	29,34	"	"	"
48	Flusseisen . . . . .	150	173	29,46	1,71	101	10201
49	Schweisseisen . . . . .	"	"	29,34	"	"	"
50	Flusseisen . . . . .	200	223	29,46	1,71	130	16900
51	Schweisseisen . . . . .	"	"	29,34	"	"	"
52	Flusseisen . . . . .	250	269	29,46	1,71	157	24649
53	Schweisseisen . . . . .	"	"	29,34	"	"	"

\*) Zwischen feste Druckplatten gespannt.

Beobachtete				Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
Knickkraft		Richtung		Euler	Tetmajer	
absolut	pro $cm^2$	der Durchbiegung		$\beta_k$	$\beta_k$	
<i>N t</i>	$\beta_k$	1. Versuch	2. Versuch	<i>t pro cm²</i>	<i>t pro cm²</i>	

Normalprofil No. 14.

51,75	2,48	←	→	—	2,51	Plötzlich durchgebogen.
50,50	2,41	→	→	—	2,25	" "
47,95	2,29	→	→	—	2,23	Plötzlich durchgebogen.
43,65	2,08	→	→	—	1,94	" "
37,80	1,81	←	→	1,90	(1,96)	Plötzlich durchgebogen.
35,88	1,71	→	←	1,77	(1,64)	" "
20,25	0,97	→	→	0,96	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
17,68	0,84	→	→	0,89	—	" allmähig "
11,60	0,56	←	←	0,56	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
11,33	0,54	←	←	0,52	—	" " "
7,75	0,38	←	←	0,37	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
7,00	0,33	←	←	0,34	—	" " "

Normalprofil No. 18.

80,00	2,72	I→	I→	—	3,04	Wellenförmig, plötzl. durchgebog.
84,50	2,89	→	→	—	2,84	" " "
80,00	2,72	→	←	—	2,95	Wellenförmig, plötzl. durchgebog.
78,25	2,67	→	→	—	2,75	" " "
65,00	2,21	→	←	—	2,38	Plötzlich durchgebogen.
62,88	2,14	→	→	—	2,10	" "
52,25	1,77	←	←	—	2,04	Plötzlich durchgebogen.
46,88	1,60	→	→	—	1,72	" "
37,50	1,27	←	→	1,31	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
35,50	1,21	←	→	1,20	—	" " "
27,25	0,92	←	←	0,90	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
23,76	0,81	→	→	0,82	—	" " "

Lauf. No.	Material	Ur- sprüngle. Stablänge	Wirk- same Stablänge	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		<i>l</i> cm	<i>l</i> cm	<i>F</i> cm <sup>2</sup>	<i>k</i> cm		

 - Eisen; deutsch.

Nietstärke: *d* = 1,8 cm; Niettheilung: *t* = 31 s = 25,0 cm.

54	Flusseisen . . . . .	100	123	24,2	2,47	50	2500
55	Schweisseisen . . . . .	"	"	24,8	"	"	"
56	Flusseisen . . . . .	150	173	24,2	2,47	70	4900
57	Schweisseisen . . . . .	"	"	24,8	"	"	"
58	Flusseisen . . . . .	200	223	24,2	2,47	90	8100
59	Schweisseisen . . . . .	"	"	24,8	"	"	"
60	Flusseisen . . . . .	300	319	24,2	2,47	129	16641
61	Schweisseisen . . . . .	"	"	—	—	—	—
62	Flusseisen . . . . .	400	419	24,2	2,47	170	28900
63	Schweisseisen . . . . .	"	"	24,8	"	"	"
64	Flusseisen . . . . .	500	519	24,2	2,47	210	44100
65	Schweisseisen . . . . .	"	"	24,8	"	"	"

 - Eisen; deutsch.

Nietstärke: *d* = 1,5 cm; Niettheilung: *t* = 33 s = 20,0 cm.

66	Flusseisen . . . . .	100	123	27,58	2,40	51,2	2621
67	Schweisseisen . . . . .	"	"	28,72	2,43	50,6	2560
68	Flusseisen . . . . .	150	173	27,58	2,40	72,1	5198
69	Schweisseisen . . . . .	"	"	28,72	2,43	71,2	5069
70	Flusseisen . . . . .	200	219	27,58	2,40	92,2	8501
71	Schweisseisen . . . . .	"	"	28,72	2,43	90,1	8118
72	Flusseisen . . . . .	300	319	27,58	2,40	132	17424
73	Schweisseisen . . . . .	"	"	28,72	2,43	131	17161
74	Flusseisen . . . . .	400	419	27,58	2,40	175	30625
75	Schweisseisen . . . . .	"	"	28,72	2,43	172	29584
76	Flusseisen . . . . .	500	519	27,58	2,40	216	46656
77	Schweisseisen . . . . .	"	"	28,72	2,43	214	45796

Beobachtete				Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
Knickkraft		Richtung der Durchbiegung		Euler $\beta_k$	Tetmajer $\beta_k$	
absolut <i>N</i> t	pro cm <sup>2</sup> $\beta_k$	1. Versuch	2. Versuch	<i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	<i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	

Normalprofil No. 8.

Verschwächung des Profils: *n* = 10 %.

58,50	2,42 (2,68)			—	2,63	Plötzlich durchgebogen.
56,00	2,26 (2,34)			—	2,38	" " "
49,75	2,06 (2,28)			—	2,40	Plötzlich durchgebogen.
52,38	2,11 (2,35)			—	2,12	" " "
46,00	1,90 (2,10)			—	2,17	Plötzlich durchgebogen.
49,75	2,01 (2,22)			—	1,86	" " "
29,55	1,22 (1,36)			1,33	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
—	—	—	—	—	—	Nicht ausgeführt.
16,57	0,68 (0,76)			0,77	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
16,69	0,67 (0,75)			0,70	—	" " "
11,56	0,48 (0,53)			0,50	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
11,00	0,44 (0,49)			0,46	—	" " "

Normalprofil No. 6.

Verschwächung des Profils: *n* = 12,6 %.

62,12	2,25 (2,70)			—	2,62	Plötzlich durchgebogen.
67,75	2,36 (2,25)			—	2,37	" " "
56,00	2,03 (2,33)			—	2,37	Plötzlich durchgebogen.
56,88	1,98 (2,27)			—	2,10	" " "
43,50	1,58 (1,81)			—	2,14	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
44,00	1,53 (1,75)			—	1,86	" " "
27,88	1,01 (1,16)			1,27	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
26,25	0,91 (1,05)			1,18	—	" " "
16,50	0,60 (0,69)			0,73	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
17,44	0,61 (0,69)			0,68	—	" " "
10,60	0,38 (0,44)			0,48	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
11,56	0,40 (0,46)			0,44	—	" " "

Lauf. No.	Material	Ur- sprüngle	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		Stablänge <i>l cm</i>	Stablänge <i>l cm</i>	<i>F cm²</i>	<i>k cm</i>		

**⊥** - Eisen; deutsch.

Nietstärke:  $d = 1,5 \text{ cm}$ ; Niettheilung:  $t = 20 \text{ s} = 16,0 \text{ cm}$ ;

78*	Flusseisen . . . . .	60	30*	20,28	1,51	19,9	396
79	Schweisseisen . . . . .	"	30*	20,98	1,48	20,3	412
80	Flusseisen . . . . .	90	113	20,28	1,51	74,8	5595
81	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,98	1,48	76,3	5822
82	Flusseisen . . . . .	120	143	20,28	1,51	94,7	8968
83	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,98	1,48	96,7	9351
84	Flusseisen . . . . .	180	199	20,28	1,51	132	17424
85	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,98	1,48	135	18225
86	Flusseisen . . . . .	240	259	20,28	1,51	172	29584
87	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,98	1,48	162	26244
88	Flusseisen . . . . .	300	319	20,28	1,51	211	44521
89	Schweisseisen . . . . .	"	"	20,98	1,48	216	46656

**⊥** - Eisen; deutsch.

Nietstärke:  $d = 1,5 \text{ cm}$ ; Niettheilung:  $t = 30 \text{ s} = 16,0 \text{ cm}$ .

90*	Flusseisen . . . . .	80	40*	21,86	1,94	20,6	424
91*	Schweisseisen . . . . .	"	"	21,76	1,92	20,8	433
92	Flusseisen . . . . .	120	143	21,86	1,94	73,7	5432
93	Schweisseisen . . . . .	"	"	21,76	1,92	74,5	5550
94	Flusseisen . . . . .	160	183	21,86	1,94	94,3	8892
95	Schweisseisen . . . . .	"	"	21,76	1,92	95,3	9082
96	Flusseisen . . . . .	240	259	21,86	1,94	134	17956
97	Schweisseisen . . . . .	"	"	21,76	1,92	135	18225
98	Flusseisen . . . . .	320	339	21,86	1,94	175	30625
99	Schweisseisen . . . . .	"	"	21,76	1,92	177	31329
100	Flusseisen . . . . .	400	419	21,86	1,94	216	46656
101	Schweisseisen . . . . .	"	"	21,76	1,92	218	47524

\*) Zwischen feste Druckplatten gespannt. \*\*) Die eingeklammerten Zahlenwerthe der spec.

absolut <i>N t</i>	Knickkraft pro <i>cm²</i> $\beta_k$	Beobachtete Richtung der Durchbiegung		Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
		1. Versuch	2. Versuch	Euler	Tetmajer	
				$\beta_k$ <i>t pro cm²</i>	$\beta_k$ <i>i pro cm²</i>	

Normalprofil No. 9  $\times 4\frac{1}{2}$ .

Verschwächung des Profils:  $n = 6 \%$ .

61,25	3,02 (3,22)			—	2,98	Wellenförmig deformirt.
58,50	2,79 (2,96)			—	2,77	" "
39,75	1,96 (2,08)			—	2,34	Plötzlich durchgebogen.
37,88	1,81 (1,92)			—	2,04	" "
37,36	1,84 (1,96)			—	2,11	Plötzlich durchgebogen.
35,75	1,74 (1,81)			—	1,77	" "
25,88	1,28			1,27	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
22,90	1,09			1,11	—	" " "
15,25	0,75			0,76	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
15,30	0,73			0,77	—	" " "
11,27	0,56			0,50	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
9,50	0,45			0,43	—	" " "

Normalprofil No. 8.

Verschwächung des Profils:  $n = 8,5 \%$ .

62,00	2,84			—	2,97	Wellenförmig plötzl. durchgebog.
59,25	2,72			—	2,76	" " "
50,88	2,33			—	2,35	Plötzlich durchgebogen.
50,13	2,30			—	2,06	" "
47,05	2,15			—	2,12	Plötzlich durchgebogen.
40,37	1,86			—	1,79	" "
26,75	1,22			1,24	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
25,40	1,17			1,11	—	" " "
16,70	0,76			0,73	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
14,50	0,67			0,65	—	" " "
10,19	0,47			0,48	—	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
9,44	0,43			0,43	—	" " "

Knickspannung  $\beta_k$  beziehen sich auf den effect. Stabquerschnitt (mit Abzug der Nietlöcher).

Resultate der Lagerung der Stäbe erfolgt

Lauf- No.	Material	Ur- sprüngle Stablänge l cm	Wirk- same l cm	Quer- schnitts- Fläche F cm <sup>2</sup>	Trägheits- halb- messer k cm	$\left(\frac{l}{k}\right)$	$\left(\frac{l}{k}\right)^2$
--------------	----------	--------------------------------------	-----------------------	---	---------------------------------------	----------------------------	------------------------------

Rundeisen.

Nachstehende Zahlen entsprechen je einem Versuche.

102	Flusseisen . . . . .	10,0	23,7	2,49	0,445	53,3	2841
103	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
104	Flusseisen . . . . .	20,0	33,7	2,49	0,445	75,7	5731
105	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
106	Flusseisen . . . . .	30,0	43,7	2,49	0,445	98,2	9643
107	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
108	Flusseisen . . . . .	40,0	53,7	2,49	0,445	120,7	14568
109	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
110	Flusseisen . . . . .	12,5	26,2	4,08	0,570	45,9	2107
111	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
112	Flusseisen . . . . .	25,0	38,7	4,08	0,570	68,0	4624
113	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
114	Flusseisen . . . . .	37,5	51,2	4,08	0,570	90,0	8100
115	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
116	Flusseisen . . . . .	50,0	63,7	4,08	0,570	111,7	12477
117	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
118*	Flusseisen . . . . .	8,1	—	6,07	(d=2,79)	—	—
119*	Schweisseisen . . . . .	"	—	"	—	—	—

\*) Einspannung zwischen festen Druckplatten.

Knickversuche.

zwischen bewegliche Spitzenkörner.

absolut N t	Beobachtete Knickkraft t pro cm <sup>2</sup>		Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
	Richtung der Durchbiegung		Euler $\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>	Tetmajer $\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>	
	1. Versuch	2. Versuch			

Rundeisen.

Nachstehende Zahlen entsprechen je einem Versuche.

6,40	2,57	—	—	—	2,59	Sämtliche Stäbe der Serie „Rundeisen“ mit einem massgebenden Längenverhältniss $l : k >$ als c. 100, haben sich allmähig und zwar vorwiegend elastisch verbogen, d. h. nach Wegnahme der Belastung an der Grenze der Tragkraft sind die Verbiegungen der Stäbe grösstentheils wieder verschwunden. Die Stäbe mit Längenverhältnissen $l : k <$ als ca. 100 sind meist plötzlich geknickt und haben die an der Grenze ihrer Tragkraft erlittene Verbiegung nach entsprechender Entlastung grösstentheils beibehalten.  Die Probestäbe No. 118 und 119 sollten ursprünglich zur Ermittlung ihrer Druckfestigkeit dienen; sie verloren bei c. 39 bzw. 45 t Belastung unter wellenförmigen Biegungserscheinungen ihre Tragkraft.
5,80	2,33	—	—	—	2,34	
5,80	2,33	—	—	—	2,33	
5,88	2,16	—	—	—	2,05	
4,93	1,98	—	—	—	2,07	
4,40	1,77	—	—	—	1,75	
3,90	1,57	—	—	1,52	—	
3,40	1,37	—	—	1,38	—	
11,70	2,87	—	—	—	2,68	
9,75	2,39	—	—	—	2,43	
10,90	2,67	—	—	—	2,42	
9,20	2,25	—	—	—	2,15	
9,75	2,39	—	—	—	2,17	
7,90	1,94	—	—	—	1,86	
7,65	1,88	—	—	1,78	—	
6,70	1,65	—	—	1,62	—	
39,0	c. 6,42	—	—	—	—	
45,0	c. 7,41	—	—	—	—	

Lauf. No.	Material	Ur- sprügl.	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		Stablänge l cm	l cm	F cm <sup>2</sup>	k cm		
<b>Rundeisen.</b>							
Nachstehende Zahlen entsprechen je einem Versuche.							
120	Flusseisen . . . . .	8,3	22,0	6,11	0,697	31,6	999
121	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
122	Flusseisen . . . . .	11,0	24,7	6,11	0,697	35,4	1253
123	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
124	Flusseisen . . . . .	13,9	27,6	6,11	0,697	39,6	1568
125	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
126	Flusseisen . . . . .	120,0	133,7	6,11	0,697	191,8	36787
127	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
128*	Flusseisen . . . . .	20,0	—	8,45	(d=3,25)	—	—
129*	Schweisseisen . . . . .	"	—	"	"	—	—
130	Flusseisen . . . . .	120,0	133,7	8,45	0,820	163,0	26569
131	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
132	Flusseisen . . . . .	120,0	133,7	11,16	0,942	141,9	20136
133	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
134	Flusseisen . . . . .	110,0	123,7	14,39	1,07	115,0	13225
135	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"
136	Flusseisen . . . . .	100,0	113,7	18,02	1,20	94,7	8968
137	Schweisseisen . . . . .	"	"	"	"	"	"

\*) Einspannung zwischen festen Druckplatten.

Knickkraft absolut N t	t pro cm <sup>2</sup> β <sub>k</sub>	Beobachtete Richtung der Durchbiegung		Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
		1. Versuch	2. Versuch	Euler	Tetmajer	
				β <sub>k</sub> t pro cm <sup>2</sup>	β <sub>k</sub> t pro cm <sup>2</sup>	
<b>Rundeisen.</b>						
Nachstehende Zahlen entsprechen je einem Versuche.						
16,75	2,74	—	—	—	2,84	
15,50	2,54	—	—	—	2,62	
16,50	2,70	—	—	—	2,80	
14,50	2,37	—	—	—	2,57	
16,50	2,70	—	—	—	2,75	
14,25	2,33	—	—	—	2,52	
3,35	0,55	—	—	0,60	—	
3,12	0,51	—	—	0,55	—	
23,10	2,73	—	—	—	—	Bei einer specif. Anstrengung von 2,73 bzw. 3,67 t sprangen die Probekörper aus der Maschine.
31,00	3,67	—	—	—	—	
6,75	0,80	—	—	0,84	—	Die Qualitätsverhältnisse der Rund- eisen v. de Wendel & Comp. vergl. Tabelle auf S. 106—107.
5,90	0,70	—	—	0,76	—	
11,50	1,03	—	—	1,10	—	
10,38	0,93	—	—	1,00	—	
20,20	1,41	—	—	1,68	—	
18,12	1,26	—	—	1,53	—	
35,75	1,98	—	—	—	2,11	
32,25	1,77	—	—	—	1,80	

Lauf. No.	Material	Ur-	Wirk-	Quer-	Trägheits-	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		sprüngl. Stablänge <i>l cm</i>	same Stablänge <i>l cm</i>	schnitts-Fläche <i>F cm²</i>	halb-messer <i>k cm</i>		

**Formeisen**

Sämmtliche Zahlen sind

**L**-Eisen; deutsch.

Qualitätsverhältnisse:  $\beta_z = 3,5 t \text{ pro } cm^2$ ;

138	Schweisseisen . . . .	400	417	20,00	1,98	210,6	44352
139	"	320	337	"	"	170,3	29002
140	"	240	257	"	"	129,8	16848
141	"	160	183	"	"	92,4	8538
142	"	120	143	"	"	72,2	5212
143	"	80	103	"	"	52,0	2704

**L**-Eisen; Burbacher

Qualitätsverhältnisse:  $\beta_z = 3,34 t \text{ pro } cm^2$ ;

144	Schweisseisen . . . .	430	447	26,0	2,02	221,2	48929
145	"	350	367	"	"	181,7	33015
146	"	270	287	24,8	1,91	150,3	22590
147	"	190	213	"	"	111,5	12432
148*	"	140	163	"	"	85,3	7276
149	"	90	113	"	"	59,2	3505

**C**-Eisen; deutsch.

Qualitätsverhältnisse:  $\beta_z = 3,75 t \text{ pro } cm^2$ ;

150	Schweisseisen . . . .	400	417	20,3	1,75	238,2	56739
151	"	320	337	"	"	192,5	37056
152	"	240	257	"	"	146,9	21580
153	"	160	183	"	"	114,6	10941
154	"	120	143	"	"	81,7	6675
155	"	80	103	"	"	58,2	3387

\*) Einfacher Versuch; der andere Stab war fehlerhaft eingespannt.

absolut <i>N t</i>	Beobachtete		Berechnete Werthe der Knickkraft nach		Bemerkungen
	Knickkraft <i>t pro cm²</i> $\beta_k$	Richtung der Durchbiegung 1. Versuch 2. Versuch	Euler	Tetmajer	
			$\beta_k$ <i>t pro cm²</i>	$\beta_k$ <i>t pro cm²</i>	

**von Burbach.**

Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Normalprofil No. 10.

$\lambda_2 = 17,0 \%$ ;  $c = 0,60 \text{ cm t.}$

8,67	0,43			0,43	—
13,48	0,67			0,66	—
22,00	1,10			1,14	—
33,50	1,68			2,25	1,83
44,13	2,21			—	2,16
45,00	2,25			—	2,60

Für das weiche, aussergewöhnlich zähe Burbacher Schweisseisen wurde der Coefficient der Euler'schen Formel zu  $\pi^2 \epsilon = 19246$  d. h.  $\epsilon = 1950 t \text{ p. } cm^2$  bestimmt. Die in der Columnne  $\beta_k$  nach Euler berechneten Werthe entsprechen somit für  $l : k > 115,0$  der Formel:

$$\beta_k = 19266 \left(\frac{k}{l}\right)^2;$$

für Stäbe mit Längenverhältnissen  $l : k = 18,5$  bis  $115,5$  gilt die Gleichung:

$$\beta_k = 3,348 - 0,01642 \left(\frac{l}{k}\right)$$

Ziemlich plötzlich durchgebogen.

Profil No. 27.

$\lambda_2 = 17,6 \%$ ;  $c = 0,59 \text{ cm t.}$

10,34	0,40			0,39	—
14,38	0,55			0,58	—
21,20	0,86			0,85	—
36,75	1,49			1,55	1,52
45,00	1,81			2,06	1,95
49,87	2,01			—	2,38

Normalprofil No. 14.

$\lambda_2 = 23,1 \%$ ;  $c = 0,87 \text{ cm t.}$

7,85	0,39			0,34	—
11,63	0,57			0,52	—
17,22	0,84			0,89	—
33,38	1,64			1,78	1,63
43,13	2,12			—	2,01
50,13	2,47			—	2,39

Ziemlich allmählig durchgebogen.

" " "

" " "

Ziemlich plötzlich durchgebogen.

" " "

Plötzlich durchgebogen.

Lauf. No.	Material	Ur- sprügl.	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{l})^2$
		Stablänge <i>l</i> cm	Stablänge <i>t</i> cm	<i>F</i> cm <sup>2</sup>	<i>k</i> cm		

**I**-Eisen; deutsch.

Qualitätsverhältnisse:  $\beta_z$  3,69 *t* pro cm<sup>2</sup>;

156	Schweisseisen . . . .	250	267	14,20	1,22	218,8	47873
157	"	200	217	"	"	177,9	31648
158	"	150	173	"	"	141,8	20107
159	"	100	123	"	"	100,8	10161
160	"	75	98	"	"	80,8	6448
161	"	50	73	"	"	59,8	3576

**I**-Eisen; deutsch.

162	Schweisseisen . . . .	400	417	25,7	1,66	251,2	63101
163	"	320	337	"	"	203,0	41209
164	"	240	257	"	"	154,8	23963
165	"	160	183	"	1,62	113,0	12769
166	"	120	143	"	"	88,2	7779
167	"	80	103	"	"	63,6	4045

**II**-Eisen; deutsch.

Nietdurchmesser: *d* = 1,7 cm; Nietteilung: *t* = 70,3 = 55,0 cm;

168	Schweisseisen . . . .	500	517	24,4	2,47	209,3	43806
169	"	400	417	"	"	168,8	28493
170	"	300	317	"	"	128,3	16461
171	"	200	223	"	"	90,3	8154
172	"	150	173	"	"	70,1	4914
173	"	100	123	"	"	50,0	2500

Beobachtete				Berechnete Werthe der Knickspannung nach		Bemerkungen
Knickkraft		Richtung der Durchbiegung		Euler	Tetmajer	
absolut <i>N</i> t	<i>t</i> pro cm <sup>2</sup> $\beta_k$	1. Versuch	2. Versuch	$\beta_k$ <i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	$\beta_k$ <i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	

Normalprofil No. 12.

$\lambda_2 = 22,6$ ; *c* = 0,88 cm *t*.

5,65	0,40	<b>I</b> →	<b>I</b> →	0,40	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
7,75	0,55	→	→	0,61	—	" " "
14,38	1,01	←	→	0,96	—	" " "
27,00	1,90	→	←	1,89	1,69	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
30,25	2,13	←	→	—	2,03	" " "
35,63	2,51	←	←	—	2,37	Plötzlich durchgebogen.

Normalprofil No. 17.

8,32	0,33	<b>I</b> →	<b>I</b> ←	0,31	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
14,00	0,54	←	→	0,47	—	" " "
20,07	0,78	←	→	0,80	—	" " "
36,00	1,40	←	←	1,51	1,49	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
48,75	1,90	→	←	—	1,90	" " "
55,25	2,15	←	→	—	2,30	Plötzlich durchgebogen.

Normalprofil No. 8.

Verschwächung des Profils: *n* = 11,5 %.

10,72	0,44	<b>II</b> →	<b>II</b> ←	0,44	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
16,45	0,67	←	→	0,68	—	" " "
30,50	1,25	→	←	1,17	—	" " "
48,88	2,00	→	←	—	1,87	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
54,37	2,23	→	→	—	2,20	" " "
61,13	2,51	→	→	—	2,53	Plötzlich durchgebogen.

Lauf- No.	Material	Ur- sprügl.	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		Stablänge <i>l</i> cm	<i>l</i> cm	<i>F</i> cm <sup>2</sup>	<i>k</i> cm		

 - Eisen; deutsch.

Nietdurchmesser: *d* = 1,4 cm; Niettheilung: *t* = 73 s = 44,0 cm;

174	Schweisseisen . . . .	500	517	27,0	2,50	206,8	42766
175	"	400	417	"	"	166,8	27822
176	"	300	317	"	"	126,8	16078
177	"	200	223	"	"	89,2	7957
178	"	150	173	"	"	69,2	4788
179	"	100	123	"	"	49,2	3421

 - Eisen;

Nietdurchmesser: *d* = 1,7 cm; Niettheilung: *t* = 56 s = 45 cm.

180	Schweisseisen . . . .	439	456	26,66	2,12	215,1	46268
181	"	400	417	"	"	177,8	31613
182	"	280	297	25,76	2,05	144,9	20996
183	"	200	223	"	"	108,8	11837
184	"	150	173	"	"	84,4	7123
185	"	100	123	"	"	60,0	3600

 - Eisen; deutsch.

Nietdurchmesser: *d* = 1,4 cm; Niettheilung: *t* = 75 s = 45 cm.

186	Schweisseisen . . . .	400	417	21,8	2,00	208,5	43472
187	"	320	437	"	"	168,5	28392
188	"	240	257	"	"	128,5	16512
189	"	160	183	"	"	91,5	8372
190	"	120	143	"	"	71,5	5112
191	"	80	103	"	"	51,5	2652

\*) Mit der effectiven Fläche *F* = 23,7 cm<sup>2</sup> gerechnet wird  $\beta_k = 1,80 t \text{ pro cm}^2$ .

Beobachtete				Berechnete Werthe der Quickspannung nach		Bemerkungen
Knickkraft		Richtung		Euler $\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>	Tetmajer $\beta_k$ t pro cm <sup>2</sup>	
absolut <i>N t</i>	<i>t</i> pro cm <sup>2</sup> $\beta_k$	der Durchbiegung 1. Versuch 2. Versuch				

Normalprofil No. 6a.

Verschwächung des Profils: *n* = 12 %.

11,92	0,44			0,45	—	Allmähig durchgebogen.
18,53	0,69			0,69	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
28,00	1,04			1,20	—	" " "
42,71*	1,58*			2,42	1,88	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
57,75	2,14			—	2,21	" " "
69,25	2,56			—	2,54	Plötzlich durchgebogen.

Burbacher Profil No. 16.

Verschwächung des Profils: *n* = 10,2 %.

11,29	0,42			0,42	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
15,13	0,59			0,61	—	" " "
20,40	0,79			0,92	—	" " "
40,25	1,56			1,63	1,56	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
44,75	1,74			—	1,96	" " "
54,00	2,10			—	2,36	" " "

Normalprofil No. 8.

Verschwächung des Profils: *n* = 10,3 %.

9,44	0,43			0,44	—	Ziemlich allmähig durchgebogen.
14,50	0,66			0,68	—	" " "
22,82	1,05			1,17	—	" " "
39,25	1,80			—	1,85	Ziemlich plötzlich durchgebogen.
46,75	2,14			—	2,17	" " "
51,63	2,37			—	2,50	" " "

Lauf. No.	Material	Ur-	Wirk-	Quer-	Trägheits-	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$
		sprüngl. Stablänge <i>l</i> cm	same Stablänge <i>l</i> cm	schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	halb- messer <i>k</i> cm		

**Formeisen;**

Nachstehende Zahlenwerthe

**L-Eisen;**

192	Schweisseisen . . . .	560	579	19,9	1,80	322	103684
-----	-----------------------	-----	-----	------	------	-----	--------

**C-Eisen.**

193	Schweisseisen . . . .	560	579	17,0	1,70	341	116281
-----	-----------------------	-----	-----	------	------	-----	--------

**LL-Eisen.**

Nietdurchmesser *d* = 1,7 cm; Niettheilung *t* = 35 cm

194	Schweisseisen . . . .	560	579	21,0	2,14	271	73441
-----	-----------------------	-----	-----	------	------	-----	-------

NB. Vorstehende Eisensorten sind aus der Burbacher Hütte bezogen. Der eisens; es konnten somit die „berechneten Werthe der Knickspannungen“

Beobachtete				Berechnete Werthe		Bemerkungen
Knickkraft		Richtung		der Knickspannung		
absolut <i>N t</i>	<i>t</i> pro cm <sup>2</sup> $\beta_k$	1. Versuch	2. Versuch	Euler $\beta_k$ <i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	Tetmajer $\beta_k$ <i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	

**Eisenwerk Kaiserslautern.**

entsprechen je einem Versuche.

**Burbacher Profil No. 24.**

3,90	0,20		—	6,19	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
------	------	--	---	------	---	----------------------------------

**C-Eisen.**

2,60	0,15		—	0,17	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
------	------	--	---	------	---	----------------------------------

**LL-Eisen.**

Nietdurchmesser *d* = 1,7 cm; Niettheilung *t* = 35 cm

5,90	0,28		—	0,26	—	Ziemlich allmählig durchgebogen.
------	------	--	---	------	---	----------------------------------

Qualität nach gehören dieselben in die Kategorie des Prima Burbacher Constructions- beider unter zu Grundelegung der nämlichen Formeln ermittelt werden.

Aus vorstehend zusammengestellten Versuchen geht nun hervor:

1. Ungeachtet aller Vorsicht und Sorgfalt in der Appretur und Einspannung der Probestäbe war nicht zu vermeiden, dass bei einzelnen Stäben zu Folge ungenügender Geradheit, Querschnittsveränderungen, Materialfehler (Unhomogenitäten) und Mängel der Einspannung, ein vorzeitiges Durchbiegen eingetreten ist.

2. Umgekehrt trugen einzelne Stäbe thatsächlich mehr als nach dem festgestellten Gesetze durchschnittlich zu erwarten war. Diese Erscheinung findet in der qualitativen Verschiedenheit, Härte der Oberfläche (abhängig von der Walztemperatur und Abkühlungsverhältnissen der Stäbe) und der zufälligen Dichte des Materials (beim Schweisseisen) ihre Begründung.

3. Ein Einfluss der Form der Versuchstäbe auf die Knickfestigkeit des schmiedbaren Constructionseisens wird wahrscheinlich bestehen. Vorliegende Versuchsreihen geben indessen zur Beurtheilung desselben keinen Anhaltspunkt.

4. Die durch Nietung zusammengesetzten Stäbe verhalten sich in jeder Hinsicht wie die einfachen Walzprofile soferne:

- a. die Nietabstände 55 cm nicht überschreiten;
- b. die Nietlöcher satt ausfüllen;
- c. die Schwächung der Stabquerschnitte durch Nietlöcher durchschnittlich ca. 12 % der vollen Querschnittsfläche nicht überschreitet.

5. Hinsichtlich des Einflusses der Nietung, insbesondere der Schwächung des Stabquerschnitts durch Nietlöcher, sowie der Lage der Nietlöcher im Querschnitt ist das Flusseisen entschieden empfindlicher, als das Schweisseisen. Bei Dimensionirung von Druckstäben in Flusseisen ist daher anzurathen, die Nietlöcher

in Abzug zu bringen, so oft die Verschwächung des Stabquerschnitts durch die Nietlöcher 10 % seiner vollen Querschnittsfläche erreicht.

6. Die Durchbiegung der Druckstäbe mit Längenverhältnissen  $l:k$  (Verhältniss der wirksamen Stablänge zum kleinsten Trägheitshalbmesser seiner Querschnittsfläche) grösser als ca. 100 erfolgt meist allmähig; bei Stäben mit  $l:k < \text{ca. } 100$  dagegen in der Regel plötzlich. Die Formveränderung an der Grenze des Tragvermögens der Stäbe war im ersten Falle eine gesetzmässig-stetige und vorwiegend elastische, im letztern Falle dagegen eine mehr lokale (in Nähe der Stabmitte) und vorwiegend unelastische.

7. Die Richtung der Durchbiegung correspondirt in der Regel mit der Richtung des kleinsten Trägheitshalbmessers des Stabquerschnitts (Richtung des kleinsten Biege- und Widerstandes).

8. Das Tragvermögen der Stäbe in Fluss- und Schweisseisen mit Längenverhältnissen

beim Flusseisen:                      beim Schweisseisen:

$$l:k > 105,0 \qquad l:k > 112,5$$

folgt dem Euler'schen Gesetze und sind die Constanten speciell für

das Flusseisen von Hayange zu : 22208 (d. h.  $\epsilon = 2240 \text{ t pro cm}^2$ )

„ Schweisseisen „ „ „ : 20234 (d. h.  $\epsilon = 2050 \text{ „ „ „}$ )

festgestellt worden.

Im Intervalle . . .  $l:k > 105,0$                        $l:k > 112,5$

ist somit die specif. Knickfestigkeit

beim Flusseisen durch :  $\beta_k = 22208 \left(\frac{k}{l}\right)^2 \text{ t pro cm}^2$  —

„ Schweisseisen durch —  $\beta_k = 20234 \left(\frac{k}{l}\right)^2 \text{ t pro cm}^2$

ausgedrückt.

9. Das Tragvermögen der Stäbe mit Längenverhältnissen  $l:k < 112,5$  bzw.  $< 105,0$  folgt dem Euler'schen Gesetze nicht und bestätigen unsere Ver-

suche, dass in diesem für das Constructionsfach in schmiedbarem Eisen besonders wichtigem Intervalle das Tragvermögen der Stäbe in Fluss- und Schweisseisen mit abnehmenden Längenverhältnissen ( $l:k$ ) angenähert proportional wächst und

für Flusseisen: für Schweisseisen:

durch:  $\beta_k = 3,207 - 0,01157 \left(\frac{l}{k}\right)$ ;  $\beta_k = 3,030 - 0,013 \left(\frac{l}{k}\right)$

dargestellt werden kann.

Vorstehende Ausdrücke gelten zunächst innerhalb der Versuchsgrenzen, also im Intervalle

$$\frac{l}{k} = 20,4 - 105; \text{ bzw. } \frac{l}{k} = 18,5 - 112,5.$$

In Nähe der untern Grenzen ( $l:k = 18,5$  bzw.  $20,4$ ) verlieren die vorstehenden Gleichungen ihren Werth. Stäbe mit noch kleineren Längenverhältnissen erreichen unter Breitungsercheinungen (fassförmiges Stauchen cylinderischer Körper), ohne dass Trennung der Theile, ein Zermalmen des Materials eintreten würde, regellose, oft nicht unerhebliche Grenzwerte ihres Tragvermögens, die unserer Ansicht nach (vgl. S. 42) für das Material nicht charakteristisch sind, da sie lediglich Zufälligkeiten zum Ausdruck bringen.

10. Aus Vorstehendem geht hervor, dass es unmöglich ist, die Gesetze der Knickfestigkeit des schmiedbaren Constructions-Eisens durch eine einzige Gleichung überhaupt auszudrücken.

Mit Bezug auf die vielfach benützte Knickungsformel von Schwarz-Rankine

$$\beta_k = \frac{\beta}{1 + \gamma \left(\frac{l}{k}\right)^2}$$

folgt hieraus, dass dieselbe zur Darstellung der Knickspannung nur gewaltsam und unter Annahme veränderlicher Erfahrungs-Coefficienten  $\gamma$  eingerichtet werden kann.

Für das Intervall der vorwiegend unelastischen Knickungsvorgänge, in welchem allein der empirischen Formel Schwarz-Rankine's etwelche Berechtigung zuerkannt

werden kann, fanden wir unter Zugrundelegung des gefundenen Knickgesetzes

	für Flusseisen:	für Schweisseisen:
im Mittel:	$\beta = 2,97 \text{ t pro cm}^2$	$\beta = 2,79 \text{ t pro cm}^2$
im Maximum:	$= 3,05 \text{ " "}$	$= 2,86 \text{ " "}$
im Minimum:	$= 2,89 \text{ " "}$	$= 2,72 \text{ " "}$

dabei betrug

im Mittel:	$\eta = 0,000069$	$\eta = 0,000060$
im Maximum:	$= 0,000081$	$= 0,000064$
im Minimum:	$= 0,000057$	$= 0,000057$

Hieraus folgt nun wieder, dass

- in der Schwarz-Rankine'schen Formel selbst im Intervalle der vorwiegend unelastischen Knickungsvorgänge die Werthe von  $\beta$  und  $\eta$  veränderlich sind; dass
- die angezogene Formel mit den vorstehend angegebenen Mittelwerthen von  $\beta$  und  $\eta$ , die in diesem Intervalle vorkommenden Knickspannungen ( $\beta_k$ ) näherungsweise, für alle Bedürfnisse der Praxis hinreichend genau zum Ausdruck bringt; dass endlich
- der vielfach benutzte Coefficient  $\eta = 0,0001$  keine Berechtigung besitzt.

**Anmerkung.** Aus vorstehenden Darlegungen geht die Unzulässigkeit der jetzt üblichen Art der Benutzung der Schwarz-Rankine'schen Knickungsformel hervor. Gewöhnlich ersetzt man in dieser  $\beta$  schlechtweg durch die zulässige Material-Inanspruchnahme auf einfachen Zug oder Druck; das Ergebniss der numerischen Ausrechnung der Formel wird sodann als Mass der zulässigen Inanspruchnahme auf Knicken angesehen.

Es ist nun leicht einzusehen, dass diese Art der Bestimmung der Grösse der zulässigen Knickspannung eine Aenderung des der zu dimensionirenden Construction zu Grunde gelegten Sicherheitsgrades nach sich zieht, welche verursacht, dass schliesslich die gedrückten Elemente unserer Eisenconstructions einen geringern Sicherheitsgrad erhalten, als die gespannten, was nicht nur nicht rationell ist, sondern geradezu als unstatthaft bezeichnet werden muss.

Bei Benutzung der Schwarz-Rankine'schen Knickungsformel hat man auf deren ursprüngliche Form zurückzugreifen und die zulässige Inanspruchnahme auf Knicken in der Form zu schreiben:

$$\sigma_k = \frac{\beta_k}{m} = \frac{1}{m} \frac{\beta}{1 + \eta \left(\frac{l}{k}\right)^2} = \frac{\sigma}{1 + \eta \left(\frac{l}{k}\right)^2}$$

worin  $m$  den vorgesehenen Sicherheitsgrad der Construction

$\beta$  für Flusseisen:  $2,97 \text{ t pro cm}^2$  (rund  $3,00$ ),

für Schweisseisen:  $2,79 \text{ t pro cm}^2$  (rund  $2,80$ )

und  $\sigma = \beta : m$ , bedeutet.

### 5. Zusammenstellung der Resultate

Sämmtliche Zahlen sind

Lauf- No.	Material	Wirk- same Stablänge <i>l</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Trägheits- halb- messer <i>k</i> cm	Kern- weite <i>w</i> cm	$\left(\frac{l}{k}\right)$	$\left(\frac{l}{k}\right)^2$	Ur- sprüngl. Excentricität	
								<i>n</i> cm	<i>n'</i> cm

#### L - Eisen; deutsch.

1	Flusseisen	218,0	15,0	1,72	0,895	127	16129	1,00	2,07
2	"	318,0	"	1,73	"	184	33856	1,00	3,27
3	"	418,0	"	1,73	"	242	58564	2,00	7,27
4	"	518,0	"	1,72	"	301	90601	2,00	10,75
5	Schweisseisen	218,0	15,5	1,78	0,880	122,5	15006	1,40	2,65
6	"	318,0	"	"	"	178,5	31862	1,40	3,72
7	"	418,0	"	"	"	235,0	55225	1,20	4,60
8	"	518,0	15,3	"	"	291,0	84681	1,20	6,78

#### ┌┐ - Eisen; deutsch.

9	Flusseisen	120,0	30,0	2,77	2,98	43,3	1875	3,58	4,17
10	"	220,0	"	"	"	79,5	6320	3,54	5,40
11	"	320,0	"	"	"	115,5	13340	3,58	6,75
12	"	420,0	"	"	"	151,6	22983	3,52	8,36
13	"	520,0	"	"	"	187,7	35231	3,44	9,66
14	Schweisseisen	120,0	31,8	2,76	2,94	43,5	1892	3,69	4,27
15	"	220,0	"	"	"	79,7	6352	"	5,53
16	"	320,0	"	"	"	115,9	13433	"	7,22
17	"	420,0	"	"	"	152,2	23165	"	9,20
18	"	520,0	"	"	"	188,4	35495	"	11,18

### der excentrischen Druckproben.

Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

$\frac{n'}{w}$	Beobachtete Trag- kraft		Berechnete Werthe der			Bemerkungen
	absolut <i>N</i> t	<i>t</i> pro cm <sup>2</sup> <i>σ</i> t	Knick- spannung <i>σ<sub>k</sub></i> <i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	Coeffi- cient <i>ζ</i>	mittleren Druck- kraft <i>σ</i> t p. cm <sup>2</sup>	

#### Normalprofil No. 9a.

2,48	9,60	0,16	0,26	0,36	0,69	Probestäbe waren excentrisch auf bewegliche Druckplatten der Werder-Maschine gelagert.
3,92	6,60	0,55	0,94	0,40 <sup>f</sup>	0,13	
8,71	4,02	0,34	0,26	0,33	0,05	
12,87	2,89	0,24	0,98	0,20	0,53	
3,01	8,55	0,17	0,13	1,25]	0,60	
4,23	5,55	0,67	0,32	0,71	0,52	
5,23	3,89	0,35	1,09	0,44	0,34	
7,70	2,85	0,22	0,15	0,82	0,61	

#### Normalprofil No. 9a.

1,40	39,75	1,33	2,71	0,76	1,31	Probestäbe waren nach Anleitung der Fig. 9, Seite 18, appretirt.
1,81	31,37	1,05	2,29	0,65	1,05	
2,27	20,79	0,69	1,65	0,53	0,75	
2,81	15,24	0,51	0,96	0,29	0,53	
3,24	11,25	0,38	0,63	0,18	0,40	
1,45	37,12	1,17	2,46	0,76	1,17	
1,88	28,37	0,89	1,98	0,65	0,89	
2,46	20,37	0,64	1,47	0,53	0,64	
3,13	14,82	0,47	0,86	0,29	0,44	
3,80	11,02	0,35	0,56	0,17	0,34	

Lauf- No.	Material	Wirk- same	Quer- schnitts- Fläche	Trägheits- halb- messer	Kern- weite	$\left(\frac{l}{k}\right)$	$\left(\frac{l}{k}\right)^2$	Ur- sprüngl. sammt- Excentricität	Ge- sammt- excentricität
		Stablänge <i>l</i> cm	<i>F</i> cm <sup>2</sup>	<i>k</i> cm	<i>w</i> cm	<i>n</i> cm	<i>n'</i> cm		

**I** - Eisen; hochstegiges

Sämmtliche Zahlen sind

19	Flusseisen	218,0	20,9	2,11	3,24	103,3	10671	2,31	—
20	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
21	"	318,0	20,9	2,11	3,24	150,7	22710	2,31	—
22	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
23	"	418,0	20,9	2,11	3,24	198,1	39244	2,31	—
24	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
25	"	518,0	20,9	2,11	3,24	245,5	60270	2,31	—
26	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
27	Schweisseisen	218,0	21,2	2,11	3,24	103,3	10671	2,31	—
28	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
29	"	318,0	20,9	2,11	3,24	150,7	22710	2,31	—
30	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
31	"	418,0	20,9	2,11	3,24	198,1	39244	2,31	—
32	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—
33	"	518,0	20,9	2,11	3,24	245,5	60270	2,31	—
34	"	"	20,9	"	"	"	"	1,50	—

$\frac{n'}{w}$	Beobachtete Trag- kraft		Berechnete Werthe der			Bemerkungen
	absolut <i>N</i> t	pro cm <sup>2</sup> <i>σ</i> t	Knick- spannung <i>σ<sub>k</sub></i> t pro cm	Coef- ficient <i>ξ</i>	mittl. In- anspruch- nahme <i>σ</i> t p. cm <sup>2</sup>	

## Normalprofil No. 10 : 10.

Werthziffern einfacher Versuche.

—	26,25	1,26	2,03	—	—	Sämmtliche Stäbe dieser Serie sind geknickt in der Richtung des kleinsten Trägheitshalbmessers, also senkrecht zur Excentricitäts-Axe. (Der grosse Trägheitshalbmesser beträgt max. <i>k</i> = 3,06 cm).	
—	27,75	1,33	"	—	—		
—	17,50	0,84	0,98	—	—		
—	18,50	0,89	"	—	—		
—	10,50	0,50	0,56	—	—		
—	12,50	0,59	"	—	—		
—	6,50	0,31	0,37	—	—		
—	6,90	0,33	"	—	—		
—	26,00	1,23	1,85	—	—		Alles wie beim Flusseisen.
—	26,30	1,26	"	—	—		
—	18,80	0,90	0,87	—	—		
—	16,00	0,78	"	—	—		
—	9,90	0,48	0,50	—	—		
—	9,63	0,46	"	—	—		
—	6,63	0,31	0,33	—	—		
—	6,60	0,32	"	—	—		

Lauf. No.	Material	Quer-	Wirk-	Trägheits-	Kern-	$\left(\frac{l}{k}\right)$	$\left(\frac{l}{k}\right)^2$	Ur-	Ge-
		schnitts- Fläche <i>F cm²</i>	same Stablänge <i>l cm</i>	halb- messer <i>k cm</i>	weite <i>w cm</i>			sprüngl. Excentricität <i>n cm</i>	samt- n' <i>cm</i>

Rundeisen

Werthziffern des Materials:  $\beta_z = 3,61 t \text{ pro } cm^2$ ;

35	Schweisseisen	16,7	52,3	1,15	0,575	45,5	2070	4,0	4,30
36	"	16,7	52,0	"	"	45,2	2043	8,0	8,22
37	"	16,5	75,3	"	"	65,5	4290	4,0	4,41
38	"	16,6	75,0	"	"	65,2	4251	8,0	8,44
39	"	17,2	118,7	1,17	0,585	101,4	10282	4,0	4,93
40	"	17,0	118,5	"	"	101,3	10262	8,0	9,07
41	"	17,2	168,6	"	"	144,1	20765	4,0	6,07
42	"	17,2	168,4	"	"	143,9	20707	8,0	9,93
43	"	17,2	213,0	"	"	182,0	33124	4,0	6,97
44	"	17,2	213,9	"	"	182,3	33416	8,0	11,33

**I**-Eisen; Eisenwerk

Werthziffern des Materials:  $\beta_z = 3,63 t \text{ pro } cm^2$ ;  $\lambda_s = 18,5 \text{ }^\circ\text{/o}$ ;

45	Schweisseisen	19,9	358,0	1,80	2,01	199	39601	0,60	3,32
46	"	"	358,0	"	"	199	39601	2,60	7,35
47	"	"	362,0	"	"	201	40401	3,70	8,92
48	"	"	579,0	"	"	322	103684	2,60	14,05

Nach Anleitung der Fig. 9

49	Schweisseisen	19,9	432*	1,80	2,01	240	57600	2,19	8,90
----	---------------	------	------	------	------	-----	-------	------	------

\*) Die Länge des Formenabschnitts, siehe Tafel XI<sup>b</sup>, entspricht  $l = 540 \text{ cm}$ ;

$\frac{n'}{w}$	Beobachtete Tragkraft		Berechnete Werthe der			Bemerkungen
	absolut <i>N t</i>	pro <i>cm²</i> <i>σ t</i>	Knickspannung <i>σ<sub>k</sub></i> <i>t pro cm²</i>	Coefficient <i>ξ</i>	mittl. Inanspruchnahme <i>σ t p. cm²</i>	

von Gerlafingen.

$\lambda_s = 23,7 \text{ }^\circ\text{/o}$ ;  $c = 0,87 \text{ cm t}$ .

7,30	6,26	0,38	2,44	0,75	0,38	$n' = \frac{n}{1 - \frac{1}{2} \left[ \frac{\sigma(l_0)}{\varepsilon(k)} \right]^2 + \frac{1}{24} \left[ \frac{\sigma(l_0)}{\varepsilon(k)} \right]^4}$ worin: $\varepsilon = 2000 t \text{ p. } cm^2 \text{ d. Elasticitätsmodul}$ $l_0 = \frac{1}{2} l$ bedeutet.
14,29	3,51	0,21	2,44	0,75	0,21	
7,67	5,86	0,34	2,18	0,69	0,35	
14,68	3,25	0,20	2,18	0,69	0,20	
8,43	5,23	0,30	1,71	0,59	0,29	
15,50	3,18	0,19	1,71	0,59	0,17	
10,38	4,32	0,28	0,96	0,33	0,22	
17,06	2,72	0,16	0,95	0,33	0,14	
11,91	3,84	0,22	0,60	0,19	0,10	
19,45	2,58	0,15	0,60	0,19	0,13	

Kaiserslautern.

$c = 0,67 \text{ cm t}$ . Vergl. Fig. 2 u. 5 auf Taf. XI<sup>b</sup>.

1,90	8,20	0,41	0,50	0,15	0,39
3,91	6,16	0,31	0,50	0,15	0,31
4,44	5,19	0,26	0,49	0,15	0,29
6,99	2,90	0,15	0,19	0,029	0,16

auf Taf. XI<sup>b</sup> appetirt.

4,42	4,86	0,25	0,35	0,069	0,27	Einspannung zwischen feste Druckplatten.
------	------	------	------	-------	------	--

die wirksame Stablänge wurde berechnet zu  $l_0 = 0,8 l = 432 \text{ cm}$ .

Lauf. No.	Material	Querschnitts-Fläche $F \text{ cm}^2$	Wirk-same Stablänge $l \text{ cm}$	Trägheits-halb-messer $k \text{ cm}$	Kern-weite $w \text{ cm}$	$(\frac{l}{k})$	$(\frac{l}{k})^2$	Ur-sprüngl. sammt-	Ge-
								Excentricität $n \text{ cm}$	mittl. In-anspruch-nahme $n' \text{ cm}$

**[- Eisen; Eisenwerk**

Vergl. Fig. 3 u. 6

50	Schweisseisen	17,0	358,0	1,70	1,66	211	44521	0,88	4,33
51	"	"	358,0	"	"	211	44521	2,74	7,53
52	"	"	362,0	"	"	212	44944	4,90	10,47
53	"	"	579,0	"	"	341	116281	2,70	13,43

Nach Anleitung der Fig. 10

54	Schweisseisen	17,0	378 *	1,70	1,66	222	49284	2,33	8,75
----	---------------	------	-------	------	------	-----	-------	------	------

**||- Eisen; geliefert vom**

Vergl. Fig. 1 u. 4

55	Schweisseisen	21,0	358,0	2,14	2,18	167	27889	1,24	4,53
56	"	"	358,0	"	"	167	27889	3,10	7,54
57	"	"	362,0	"	"	169	28561	5,25	10,25
58	"	"	579,0	"	"	271	73441	3,10	16,23

Nach Anleitung der Fig. 7 u. 8

59	Schweisseisen	21,0	410 †	2,14	2,18	192	36864	2,69	7,90
----	---------------	------	-------	------	------	-----	-------	------	------

\*) Die Länge des Formeisen-Abschnitts, siehe Tafel XI<sup>b</sup>, entspricht  $l = 540 \text{ cm}$ ;

†) " " " " " " " " " " " "  $l = 540 \text{ cm}$ ;

$\frac{n'}{w}$	Beobachtete Trag-kraft		Berechnete Werthe der			Bemerkungen
	absolut $N t$	$t \text{ pro cm}^2$ $\sigma$	Knick-spannung $\sigma_B$ $t \text{ pro cm}^2$	Coeffi-cient $\zeta$	mittl. In-anspruch-nahme $\sigma t \text{ pro cm}^2$	

**Kaiserslautern.**

auf Taf. XI<sup>b</sup>.

2,61	5,70	0,34	0,43	0,13	0,32
4,54	4,40	0,26	0,43	0,13	0,27
6,31	3,58	0,21	0,44	0,13	0,24
8,09	2,15	0,13	0,17	0,021	0,14

auf Taf. XI<sup>b</sup> appetirt.

5,28	4,70	0,28	0,41	0,114	0,26	Einspannung zwischen feste Druckplatten.
------	------	------	------	-------	------	--

**Eisenwerke Kaiserslautern.**

auf Taf. XI<sup>b</sup>.

2,08	10,20	0,49	0,71	0,23	0,48
3,46	7,97	0,38	0,71	0,23	0,39
4,70	6,27	0,30	0,69	0,23	0,23
7,44	4,40	0,21	0,27	0,06	0,19

auf Taf. XI<sup>b</sup> appetirt.

3,62	6,90	0,33	0,55	0,167	0,34	Einspannung zwischen feste Druckplatten.
------	------	------	------	-------	------	--

die wirksame Stablänge wurde berechnet zu  $l_0 = 0,70 l = 378 \text{ cm}$ .

" " " " " " " " " " " "  $l_0 = 0,76 l = 410 \text{ cm}$ .

Als Mass der grössten Kantenpressung eines excentrisch belasteten, prismatischen Stabes von der Länge  $l$  liefert die Elasticitäts- und Festigkeitslehre\*) die Formel:

$$\sigma = \sigma_d \left[ 1 + \frac{n'}{w} \right]$$

wenn

$\sigma_d$  in  $t$  pro  $cm^2$ , die mittlere Inanspruchnahme auf Druck,  
 $w$  in  $cm$  die Kernweite in der Biegungsrichtung und  
 $n'$  die Gesamtexcentricität (ursprüngliche + elastische) bedeutet.

Letztere wird berechnet aus:

$$n' = \frac{n}{\cos \frac{l_0}{k} \sqrt{\frac{\sigma_d}{\varepsilon}}} = \frac{n}{1 - \frac{1}{2} \left[ \frac{\sigma_d}{\varepsilon} \left( \frac{l_0}{k} \right)^2 \right] + \frac{1}{24} \left[ \frac{\sigma_d}{\varepsilon} \left( \frac{l_0}{k} \right)^2 \right]^2}$$

worin:

$n$  die ursprüngliche Excentricität,

$l_0$  die massgebende Stablänge,

$k$  den Trägheitsmesser in der Biegungsrichtung und

$\varepsilon$  den Elasticitätsmodul des Materials auf Druck

bezeichnet.

Bei der practischen Verwendung vorstehender Gleichungen tritt die Schwierigkeit der Bestimmung der zulässigen grössten Kantenpressung auf. Verschiedene Schriftsteller haben in mannigfacher Weise gesucht, fragliche Schwierigkeiten zu beseitigen. Diese Bestrebungen laufen jedoch in der Regel auf Annahmen hinaus, die weder auf theoretischen Speculationen, noch auf experimentellen Beobachtungen aufgebaut sind, wodurch zu den Unsicherheiten in der Wahl des Sicherheitsgrades für centrischen Druck (einfache Knickung) noch weitere hinzutreten.

Nach der Meinung des Verfassers hat man die zulässige Material-Inanspruchnahme auf excentrischen Druck beanspruchter Bauconstructions von der Knickfestigkeit des Materials in gleicher Weise und unter zu Grundelegung ähnlicher Sicherheitscoefficienten

\*) Vergleiche Tetmajer: „Die angewandte Elasticitäts- und Festigkeitslehre“, Seite 167–168.

abzuleiten, als dies für den rein centrischen Druck von der Würfelfestigkeit des Materials geschieht. Als Consequenz dieses Verfahrens folgt sodann, dass in Fällen, wo das massgebende Längenverhältniss ( $l : k$ ) des Stabes kleiner ist, als zum Eintritt von Knickerscheinungen nöthig, die zulässige Inanspruchnahme auf einfachen Druck massgebend bleibt, während anderseits in Fällen, wo die ursprüngliche Excentricität ( $n$ ) = 0 ist, die zulässige Inanspruchnahme = der zulässigen Knickspannung wird, wie dies die Natur der Sache fordert.

Bezeichnet

$\sigma_k$  die mittlere, zulässige Inanspruchnahme des Materials eines prismatischen Stabes auf Knickung;

$\sigma_d$  diejenige auf Druck bei excentrischer Belastung, so wird nach obigem letztere durch:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{1 + \zeta \frac{n'}{w}}$$

ausgedrückt sein, sofern  $\zeta$  einen vom Materiale, nicht minder vom massgebenden Längenverhältnisse des Stabes abhängigen Coefficienten bedeutet. Diesen für das schmiedbare Constructionseisen zu bestimmen, bezweckt die Ausführung der vorstehend zusammengestellten excentrischen Druckversuche\*), welche zu folgenden Resultaten führten:

1. Für excentrische Stäbe in schmiedeisernem Constructionseisen mit Längenverhältnissen  $l : k <$  als c. 112 (Stäbe, die bei centrischer Belastung vorwiegend unelastische Knickerscheinungen liefern, also Knicken bei mittleren specifischen Inanspruchnahmen  $<$  als der Grenzmodul ( $\gamma$ ) des Materials) beträgt:

\*) Es sind dies die gleichen Versuche, welche der Verfasser in seiner „Angewandten Elasticitäts- und Festigkeitslehre“, S. 172–173 für einige schmiedbare Eisensorten angeführt hat. Die dort angegebenen Gleichungen für  $\zeta$  sind unter zu Grundlegung der modificirten Schwarz-Rankine'schen Formel ermittelt worden. Seither hat der Verfasser die in vorliegender Arbeit niedergelegten Knickversuche ausgeführt, die Gesetze der Knickfestigkeit näher präcisirt und für dieselben neue Formeln und Constanten (in der Euler'schen Formel) angegeben. Auf Grundlage dieser erfolgte eine Umrechnung der Resultate sämtlicher excentrischer Druckproben, welche zu vorstehenden verallgemeinerten Formeln für  $\zeta$  führten.

$$\zeta = -0,0028 \left(\frac{l}{k}\right) + 0,877$$

2. Für excentrisch belastete Stäbe in schmiedbarem Constructionseisen mit Längenverhältnissen  $l : k > c. 112$  (Stäbe, die bei centrischer Belastung vorwiegend elastische Knickerscheinungen liefern, also Knicken bei mittleren, specifischen Inanspruchnahmen  $<$  als der Grenzmodul ( $\gamma$ ) des Materials) beträgt:

$$\zeta = 7158 \left(\frac{k}{l}\right)^2 + 5,87 \left(\frac{k}{l}\right) - 0,058$$

Mittelst vorstehender Formeln sind die Coefficienten  $\zeta$  und die Werthe der mittleren Druckkräfte  $\sigma$  der Tabellen auf Seite 170 bis 177 berechnet worden. Man sieht, die Uebereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung ist für Bedürfnisse der Praxis eine vollständig befriedigende.

**Anmerkung.** Bezüglich der Verwendung vorstehender Versuchsergebnisse haben wir folgende Bemerkungen:

Mit einem angenommenen Werth von  $\sigma_d = \sigma'_d$  ermittle man nach:

$$\min. F = \frac{N}{\sigma'_d}$$

das Erforderniss an Querschnittsflächen ( $F$ ) des Stabes, wähle dessen Profil und berechne für dieses das massgebende Längenverhältniss  $l : k$ , ermittle hierauf  $\sigma_k$ ,  $\zeta$ ,  $n'$  und  $w$  und bestimme nach:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_k}{1 + \zeta \frac{n'}{w}}$$

den Werth der mittleren Inanspruchnahme des Profils. Die Dimensionirung darf als correct angesehen werden, sofern die Annahme ( $\sigma'_d$ ) und das Ergebniss der Controll-Rechnung ( $\sigma_d$ ) sich befriedigend decken. Hat man auf diese Weise die Dimensionirung erledigt, so lässt sich, da  $n'$  aus:

$$n' = \frac{n}{\left[\frac{\sigma_d}{\varepsilon} \left(\frac{l_o}{k}\right)^2\right] + \frac{1}{24} \left[\frac{\sigma_d}{\varepsilon} \left(\frac{l_o}{k}\right)^2\right]^2}$$

bekannt ist, das Mass der herrschenden, grössten Kantenpressung nach der Formel:

$$\sigma = \sigma_d \left(1 + \frac{n'}{w}\right)$$

rechnungsmässig feststellen.

A. Qualitätszweige durch Zerkleinern

Stahlwerke Zwickau und Mühlhausen

# 6. Resultate

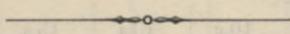
der

## Prüfung von I-Eisen.

Material von de Wendel & Comp.

in

Hayange.



**A. Qualitätsausweis durch Zerreißproben.\*)**

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf- No.	Ursprüng- liche Träger- höhe cm	Streck- grenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festigkeit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehnungen		Con- traction $\varphi$ in %	Qual- coefficient n. Tetm. $\frac{c}{cm\ t}$	Bemerkungen
				pro 10 cm $\lambda_1$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %			

**I. Material der Flanschen.**

1	10	2,97	4,03	21,5	19,1	28,2	0,77	Normalsehniges Schweisseisen.
2	15	2,56	3,78	29,0	25,5	32,1	0,96	
3	20	2,45	3,65	21,1	18,5	25,1	0,68	
4	24	2,42	3,61	18,4	15,8	24,6	0,57	
5	30	2,27	3,70	22,7	19,7	29,9	0,73	
6	34	2,37	3,76	20,8	20,5	23,9	0,77	
7	40	2,19	3,53	23,3	22,9	23,6	0,81	
<b>Mittel</b>		<b>2,46</b>	<b>3,72</b>	<b>22,4</b>	<b>20,3</b>	<b>26,8</b>	<b>0,76</b>	

**II. Material der Stege.**

8	10	2,85	3,85	10,6	10,4	15,9	0,40	Normalsehniges Schweisseisen.
9	15	2,72	3,61	8,2	7,8	13,0	0,28	
10	20	2,51	3,58	13,2	11,7	14,8	0,42	
11	24	2,54	3,41	14,3	13,1	15,0	0,45	
12	30	2,18	3,16	9,8	9,1	12,5	0,29	
13	34	2,38	3,62	14,3	17,9	17,2	0,65	
14	40	2,33	3,55	12,7	11,9	13,7	0,42	
<b>Mittel</b>		<b>2,50</b>	<b>3,54</b>	<b>12,6</b>	<b>11,7</b>	<b>14,6</b>	<b>0,42</b>	

\*) Die Entnahme der Zerreißproben geschah aus den vorangehend der Schlag- oder Biegeproben unterworfenen  $\Gamma$ -Eisen nach Anleitung der Fig. 7 auf Seite 26.

**B. Resultate der Biegeproben.\*)**

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Gegenstand	Ursprüngliche Trägerhöhen in cm							General- Mittel
	10	15	20	24	30	34	40	
Elastizitätsmodul	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>
der Biegefestigkeit $\epsilon =$	2023	1984	1985	1925	1861	1948	1943	1958
Faserspannung	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t p. cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>
a. d. Elasticitätsgrenze $\gamma =$	1,54	1,67	1,61	1,69	1,53	1,51	1,46	1,57
" " Biegegrenze $\sigma =$	2,47	2,34	2,33	2,18	2,22	1,96	2,09	2,23
" " Cohäsionsgrenze $\beta =$	4,42	3,97	3,79	3,63	3,74	3,79	3,69	3,86
Durchbiegung	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
a. d. Elasticitätsgrenze $f_\gamma =$	0,097	0,158	0,203	0,263	0,299	0,344	0,373	0,248
" " Biegegrenze $f_\sigma =$	0,170	0,228	0,323	0,366	0,477	0,466	0,649	0,383
" " Cohäsionsgrenze $f_\beta =$	c. 4,45	c. 4,35	c. 3,75	c. 5,40	c. 3,82	c. 6,43	c. 6,78	c. 5,00
Deformationsarbeit	cm t	cm t	cm t	cm t	cm t	cm t	cm t	cm t
a. d. Elasticitätsgrenze $A_\gamma =$	0,128	0,434	0,888	1,613	2,475	3,521	5,234	—
" " Biegegrenze $A_\sigma =$	0,350	0,887	2,082	2,883	5,727	6,168	13,08	—
" " Cohäsionsgrenze $A_\beta =$	c. 29,8	c. 50,6	c. 66,0	c. 125,4	c. 163,7	c. 277,9	c. 390,2	—

\*) Die Träger von 10, 15 und 20 cm Höhe sind an der Cohäsionsgrenze wind-schief geworden und wurden ohne Bruch ausrangirt.

Die Träger von 24, 30, 34 und 40 cm Höhe wurden in 5 Fällen im gedrückten Flansch symmetrisch zur Angriffsschneide zu beiden Seiten des Steges „längsrissig“. In den drei übrigen Fällen war das Verhalten ähnlich demjenigen der Träger unter 24 cm Höhe.

C. Resultate der

Schweisseisen.

Sämtliche Zahlen sind

Lauf- No.	Ursprüng- liche Träger- höhe cm	Fall- Gewicht t	Fall- Höhe h m	Anzahl der Schläge n	Durchbiegung in cm			
					beim ersten Schlag obere Flansche	beim letzten Schlag untere Flansche	beim letzten Schlag obere Flansche	beim letzten Schlag untere Flansche
1	10	0,3	0,06	7	1,05	0,95	5,3	4,2
2	"	"	"	5	0,70	0,65	3,2	2,9
3	15	0,3	0,25	15	0,20	0,10	4,5	3,3
4	"	"	"	12	0,35	0,30	3,9	3,2
5	20	0,3	0,70	11	0,15	0,15	2,7	1,9
6	"	"	"	10	0,30	0,15	2,5	1,6
7	24	0,5	0,82	4	0,30	0,20	1,5	0,7
8	"	"	"	6	0,10	0,10	2,0	1,2
9	30	0,5	1,90	8	0,10	0,10	2,1	1,7
10	"	"	"	7	0,20	0,20	1,4	—
11	34	0,5	3,10	7	0,25	0,20	2,8	1,4
12	"	"	"	4	0,30	0,20	1,5	0,7
13	40	0,5	6,00	4	0,30	0,30	1,4	0,8
14	"	"	"	8	0,30	0,30	2,5	—

Schlagproben.

Ergebnisse einfacher Versuche.

Freilage  $l = 1,00 m$ .

I. Schlag	Arbeit des Fallgewichtes beim		Bemerkungen
	Total		
0,018	0,13		Steg ausgebaucht; auf der einen Seite längsrissig.
"	0,09	"	" " windschief; längsrissig.
0,075	1,13		Träger ist windschief; Steg ausgebaucht; schwach längsrissig.
"	0,90	"	" " " " " " untere Flansche am Auf- lager längsrissig.
0,210	2,31		Träger ist windschief; Steg ausgebaucht, längsrissig; untere Flansche [am einen Auflager gespalten.
"	2,10		Alles wie vorher.
0,410	1,64		Träger ist windschief; Steg ausgebaucht, längsrissig; untere Flansche [über den Auflagern gespalten.
"	2,46		Alles ähnlich wie vorher.
0,950	7,60		Träger ist windschief; Steg ausgebaucht, längsrissig; untere Flansche [an beiden Enden gespalten.
"	6,65		Alles ähnlich wie vorher.
1,550	10,85		Träger ist windschief; Steg ausgebaucht, längsrissig; untere Flansche [an beiden Enden gespalten.
"	6,20		Alles ähnlich wie vorher.
3,00	12,00		[untere Flansche an beiden Enden gespalten. Träger schwach windschief; Steg mässig ausgebaucht, längsrissig;
"	24,00		Alles wie vorher, doch viel stärker ausgeprägt.

Zusammenstellung der Resultate der Prüfung der **I**-Eisen.

## Schweisseisen.

Laut Tab. auf S. 182 und S. 183 nehmen mit wachsender Trägerhöhe sowohl die Streckgrenze und Zugfestigkeit als auch der Elasticitätsmodul, der Grenzmodul, die Bieggrenze und Biegungsfestigkeit des Trägermaterials ab. Im Mittel darf gesetzt werden:

der Elasticitätsmodul der Biegungs-  
festigkeit . . . . .  $\varepsilon_b = 1960 t \text{ pro } cm^2 = 0,98 \varepsilon_z$  \*)  
der Grenzmodul . . . . .  $\gamma_b = 1,57 \text{ " " " } = 0,97 \gamma_z$  \*)  
die Bieggrenze . . . . .  $\sigma_b = 2,23 \text{ " " " } = 0,91 \sigma_z$  †)  
die Biegungsfestigkeit . . . . .  $\beta_b = 3,56 \text{ " " " } = 1,04 \beta_z$  †)  
wenn mit  $\varepsilon_z$ ,  $\gamma_z$ ,  $\sigma_z$  und  $\beta_z$  die correspondirenden Festigkeits-  
größen des Flanschenmaterials auf Zug bedeuten.

\*) Die Verhältnisszahlen 0,98 und 0,97 sind aus den Mittelwerthen der Elasticitäts- und Grenzmoduli der Rund- und Stabeisen auf Zug abgeleitet.

†) Die Verhältnisse  $\sigma_b : \sigma_z$  und  $\beta_b : \beta_z$  des Trägermaterials der Herren de Wendel & Comp. gestalten sich im Einzelnen wie folgt:

Trägerhöhe	10 cm,	15 cm,	20 cm,	24 cm,	30 cm,	34 cm,	40 cm
$\sigma_b : \sigma_z$	0,83	0,91	0,97	0,90	0,98	0,83	0,95
$\beta_b : \beta_z$	1,10	1,06	1,04	1,01	1,01	1,01	1,04

In Anknüpfung an die Zusammenstellung der Resultate  
der graphischen Bestimmung der Zorès-Eisen im Hüttenwesen.

## 7. Resultate

der  
**Prüfung der Qualitäts- und Festigkeitsverhältnisse**  
 von  
**Zorès-Eisen.**

Die Untersuchung umfasst :

- den Qualitätsausweis des Materials;
- die statischen Biegeproben mit ganzen Gebrauchsstücken;
- die Schlagproben.



Einzelne Stabe der Versuchsreihe „Biegeproben“ wurden an ihrem End-  
 flächen senkrecht und bei der Mitte der Zusammenbau der graphischen Be-  
 stimmung der Querschnittsgrößen (L, W, W<sub>1</sub> und z) zu Grunde gelegt.  
 Wäre es möglich, so würde nach Prof. W. Ritter's Methode alle anderen Größen nach  
 Prof. G. Mann's Verfahren ausgemittelt werden.

# 1. Zusammenstellung der Resultate

der graphischen Berechnung der Zorès-Profile von Hayange.

Bezeichnung des Profils	Material	Profil-		Mittlere Stärke d.			Quer- schn. fläche	Träg- heits- Mom.	Widerstands- Moment		Träg- heits- halb- messer	Coeff. der Quer- ver- schieb- ung $\alpha$
		Höhe	Breite	Wange	Fusses	Kopfes			untere Fl.	obere Fl.		
		$h$ cm	$b$ cm	$s_1$ cm	$s_2$ cm	$s_3$ cm	$F$ cm <sup>2</sup>	$J$ cm <sup>4</sup>	$W_o$ cm <sup>3</sup>	$W_u$ cm <sup>3</sup>	$k$ cm	
126	Schweisseisen	12,51	30,85	0,70	1,96	1,37	42,90	973,7	162,0	149,8	4,79	2,24
11	Flusseisen	10,82	24,33	0,50	0,86	0,90	23,50	389,1	73,7	70,1	4,07	1,85
11	Schweisseisen	10,82	24,40	0,50	0,88	0,87	23,40	390,5	72,2	72,2	4,07	1,85
90	Flusseisen	8,90	23,15	0,48	0,98	0,97	21,57	235,0	56,0	50,0	3,30	1,84
90	Schweisseisen	8,95	22,40	0,47	0,92	0,94	20,40	222,0	52,9	46,7	3,29	1,85
9	Flusseisen	8,80	20,71	0,46	0,83	0,81	17,90	199,1	45,2	45,2	3,33	1,84
9	Schweisseisen	8,85	20,10	0,45	0,80	0,80	17,70	196,0	44,1	44,4	3,32	1,85
60	Flusseisen	5,92	17,50	0,31	0,56	0,60	10,30	56,7	19,8	18,6	2,33	1,98
60	Schweisseisen	5,99	17,25	0,31	0,55	0,59	10,14	54,9	19,2	17,5	2,33	1,98
5	Flusseisen	4,89	12,62	0,36	0,59	0,60	8,09	26,8	10,9	10,9	1,79	1,93
5	Schweisseisen	4,89	12,57	0,36	0,58	0,58	8,06	25,0	9,92	10,5	1,79	1,93

### Bemerkung.

Sämmtliche Stäbe der Versuchsreihe „Biegeproben“ wurden an ihren Endflächen ausgemessen und ist das Mittel der Abmessungen der graphischen Ermittlung der Querschnittsgrößen ( $F$ ,  $J$ ,  $W_o$ ,  $W_u$ ,  $k$  und  $\alpha$ ) zu Grunde gelegt worden.  $\alpha$  wurde nach Prof. W. Ritter's Methode, alle andern Grössen nach Prof. Culmann's Verfahren ausgemittelt.

## 2. Qualitätsausweis des Materials.

### a. Chemische Zusammensetzung.

Späne entnommen den Zorès-Eisen No. 90 A und 90 F ergaben im Mittel:

	an	C	P	S	Si	Mn
für das Flusseisen:		0,031 %	0,034 %	0,034 %	0,004 %	0,356 %
" " Schweisseisen:		0,016 "	0,492 "	0,057 "	0,125 "	0,091 "

### b. Resultate der Zerreißproben.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf. No.	Bezeichnung des Stabes	Streck- Grenze $\sigma$ t p. cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ t p. cm <sup>2</sup>	Dehnungen		Con- traction $\varphi$ %	Qual- Coeffi- cient n. Tet- majer c. cm t	Bemerkungen
				pro 10 cm* $\lambda_1$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %			

#### I. Flusseisen.

1	126 A	—	—	—	—	—	—	[eisen nicht geliefert worden. Vautherin-Profil ist in Fluss-
2	11 A	3,01	4,17	33,2	25,8	62,9	1,08	Mater. d. Bruchfläche fehlerfrei.
3	90 A	2,94	3,95	33,0	26,2	63,2	1,04	" " " "
4	9 A	2,95	3,89	36,0	28,6	66,9	1,11	" " " "
5	60 A	2,84	3,90	31,5	25,4	66,6	0,99	" " " "
6	5 A	3,33	4,14	30,5	26,2	66,0	1,08	" " " "
	<b>Mittel</b>	<b>3,01</b>	<b>4,01</b>	<b>32,8</b>	<b>26,4</b>	<b>65,1</b>	<b>1,06</b>	

#### II. Schweisseisen.

7	126 F	2,31	3,43	14,6	12,5	18,2	0,43	Material sehnig, geschichtet.
8	11 F	2,49	3,61	11,0	9,7	14,9	0,36	" " "
9	90 F	2,63	3,70	15,1	13,9	18,4	0,52	" " "
10	9 F*	2,73	3,62	10,4	9,5	14,6	0,34	" " m. körn. Partien.
11	60 F*	3,00	3,85	12,2	11,1	14,1	0,43	" " geschichtet.
12	5 F*	2,61	3,35	7,2	6,6	15,0	0,22	" " zeigt Schweiss- [fehler.
	<b>Mittel</b>	<b>2,63</b>	<b>3,59</b>	<b>11,8</b>	<b>10,5</b>	<b>15,8</b>	<b>0,38</b>	

\*) Bis auf die mit \* bezeichneten Zerreißstäbe, welche nachträglich aus den Endstücken der gleichnamigen Biegeproben herausgearbeitet wurden, sind sämtliche Zerreißproben nach Anleitung von Fig. 8 auf Seite 26 aus den vorangehend den Schlagproben unterworfenen Zorèseisen-Abschnitten entnommen worden.

## 3. Resultate der Biegeproben.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf. No.	Gegenstand	Zorès-Profil No.						General Mittel
		126	11	90	9	60	5	

## I. Flusseisen.

	$t p. cm^2$	$t p. cm^2$	$t p. cm^2$	$t p. cm^2$	$t p. cm^3$	$t p. cm^2$	$t p. cm^2$
Elasticitätsmodul der Biegefestigkeit $\varepsilon =$	—	1816	1886	1849	1836	—	1847
Faserspannung			*				
a. d. Elasticitätsgrenze $\gamma_o =$	—	2,36	2,38	2,56	2,15	—	2,36
„ „ $\gamma_u =$	—	2,47	2,67	2,56	2,29	—	2,50
„ Bieggrenze $\sigma_o =$	—	3,09	2,88	3,08	2,66	3,61	3,06
„ „ $\sigma_u =$	—	3,25	3,23	3,08	2,83	3,61	3,20
„ Cohäsionsgrenze $\beta_o =$	—	3,66	3,35	3,44	3,31	3,85	3,52
„ „ $\beta_u =$	—	3,85	3,76	3,44	3,50	3,85	3,68
Durchbiegung	cm						
a. d. Elasticitätsgrenze $f_\gamma =$	—	0,46	0,40	0,28	0,23	—	—
„ Bieggrenze $f_\sigma =$	—	0,63	0,60	0,36	0,30	0,30	—
„ Cohäsionsgrenze $f_\beta =$	—	2,95	2,10	1,40	1,70	2,60	—
Deformationsarbeit	cm t						
a. d. Elasticitätsgrenze $A_\gamma =$	—	1,07	0,88	0,64	0,25	—	—
„ Bieggrenze $A_\sigma =$	—	1,95	1,34	1,07	0,44	0,78	—
b. Durchbiegung $f_x^*) A =$	—	11,6	7,51	4,93	2,57	2,34	—

## Bemerkungen.

Sämtliche Zorès-Abschnitte in Flusseisen haben sich an der Cohäsionsgrenze lokal unter der Angriffsstelle (Angriffsfläche unter der Schneide =  $5,0 \times$  Kopfbreite des Profils;  $cm^2$ ) verbogen (eingeschlagen). Bruch konnte überhaupt nicht erzielt werden.

Die vorstehend angeführten Druckbiegungen und Deformationsarbeiten beziehen sich bei Profil No. . . . . 126 11 90 9 60 5  
auf eine Freilage (Stützweite) von 180 150 120 100 80 60 cm.

\*) Vergl. Fussbemerkung auf Seite 191.

### 4. Resultate der Biegeproben.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf. No.	Gegenstand	Zorès-Profil No.					General- Mittel
		126	11	90	9	60	

#### II. Schweisseisen.

<b>Elastizitätsmodul</b>	$t p. cm^2$						
der Biegefestigkeit $\varepsilon =$	1766	1816	1800	1885	1702	—	1794
<b>Faserspannung</b>							
a. d. Elasticitätsgrenze $\gamma_0 =$	1,77	1,69	2,20	2,27	1,70	—	1,93
„ „ $\gamma_u =$	1,92	1,69	2,49	2,26	1,86	—	2,04
„ Biegegrenze $\sigma_0 =$	2,66	2,60	2,70	3,05	2,48	3,63	2,85
„ „ $\sigma_u =$	2,88	2,60	3,05	3,03	2,72	3,43	2,95
„ Cohäsionsgrenze $\beta_0 =$	3,66	3,44	3,43	3,83	3,39	4,32	3,68
„ „ $\beta_u =$	3,95	3,44	3,89	3,81	3,71	4,09	3,82
<b>Durchbiegung</b>	<i>cm</i>						
a. d. Elasticitätsgrenze $f_\gamma =$	0,47	0,34	0,57	0,25	0,18	—	—
„ Biegegrenze $f_\sigma =$	0,74	0,56	0,50	0,38	0,31	0,30	—
„ Cohäsionsgrenze $f_\beta =$	8,30	4,00	3,40	2,60	2,00	2,70	—
<b>Deformationsarbeit</b>	<i>cm t</i>						
a. d. Elasticitätsgrenze $A_\gamma =$	1,49	0,58	0,72	0,71	0,16	—	—
„ Biegegrenze $A_\sigma =$	3,66	1,44	1,28	1,06	0,37	0,71	—
b. Durchbiegung $f_x^*) A =$	53,7	9,97	6,74	4,81	2,50	2,18	—

#### Bemerkungen.

Die Zorès-Abschnitte in Schweisseisen No. 9, 60 und 5 haben sich an der Cohäsionsgrenze lokal unter der Angriffsstelle (die Angriffsfläche wie bei den Zorès in Flusseisen) verbogen; und sind schliesslich an 4 Stellen „längsrissig“ geworden. Die Rissstellen liegen symmetrisch zur vertikalen Symetrieaxe der Profile. Zwei dieser Längsrisse liegen an den Übergangsstellen der Plattform des Kopfes in die Wangen des Profils (an den sogen. Kopfnähten); zwei weitere liegen in den Wangen selbst.

\*) Die Deformationsarbeit A wurde ermittelt:

beim Profil No. . . . .	126	11	90	9	60	5	
b. Erreichen einer Durchbiegung des Stabes von $f$ . . . . .	5,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	cm.



## V. Resultate der Prüfung

## A. Gewöhnliche Con-

## 1. Zusammenstellung der

Mit Ausnahme der Werthe von  $\varepsilon$  und  $\gamma$  sind

Lauf. No.	Material	Ur- sprüngleiche Ab- messungen der Bleche <i>cm</i>	Elasticitäts- modul $\varepsilon t \text{ pro cm}^2$		Elasticitäts- grenze $\gamma t \text{ pro cm}^2$		Streckgrenze $\sigma t \text{ pro cm}^2$	
			Längs	Quer	Längs	Quer	Längs	Quer
			1	Flusseisen	40,0 : 0,8	2112	2159	2,30
2	Schweisseisen	" "	2045	2078	1,72	1,47	2,42	2,27
3	Flusseisen	50,0 : 0,9	2164	2154	2,19	2,38	2,59	2,57
4	Schweisseisen	" "	2001	2056	1,32	1,21	2,04	2,14
5	Flusseisen	60,0 : 0,9	2202	2113	2,28	2,23	2,64	2,63
6	Schweisseisen	" "	2001	2064	1,74	1,23	2,27	1,71
7	Flusseisen	70,0 : 1,0	2138	2133	2,09	2,26	2,63	2,61
8	Schweisseisen	" "	1955	2052	1,53	1,54	1,14	2,05
9	Flusseisen	80,0 : 1,1	2113	2141	2,10	2,05	2,66	2,62
10	Schweisseisen	" "	2024	1972	1,33	1,50	2,38	2,08
Im Mittel für Flusseisen			2146	2140	2,19	2,21	2,65	2,61
" " " Schweisseisen			2005	2044	1,63	1,39	2,25	2,05

## der Constructionsbleche.

## structionsbleche.

## Resultate der Zerreißproben.

sämmliche Zahlen Mittelwerthe aus je 2 Versuchen.

Zugfestigkeit $\beta t \text{ pro cm}^2$		Dehnungen in %				Contraction $\varphi$ in %		Qual.-Coefficient nach Tetmajer c. cm t	
Längs	Quer	Längs		Quer		Längs	Quer	Längs	Quer
		pro 10 cm	pro 20 cm	pro 10 cm	pro 20 cm				
4,09	4,04	33,5	28,1	29,6	23,1	59,8	59,2	1,15	0,94
3,24	2,56	8,3	7,6	1,9	1,1	10,4	2,9	0,25	0,04
4,14	4,09	32,4	27,7	28,8	21,7	59,4	60,4	1,14	0,89
3,05	2,49	8,0	7,6	2,4	1,5	9,5	3,0	0,23	0,04
4,13	4,14	34,0	28,1	30,2	24,4	60,6	54,4	1,16	1,01
3,28	2,22	8,1	7,4	1,8	1,2	9,0	2,0	0,26	0,03
4,07	4,14	34,7	27,0	32,9	26,1	62,1	55,5	1,10	1,08
3,05	2,48	8,6	7,9	2,9	2,0	10,0	4,1	0,24	0,06
4,12	4,10	32,4	26,6	33,9	26,6	60,5	57,2	1,11	1,09
3,11	2,40	7,0	6,7	1,8	1,1	7,4	2,2	0,21	0,03
4,11	4,10	33,4	27,5	31,1	24,4	60,5	57,3	1,13	1,00
3,15	2,43	8,0	7,4	2,2	1,4	9,2	2,8	0,24	0,04

## 2. Resultate der Kaltbruchproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Stärke der Bleche cm	Bemerkungen
1	Flusseisen	40,0 : 0,8	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
2	"	"	" " " " "
3	Schweisseisen	40,0 : 0,8	Bei 69° Querbruch der gespannten Faser.
4	"	"	" 56° " " " "
5	Flusseisen	50,0 : 0,9	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
6	"	"	" " " " "
7	Schweisseisen	50,0 : 0,9	Bei 60° Querbruch der gespannten Faser.
8	"	"	" 69° " " " "
9	Flusseisen	60,0 : 0,9	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
10	"	"	" " " " "
11	Schweisseisen	60,0 : 0,9	Bei 49° Querbruch der gespannten Faser.
12	"	"	" 66° " " " "
13	Flusseisen	70,0 : 1,0	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
14	"	"	" " " " "
15	Schweisseisen	70,0 : 1,0	Bei 53° Querbruch der gespannten Faser.
16	"	"	" 67° " " " "
17	Flusseisen	80,0 : 1,1	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
18	"	"	" " " " "
19	Schweisseisen	80,0 : 1,1	Bei 43° Querbruch der gespannten Faser.
20	"	"	" 52° " " " "

### 3. Resultate der Rothbruchproben.

Lauf. No.	Material	Ursprüngl. Stärke der Bleche  cm	Bemerkungen
1	Flusseisen	40,0 : 0,8	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
2	"	"	" " " "
3	Schweisseisen	40,0 : 0,8	Beim Biegen zur Schleife tritt Querbruch ein.
4	"	"	" " " " " "
5	Flusseisen	50,0 : 0,9	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
6	"	"	" " " " " "
7	Schweisseisen	50,0 : 0,9	Beim Biegen zur Schleife tritt Oeffnen von Schweiss- [nähten und Querbruch ein.
8	"	"	" " " " " "
9	Flusseisen	60,0 : 0,9	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
10	"	"	" " " " " "
11	Schweisseisen	60,0 : 0,9	Beim Biegen zur Schleife tritt Querbruch ein.
12	"	"	" " " " " "
13	Flusseisen	70,0 : 1,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
14	"	"	" " " " " "
15	Schweisseisen	70,0 : 1,0	Beim Biegen zur Schleife tritt Querbruch ein.
16	"	"	" " " " " "
17	Flusseisen	80,0 : 1,1	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
18	"	"	" " " " " "
19	Schweisseisen	80,0 : 1,1	Beim Biegen zur Schleife tritt Oeffnen von Schweiss- [nähten und Querbruch ein.
20	"	"	Beim Biegen zur Schleife tritt Querbruch ein.

#### 4. Resultate der Bördelproben.

Ausgeführt an ganzen Gebrauchstücken in der Locomotivfabrik Winterthur.

##### 1. Bördelung in kalt- oder rothwarmem Zustande, senkrecht zur Längsrichtung des Bleches.

Die Versuchsobjecte, in einen Blechklemmapparat gespannt, mit Vorschlaghämmern scharf abgebogen, ergaben:

- a. Grosse Empfindlichkeit der Schweisseisenbleche; sie wurden in warmem Zustande durchwegs bei ca.  $32$  bis  $40^{\circ}$  von den Längskanten weg, querrissig.
- b. Die Flusseisenbleche ertrugen die Bördelung um  $90^{\circ}$  vollkommen; sämmtliche Versuchsobjecte wurden intakt austrangirt.
- c. Die Kaltbiegung in einem Triowalzwerk und darauffolgender Biegung mittels Hammerschlägen, ertrug das Flusseisen ohne äussere Beschädigungen. Hierbei betrug der Dorndurchmesser  $7,6\text{ cm}$  und der schliessliche Biegungswinkel  $128^{\circ}$ .

Das Schweisseisen wurde bei einem Dorndurchmesser (Krümmungsdurchmesser) von  $16\text{ cm}$  und einem Biegungswinkel von  $93^{\circ}$  querrissig.

##### 2. Biegeversuche in dunkelrothwarmem Zustande des Flusseisens.

Die über einem mit Unterwind angeblasenen Koksfeuer auf Dunkelrothgluth erhitzten Bleche wurden in einen Blechklemmapparat gespannt, bis zum Verschwinden der Rothgluth abgekühlt und sodann von Hand gebördelt. Die Flusseisenbleche ertrugen die scharfe Bördelung um  $90^{\circ}$  vollkommen.

### 5. Resultate der Härte-Zerreissproben.

Sämmtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus zwei Versuchen.

Lauf. No.	Ursprüngl. Stärke der Bleche cm	Beschaffenheit des Materials	Streck- grenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festigkeit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehnungen		Contraction $\varphi$ %	Qualitäts- Coefficient nach Tetmajer c. cm t
					pro 10 cm $\lambda_1$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %		

#### Flusseisen.

1*	40,0 : 0,8	ungehärtet	2,60	4,04	29,6	28,1	59,2	0,94
2*	" "	gehärtet .	2,75	4,96	24,4	18,4	54,9	0,92
		Differenz:	0,15	0,92	5,2	9,7	4,3	0,02
		In % der urspr. Werthe:	+ 5,8	+ 22,8	- 17,6	- 34,5	- 7,3	- 3,1
3*	50,0 : 0,9	ungehärtet	2,57	4,09	28,8	21,7	60,4	0,89
4*	" "	gehärtet .	3,13	5,03	23,2	17,5	53,7	0,88
		Differenz:	0,56	0,94	5,6	4,2	6,7	0,01
		In % der urspr. Werthe:	+ 21,8	+ 22,9	- 19,4	- 19,3	- 11,1	- 1,1
5	70,0 : 1,0	ungehärtet	2,68	4,07	34,7	27,0	62,1	1,10
6	" "	gehärtet .	3,02	4,86	27,6	21,2	58,7	1,02
		Differenz:	0,34	0,79	7,1	5,8	3,4	0,08
		In % der urspr. Werthe:	+ 12,6	+ 19,4	- 20,5	- 21,5	- 5,5	- 7,3
7*	80,0 : 1,1	ungehärtet	2,62	4,10	33,9	26,6	57,2	1,09
8*	" "	gehärtet .	3,00	5,14	28,0	21,9	52,8	1,12
		Differenz:	0,38	1,04	5,9	4,7	4,4	0,03
		In % der urspr. Werthe:	+ 14,5	+ 25,4	- 17,4	- 17,7	- 7,7	+ 2,7
9	80,0 : 1,1	ungehärtet	2,66	4,12	32,4	26,6	60,5	1,11
10	" "	gehärtet .	2,93	5,18	27,0	21,3	53,8	1,09
		Differenz:	0,27	1,01	5,4	5,3	6,7	0,02
		In % der urspr. Werthe:	+ 10,1	+ 24,5	- 16,6	- 19,9	- 11,1	- 1,8

\*) Die mit \* bezeichneten Proben entsprechen der Querrichtung der Bleche.

## 6. Resultate der Härtebiegeproben.

Lauf. No.	Material	Beschaffen- heit der Probe	Ursprüngl. Stärke der Bleche <i>cm</i>	Bemerkungen
1	Flusseisen	ungehärtet	40,0 : 0,8	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
2	"	gehärtet	"	" " " " "
3	Schweisseisen	ungehärtet	40,0 : 0,8	Bei 69° bzw. 55° tritt Querbruch ein.
4	"	gehärtet	"	" 45° tritt Querbruch ein.
5	Flusseisen	ungehärtet	50,0 : 0,9	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
6	"	gehärtet	"	" " " " "
7	"	gehärtet	"	" " " " "
8	Schweisseisen	ungehärtet	50,0 : 0,9	Bei 60° bzw. 69° tritt Querbruch ein.
9	"	gehärtet	"	" 58° tritt Querbruch ein.
10	"	gehärtet	"	" 29° " " "
11	Flusseisen	ungehärtet	70,0 : 1,0	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
12	"	gehärtet	"	" " " " "
13*	"	gehärtet	"	" " " " "
14	Schweisseisen	ungehärtet	70,0 : 1,0	Bei 53° bzw. 67° tritt Querbruch ein.
15	"	gehärtet	"	" 52° tritt Querbruch ein.
16*	"	gehärtet	"	" 35° " " "
17	Flusseisen	ungehärtet	80,0 : 1,1	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
18	"	gehärtet	"	" " " " "
19	"	gehärtet	"	" " " " "
20	Schweisseisen	ungehärtet	80,0 : 1,1	Bei 43° bzw. 52° tritt Querbruch ein.
21*	"	gehärtet	"	" 26° tritt Querbruch ein.
22	"	gehärtet	"	" 42° " " "

\*) Die mit \* bezeichneten Versuche beziehen sich auf die Querrichtung der Bleche.

7. Resultate der Lochungsproben.

Lauf. No.	Material	Art der Lochung	Beschaffenheit der Lochwandung	Lochweite d cm	Verhältniss der		Anzahl der Einzelproben	Zugfestigkeit der Lochnaht	
					Lochweite zur Blechst.	Lochnaht zur Lochweite		absolut in % der urspr. Festigk.	in pro cm <sup>2</sup>
Blech Nr. I; Querschnitt: 40,0:0,8 cm.									
1	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,09	—
2	"	gebohrt	tadellos	1,6	2,00	2,00	3	4,64	+ 13,1
3	"	gestanzt	schw. schiefrig	"	"	"	3	3,79	— 7,3
4	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,24	—
5	"	gebohrt	tadellos	1,6	2,00	2,00	3	3,34	+ 3,1
6	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	3,08	— 4,9
Blech Nr. II; Querschnitt 50,0:0,9 cm.									
7	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,14	—
8	"	gebohrt	tadellos	1,7	1,89	2,00	3	4,66	+ 12,6
9	"	gestanzt	schw. schiefrig	"	"	"	3	3,44	— 16,9
10	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,05	—
11	"	gebohrt	tadellos	1,7	1,89	2,00	3	3,21	+ 5,2
12	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	2,78	— 8,8
Blech Nr. III; Querschnitt 70,0:1,0 cm.									
13	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,07	—
14	"	gebohrt	tadellos	1,9	1,90	2,00	3	4,65	+ 14,2
15	"	gestanzt	schw. schiefrig	"	"	"	3	3,37	— 17,2
16	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,05	—
17	"	gebohrt	tadellos	1,9	1,90	2,00	3	3,24	+ 6,2
18	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	2,90	— 5,0
Blech Nr. IV; Querschnitt 80,0:1,1 cm.									
19	Flusseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,12	—
20	"	gebohrt	tadellos	2,0	1,82	2,00	3	4,61	+ 11,9
21	"	gestanzt	schw. schiefrig	"	"	"	3	3,28	— 20,4
22	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,11	—
23	"	gebohrt	tadellos	2,0	1,82	2,00	3	3,35	+ 7,7
24	"	gestanzt	schiefrig	"	"	"	3	2,87	— 7,7

## B. Quali-

## 1. Zusammenstellung der

Lauf- No.	Ursprüngliche Abmessungen der Bleche		Elastizitäts- modul $\epsilon$ t pro cm <sup>2</sup>	Elastizitäts- grenze $\gamma$ t pro cm <sup>2</sup>	Streckgrenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>
	Breite	Dicke			
<b>A. Längsrichtung.</b>					
1	40,0	0,8	2130	1,74	3,02
2	"	"	—	—	3,00
	Im Mittel:		2130	1,74	3,01
3	50,0	0,9	2108	1,91	2,82
4	"	"	—	—	2,86
	Im Mittel:		2108	1,91	2,84
5	60,0	1,0	2108	1,84	2,76
6	"	"	—	—	2,74
	Im Mittel:		2108	1,84	2,75
7	70,0	1,0	2109	1,98	2,89
8	"	"	—	—	2,93
	Im Mittel:		2109	1,98	2,91
9	80,0	1,1	2177	1,96	2,74
10	"	"	—	—	2,73
	Im Mittel:		2177	1,96	2,73
<b>B. Querrichtung.</b>					
11	40,0	0,8	2220	1,63	2,82
12	"	"	—	—	2,90
	Im Mittel:		2220	1,63	2,86
13	50,0	0,9	2148	1,80	2,79
14	"	"	—	—	2,85
	Im Mittel:		2148	1,80	2,82
15	60,0	1,0	2149	1,76	2,69
16	"	"	—	—	2,75
	Im Mittel:		2149	1,76	2,72
17	70,0	1,0	2159	2,35	2,92
18	"	"	—	—	2,88
	Im Mittel:		2159	2,35	2,90
19	80,0	1,1	2130	2,13	2,89
20	"	"	—	—	2,78
	Im Mittel:		2130	2,13	2,83

## tätsbleche.

## Resultate der Zerreißproben.

Zugfestigkeit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehnungen in %		Contraction $\varphi$ in %	Qual.-Coefficient nach Tetmajer c in cm t
	$\lambda_1$ pro 10 cm	$\lambda_2$ pro 20 cm		
<b>A. Längsrichtung.</b>				
4,12	24,2	21,1	30,8	0,87
3,96	16,6	14,5	28,0	0,57
4,04	20,4	17,8	29,4	0,72
3,95	21,0	20,5	33,0	0,81
3,95	24,2	20,4	37,8	0,81
3,95	22,6	20,4	35,4	0,81
4,06	31,4	28,0	37,8	1,14
3,92	19,2	17,9	31,6	0,70
3,99	25,3	22,9	34,7	0,92
4,27	27,9	20,2	43,4	0,86
4,28	28,1	23,1	36,4	0,99
4,27	28,0	21,6	39,9	0,93
4,08	28,1	24,4	37,0	1,00
4,05	27,8	23,3	38,6	0,94
4,06	27,9	23,8	37,8	0,97
<b>B. Querrichtung.</b>				
3,16	4,3	3,4	10,5	0,11
3,22	6,5	4,6	12,3	0,15
3,19	5,4	4,0	11,4	0,13
3,40	9,8	7,5	17,2	0,26
3,33	8,5	6,6	21,5	0,22
3,36	9,2	7,0	19,3	0,24
3,36	7,5	6,2	18,2	0,21
3,46	8,9	8,2	18,3	0,28
3,41	8,2	7,2	18,3	0,25
3,76	8,8	8,1	16,7	0,30
3,72	7,8	6,2	18,2	0,23
3,74	8,3	7,2	17,4	0,27
3,58	9,8	8,2	20,8	0,29
3,47	9,8	8,7	16,0	0,30
3,52	9,8	8,5	18,4	0,30

## 2. Resultate der Kalt- und Rothbruchproben.

Lauf. No.	Material	Zustand des Materials	Ursprüngl. Ab- messungen der Blechtafeln	Bemerkung
			cm cm	
1	Schweisseisen	kalt	40,0 : 0,8	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
2	"	"	"	" " " ; Spur v. Anrissen.
3	"	rothwarm	40,0 : 0,8	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
4	"	"	"	" " " "
5	Schweisseisen	kalt	50,0 : 0,9	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
6	"	"	"	" " " " "
7	"	rothwarm	50,0 : 0,9	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
8	"	"	"	" " " "
9	Schweisseisen	kalt	60,0 : 1,0	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
10	"	"	"	" " " " "
11	"	rothwarm	60,0 : 1,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
12	"	"	"	" " " "
13	Schweisseisen	kalt	70,0 : 1,0	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
14	"	"	"	" " " " "
15	"	rothwarm	70,0 : 1,0	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
16	"	"	"	" " " "
17	Schweisseisen	kalt	80,0 : 1,1	Zur Schleife gebogen ohne Bruch.
18	"	"	"	" " " " "
19	"	rothwarm	80,0 : 1,1	Vollkommen gefaltet ohne Bruch.
20	"	"	"	" " " "

### 3. Resultate der Lochungsproben.

Lauf. No.	Material	Art der Lochung	Beschaffen- heit der Loch- wandung	Loch- weite d cm	Verhältniss der		Anzahl der Einzel- proben	Zugfestigkeit	
					Loch- weite zur Blechst.	Loch- naht zur Loch- weite		absolut in % der urspr. Festigk.	in pro cm <sup>2</sup>
Blech Nr. I; Querschnitt 40,0 : 0,8 cm.									
1	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,04	—
2	"	gestanzt	schiefrig	1,1	1,38	2,0	2	3,90	— 3,5
3	"	"	"	1,3	1,62	2,0	2	3,85	— 4,7
4	"	"	"	1,5	1,87	2,0	2	3,85	— 4,7
5	"	"	"	1,7	2,12	2,0	2	4,01	— 0,8
Blech Nr. II; Querschnitt 50,0 : 0,9 cm.									
6	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,95	—
7	"	gestanzt	schiefrig	1,3	1,44	2,0	2	3,99	+ 1,0
8	"	"	"	1,5	1,67	2,0	2	3,90	— 1,3
9	"	"	"	1,7	1,89	2,0	2	3,69	— 6,6
10	"	"	"	1,9	2,11	2,0	2	4,02	+ 1,8
Blech Nr. III; Querschnitt 60,0 : 1,0 cm.									
11	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	3,99	—
12	"	gestanzt	schiefrig	1,9	1,9	1,0	2	4,08	+ 2,2
13	"	"	"	1,9	1,9	2,0	2	3,72	— 6,8
14	"	"	"	1,9	1,9	3,0	2	3,53	— 11,5
15	"	"	"	1,9	1,9	4,0	2	3,49	— 12,6
Blech Nr. IV; Querschnitt 70,0 : 1,0 cm.									
16	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,27	—
17	"	gestanzt	schiefrig	2,1	2,1	1,0	2	4,12	— 3,5
18	"	"	"	2,1	2,1	2,0	2	3,64	— 14,7
19	"	"	"	2,1	2,1	3,0	2	3,55	— 16,8
20	"	"	"	2,1	2,1	4,0	2	3,60	— 15,7
Blech Nr. V; Querschnitt 80,0 : 1,1 cm.									
21	Schweisseisen	ungelocht	—	—	—	—	2	4,06	—
22	"	gestanzt	schiefrig	2,3	2,1	1,0	2	4,05	— 0,2
23	"	"	"	2,3	2,1	2,0	2	3,59	— 12,6
24	"	"	"	2,3	2,1	3,0	2	3,52	— 13,3
25	"	"	"	2,3	2,1	4,0	2	3,39	— 16,5



## VI. Resultate

der

# Prüfung der Qualitäts- und Festigkeitsverhältnisse genieteteter Vollwandträger.

Die Untersuchung umfasst :

- den Qualitätsausweis des Materials ;
- die statischen Biegeproben mit ganzen Gebrauchsstücken ;
- die Schlagproben.

Die Construction der Probekörper für die Biege- und Schlagproben  
vergl. „Darstellung der Blechbalken“ auf Taf. XII.

# 1. Qualitätsausweis des Blechbalkenmaterials.

## Zusammenstellung der Resultate der Zerreißproben.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Laut No.	Material	Richtung der Entnahme der Probe	Ursprüngliche Abmessung		Streckgrenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Contraction $\rho$ in %	Dehnung in % für		Qualitätscoefficient $c$ cm t	Bemerkungen	
			Breite cm	Dicke cm				10 mm	20 mm			
1	Flusseisen	längs	40,0	0,9	3,53	4,41	61,4	32,0	25,6	1,13	Sämtliche Zerreißproben der vorliegenden Versuchsreihe sind aus Blech- bzw. Universal- und Winkel-eisenabschnitten herausgearbeitet worden, welche den bei der Herstellung der Blechbalken benützten Eisensorten entnommen wurden.	
2	"	"	50,0	"	3,82	4,64	58,7	29,2	23,2	1,08		
3	"	"	60,0	"	3,79	4,62	58,1	28,0	23,6	1,06		
4	"	"	70,0	"	3,59	4,50	59,9	30,8	24,4	1,10		
<b>Generalmittel</b>			—	—	3,68	4,54	59,5	30,0	24,1	1,09		
5	Flusseisen	längs	40,0	0,9	3,63	4,53	48,3	26,5	21,1	0,95		
6	"	"	50,0	"	3,74	4,70	45,1	24,0	18,9	0,89		
7	"	"	60,0	"	3,76	4,73	47,3	24,9	19,9	0,94		
8	"	"	70,0	"	3,77	4,60	44,0	25,2	20,0	0,92		
<b>Generalmittel</b>			—	—	3,73	4,64	46,2	25,2	20,0	0,93		
9	Schweiseseisen	quer	40,0	0,9	2,80	3,57	15,6	15,6	14,8	0,53		Material sehng.
10	"	"	50,0	"	2,93	3,72	15,8	12,1	11,2	0,42		
11	"	"	60,0	"	2,92	3,87	13,8	11,1	10,9	0,43		
12	"	"	70,0	"	2,86	3,84	19,7	20,4	19,4	0,75		
<b>Generalmittel</b>			—	—	2,88	3,75	16,2	14,8	14,1	0,53		

# 1. Qualitätsausweis des Blechbalkenmaterials.

## Zusammenstellung der Resultate der Zerreissproben.

Sämmtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauf. No.	Material	Richtung der Entnahme der Probe	Ursprüngliche Abmessung Breite Dicke cm	Streckgrenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Contraction $\varphi$ in %	Dehnung in % für 10 cm 20 cm	Qualit. Coeff. C cm t	Bemerkungen
<b>a. Stahlebleche (Fortsetzung).</b>									
13	Schweisseisen	quer	40,0 0,9	2,50	2,55	—	0,6 0,5	0,01	Material schning.
14	"	"	50,0 "	—	2,10	—	—	—	"
15	"	"	60,0 "	—	2,90	—	—	—	"
16*	"	"	70,0 "	2,83	2,87	0,4	0,2 0,5	0,01	"
<b>Generalmittel</b>				—	2,63	—	—	—	"
<b>b. Gurtlamellen.</b>									
17	Flusseisen	längs	22,0 0,9	3,60	4,56	56,0	30,3 25,0	1,14	Fehlerfrei.
18	Schweisseisen	"	" "	2,47	3,59	17,0	14,7 13,9	0,50	Fehlerfrei.
<b>c. Winkeleisen.</b>									
19	Flusseisen	längs	9:9:9,0 0,9	2,81	3,78	66,1	37,3 31,1	1,17	Material schning.
20	Schweisseisen	"	" "	2,44	3,28	14,6	9,3 8,4	0,28	Mit zufälligen Schweißfehlern behaftet.

\*) 1. Versuch.

## 2. Zusammenstellung der Resultate der Biegeproben mit Blechbalken.

### Flusseisen.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 2 Versuchen.

Lauft No.	Elasticitäts- modul $\epsilon$ pro $cm^2$	Faserspannung in $t$ pro $cm^2$			Durchbiegung in $cm$			Deformat.-Arbeit in $m t$ an der b. einer Elasticitäts- Faser- spannung, $\frac{1}{100}$ seiner Stützweite			Bemerkungen
		an der Elasticitäts- grenze	an der Biege- grenze	an der Cohäsions- Elasticitäts- grenze	an der Biege- grenze	an der Cohäsions- grenze	an der Elasticitäts- grenze	bei einer Durch- biegung d. Trägers v. $\frac{1}{100}$ seiner Stützweite			
<b>1. Serie: Blechbalken mit 40 cm Steghöhe.</b>											
1	1875	1,96	2,23	3,88	0,572	0,682	1,75	0,104	0,227	0,576	Träger windschief; intakt ausrangirt.
2	2021	2,12	2,34	3,80	0,568	0,653	1,75	0,112	0,282	0,612	" "
Mittel	1948	2,04	2,29	3,89	0,570	0,668	1,75	0,108	0,290	0,594	
<b>2. Serie: Blechbalken mit 50 cm Steghöhe.</b>											
3	2053	2,08	2,43	3,75	0,680	0,840	1,79	0,143	0,383	0,897	Träger windschief; intakt ausrangirt.
4	1929	1,93	2,58	3,80	0,679	1,003	2,26	0,131	0,417	0,845	" "
Mittel	1991	2,01	2,51	3,82	0,684	0,922	2,03	0,137	0,400	0,851	
<b>3. Serie: Blechbalken mit 60 cm Steghöhe.</b>											
5	2025	2,08	—	4,05	0,885	—	3,20	0,182	0,452	1,037	Träger windschief; intakt ausrangirt.
6	1980	2,03	2,37	3,69	0,881	1,010	2,20	0,177	0,491	1,017	" "
Mittel	2003	2,06	2,37	3,87	0,883	1,010	2,70	0,180	0,472	1,027	
<b>4. Serie: Blechbalken mit 70 cm Steghöhe.</b>											
7	1936	1,99	2,22	3,82	0,978	1,116	4,20	0,213	0,604	1,218	Träger windschief; intakt ausrangirt.
8	2022	1,87	2,31	3,73	0,900	1,128	4,10	0,185	0,589	1,276	" "
Mittel	1979	1,93	2,27	3,78	0,939	1,122	4,15	0,199	0,594	1,247	

### 3. Zusammenstellung der Resultate der Biegeproben mit Blechbalken.

#### Schweisseisen.

Sämtliche Zahlen sind Mittelwerte aus 2 Versuchen.

Lauf. No.	Elasticitätsmodul $\epsilon$ $t \text{ pro cm}^2$		Fasertension in $t \text{ pro cm}^2$		Durchbiegung in $cm$		Deformations-Arbeit in $mt$ bei einer Durchbiegung d. Trägers v. $\frac{1}{100}$ seiner Stützweite		Bemerkungen	
	an der Elasticitätsgrenze	an der Biegegrenze	an der Elasticitätsgrenze	an der Biegegrenze	an der Elasticitätsgrenze	an der Biegegrenze	an der Elasticitätsgrenze	an der Biegegrenze		
<b>1. Serie: Blechbalken mit 40 cm Steghöhe.</b>										
1	1860	1,32	3,62	0,386	3,55	0,447	0,510	0,493	Träger windschief; intakt ausrangirt.	
2	1796	1,42	3,74	0,436	3,58	0,658	0,449	0,504		
Mittel	1828	1,37	3,68	0,411	3,57	0,653	0,480	0,499		
<b>2. Serie: Blechbalken mit 50 cm Steghöhe.</b>										
3	1745	1,38	3,62	0,534	—	3,45	0,073	0,556	[Trägermitte, Querbruch d. gespannten Fasern in der	
4	1807	1,43	3,70	0,541	0,878	3,10	0,077	0,544		" " " " " "
Mittel	1776	1,41	3,66	0,538	0,878	3,28	0,075	0,550		
<b>3. Serie: Blechbalken mit 60 cm Steghöhe.</b>										
5	1851	1,34	—	3,71	0,597	—	3,50	0,084	[Trägermitte, Querbruch d. gespannten Fasern in der	
6	1867	1,37	—	3,41	0,591	—	2,63	0,084		Träger windschief; intakt ausrangirt.
Mittel	1859	1,36	—	3,56	0,594	—	3,07	0,084		
<b>4. Serie: Blechbalken mit 70 cm Steghöhe.</b>										
7	1805	1,30	3,86	0,682	1,049	3,00	0,097	0,763	Träger windschief; intakt ausrangirt.	
8	1883	1,30	3,97	0,654	1,082	2,98	0,093	0,817		" " " " " "
Mittel	1844	1,30	3,32	0,668	1,065	2,99	0,095	0,790		

## 4. Resultate der Prüfung der Stossfestigkeit

Lauf No.	Trägermaasse in cm			Schlag No.	Stützweite cm	Fall-		Schlagarbeit mit		Durchbiegung cm	
	Trägerlänge	Steghöhe	Niettheilung			Gewicht t	Höhe m	einzel	total	der oberen Gurtlamelle	der unteren Gurtlamelle
<b>Flusseisen.</b>											
1	180,0	40,0	12,0	1	150,0	1,00	1,00	1,00	—	0,55	0,45
"	"	"	"	2	"	"	2,00	2,00	3,00	1,35	1,10
"	"	"	"	3	"	"	3,00	3,00	6,00	2,55	2,50
"	"	"	"	4	"	"	4,00	4,00	10,00	4,45	4,30
"	"	"	"	5	"	"	4,00	4,00	14,00	6,95	6,80
2	180,0	40,0	12,0	1	150,0	1,00	1,00	1,00	—	0,55	0,30
"	"	"	"	2	"	"	2,00	2,00	3,00	1,40	1,00
"	"	"	"	3	"	"	3,00	3,00	6,00	2,55	2,05
"	"	"	"	4	"	"	4,00	4,00	10,00	4,20	3,60
"	"	"	"	5	"	"	4,00	4,00	14,00	5,80	5,35
<b>Schweisseisen.</b>											
3	180,0	40,0	12,0	1	150,0	1,00	1,00	1,00	—	0,58	0,35
"	"	"	"	2	"	"	2,00	2,00	3,00	1,40	1,00
"	"	"	"	3	"	"	3,00	3,00	6,00	2,70	2,20
"	"	"	"	4	"	"	4,00	4,00	10,00	4,53	3,95
"	"	"	"	5	"	"	4,00	4,00	14,00	Totaler Bruch	
4	180,0	40,0	12,0	1	150,0	1,00	1,00	1,00	—	0,50	0,30
"	"	"	"	2	"	"	2,00	2,00	3,00	1,33	1,00
"	"	"	"	3	"	"	3,00	3,00	6,00	2,63	2,00
"	"	"	"	4	"	"	4,00	4,00	10,00	4,48	3,65
"	"	"	"	5	"	"	4,00	4,00	14,00	7,70	6,50

\*) Abbildungen der den Schlagproben unterworfenen Probekörper nach

## (Schlagproben) genieteteter Vollwandträger. \*)

## B e m e r k u n g e n

## Flusseisen.

Träger vollkommen gerade; alles intakt.

Wie vorher.

Wie vorher. Deutlich ausgeprägte Spannungstrajektorien.

Träger schwach seitlich verbogen, ebenso Steg in Nähe des Mittelständers.

do. do. do.; Steg schwach windschief, an einem Nietloch am untern Gurt anrissig.

Träger vollkommen gerade; alles intakt.

Wie vorher.

Wie vorher. Spannungstrajektorien schön ausgeprägt.

Träger fast gerade; alles intakt.

Träger schwach windschief. Träger wird für die fotogr. Aufnahme intakt ausrangirt.

## Schweisseisen.

Träger vollk. gerade. Obere Gurtlamelle in d. Mitte ü. d. Steg einseitig ca. 2,0 cm schwach längs-rissig.

Wie vorher.

Träger gerade; Obere Gurtlamelle beidseitig längsrissig (Risslänge ca. 5 cm.); deutlich ausgeprägte [Spannungstrajektorien.

Träger fast gerade. Obere Gurtlamelle beidseitig längsrissig.

Durchgreifender Querbruch.

Träger vollk. gerade. Obere Gurtlamelle über d. Steg zu beiden Seiten der Aufschlagfläche längs-rissig; Risslänge ca. 8 cm.

Träger vollk. gerade. Längsriss der obern Gurtlamelle ca. 13 cm.

Träger gerade. Längsriss der ob. Gurtlamelle ca. 13 cm. Deutlich ausgepr. Spannungstrajektorien.

Träger in der Mitte schwach seidl. verbogen. Längsriss d. ob. Gurtlamelle klaffend ca. 13 cm lang.

Partieller Querbruch; Steg, Gurtwinkel u. Gurtlamelle am Untergurt in Nähe d. Versteifung rissig. Photographischen Aufnahmen, vergl. Taf. XIII bis XVI.

Lauf.	Trägermaasse in cm			Schlag No.	Stütz- weite cm	Fall-		Schlagarbeit m t		Durchbiegung cm	
	Träger- länge	Steg- höhe	Niet- theilung			Gewicht t	Höhe m	einzel	total	der oberen Gurtlamelle	der unteren
<b>Flusseisen</b>											
5	180,0	50,0	13,0	1	150,0	1,00	1,25	1,25	—	0,63	0,30
	"	"	"	2	"	"	2,50	2,50	3,75	1,35	1,00
	"	"	"	3	"	"	3,75	3,75	7,50	2,45	2,10
	"	"	"	4	"	"	5,00	5,00	12,50	4,03	3,80
	"	"	"	5	"	"	5,00	5,00	17,50	5,75	5,70
	"	"	"	6	"	"	5,00	5,00	22,50	8,00	7,95
6	180,0	50,0	13,0	1	150,0	1,00	1,25	1,25	—	0,55	0,15
	"	"	"	2	"	"	2,50	2,50	3,75	1,30	0,73
	"	"	"	3	"	"	3,75	3,75	7,50	2,45	1,80
	"	"	"	4	"	"	5,00	5,00	12,50	4,05	3,15
	"	"	"	5	"	"	5,00	5,00	17,50	5,85	4,50
<b>Schweisseisen.</b>											
7	180,0	50,0	13,0	1	150,0	1,00	1,25	1,25	—	0,50	0,33
	"	"	"	2	"	"	2,50	2,50	3,75	1,35	1,00
	"	"	"	3	"	"	3,75	3,75	7,50	2,78	2,30
	"	"	"	4	"	"	5,00	5,00	12,50	4,65	4,15
	"	"	"	5	"	"	5,00	5,00	17,50	7,18	6,60
8	180,0	50,0	13,0	1	150,0	1,00	1,25	1,25	—	0,55	0,35
	"	"	"	2	"	"	2,50	2,50	3,75	1,45	1,10
	"	"	"	3	"	"	3,75	3,75	7,50	2,80	2,33
	"	"	"	4	"	"	5,00	5,00	12,50	4,75	4,10
	"	"	"	5	"	"	5,00	5,00	17,50	Totaler Querbruch	

## Bemerkungen

## Flusseisen

Träger vollkommen gerade; alles intakt

Träger vollkommen gerade; alles intakt.

Träger gerade, alles vollkommen intakt. Spannungstrajektorien deutlich ausgeprägt.

Träger fast vollkommen gerade; Steg in Nähe des mittleren Ständers schwach ausgebaucht.

Träger fast vollkommen gerade; Steg schwach ausgebaucht. Träger vollkommen rissfrei.

Träger wird windschief; Steg ziemlich stark ausgebaucht, Ständer gelockert und schief gestellt.  
[Die untere Gurtlamelle an einem Nietloch in Nähe der Trägermitte anrissig.]

Träger vollkommen gerade, alles intakt.

Träger vollkommen gerade, alles intakt.

Träger gerade, Spannungstrajektorien gut ausgeprägt.

Träger fast vollk. gerade; Steg nur unbedeutend verbogen.

Träger schwach windschief; Steg auf der einen Seite in Nähe des mittleren Ständers ausgebaucht.  
[Spannungskurven brillant ausgeprägt. Träger wird rissfrei ausrangirt.]

## Schweisseisen.

Träger vollk. gerade, obere Gurtlamelle über dem Stege auf einer Seite der Aufschlagfläche auf  
[c. 13 cm längsrissig.]

Träger vollkommen gerade; Risslänge der Gurtlamelle c. 16 $\frac{1}{2}$  cm.

Träger vollkommen gerade; Steg in Höhe des mittleren Ständers schwach ausgebaucht.

Träger fast gerade; Steg einseitig schwach ausgebaucht; von einem der mittleren horiz. Gurt-  
[nieten aus auf der gespannten Seite anrissig.]

Träger fast gerade; Steg zu beiden Seiten des mittleren Ständers ausgebaucht, windschief. Anrisse  
im Steg weit klaffend. Risse in der oberen Gurtlamelle klaffend (17,5 cm Länge).

Träger vollk. gerade; obere Gurtlamelle zu beiden Seiten der Aufschlagfläche über dem Steg längs-  
[rissig. Risslänge ca. 11 cm.]

Träger vollk. gerade; obere Gurtlamelle längsrissig; Risslänge ca. 26 $\frac{1}{2}$  cm. Steg unter den oberen  
[Gurtwinkeln schwach verbogen.]

Träger fast gerade; obere Gurtlamelle längsrissig, Risslänge ca. 29 $\frac{1}{2}$  cm. Steg schwach verbogen.

Träger schwach windschief, Risslänge der Gurtlamelle ca. 30 cm. Steg ausgebaucht und von einem  
[Horizontalniet des Untergurts ausgehend, anrissig.]

Durchgreifender Querbruch.

Lauf. No.	Trägermaasse in cm			Schlag No.	Stütz- weite cm	Fall- Gewicht t		Schlagarbeit m t		Durchbiegung cm	
	Träger- länge	Steg- höhe	Niet- theilung			Höhe m	einzeln	total	der oberen Gurtlamelle	der unteren Gurtlamelle	
<b>Flusseisen</b>											
9	180,0	60,0	14,0	1	150,0	1,00	1,50	1,50	—	0,83	0,45
	"	"	"	2	"	"	3,00	3,00	4,50	1,65	1,20
	"	"	"	3	"	"	4,50	4,50	9,00	2,90	2,35
	"	"	"	4	"	"	6,00	6,00	15,00	4,90	4,20
	"	"	"	5	"	"	6,00	6,00	21,00	8,60	7,50
10	180,0	60,0	14,00	1	150,0	1,00	1,50	1,50	—	0,65	0,30
	"	"	"	2	"	"	3,00	3,00	4,50	1,45	1,05
	"	"	"	3	"	"	4,50	4,50	9,00	2,68	2,20
	"	"	"	4	"	"	6,00	6,00	15,00	4,80	4,30
	"	"	"	5	"	"	6,00	6,00	21,00	9,25	8,70

**Schweisseisen**

11	180,0	60,0	14,00	1	150,0	1,00	1,50	1,50	—	0,73	0,40
	"	"	"	2	"	"	3,00	3,00	4,50	1,60	1,05
	"	"	"	3	"	"	4,50	4,50	9,00	2,90	2,30
	"	"	"	4	"	"	6,00	6,00	15,00	5,05	4,35
	"	"	"	5	"	"	6,00	6,00	21,00	10,60	7,95
12	180,0	60,0	14,00	1	150,0	1,00	1,50	1,50	—	0,68	0,40
	"	"	"	2	"	"	3,00	3,00	4,50	1,53	1,15
	"	"	"	3	"	"	4,50	4,50	9,00	2,88	2,55
	"	"	"	4	"	"	6,00	6,00	15,00	4,78	4,30
	"	"	"	5	"	"	6,00	6,00	21,00	8,50	6,45

**Bemerkungen****Flusseisen**

- Träger vollkommen gerade, alles intakt.
- Träger vollkommen gerade, alles intakt.
- Träger gerade, alles intakt. Steg in Nähe der Trägermitte schwach verbogen.
- Träger gerade; Steg mehr verbogen.
- Träger mässig windschief, Steg stark verbogen, lokal, schwach kreuzrissig. Ständer einseitig abgefallen, auf der andern Seite zwischen die Gurtwinkel geklemmt.
- Träger vollkommen gerade; alles intakt.
- Träger vollkommen gerade; alles intakt.
- Träger gerade, Steg schwach verbogen; alles intakt.
- Träger schwach windschief; Steg in Nähe der obern Gurtwinkel mässig ausgebaucht.
- Träger verbogen, Steg stark ausgebaucht und längsrissig in der horiz. Nietnaht am Obergurt.

**Schweisseisen**

- Träger vollk. gerade. Ob. Gurtlamelle auf der einen Seite d. Aufschlagfläche auf c. 5 cm längsrissig.
- Träger gerade, vollk. intakt. Obere Gurtlamelle zu beiden Seiten der Aufschlagfläche längsrissig. [Risslänge ca. 17,5 cm.]
- Träger fast gerade; obere Gurtlamelle klaffend längsrissig (auf ca. 20<sup>1</sup>/<sub>2</sub> cm).
- Träger schwach windschief. Obere Gurtlamelle auf 22<sup>1</sup>/<sub>2</sub> cm klaffend längsrissig.
- Steg quer- und längsrissig; oberer Gurtwinkel anrissig. Mittlerer Ständer abgefallen.
- Träger vollk. gerade; obere Gurtlamelle über dem Stege zu beiden Seiten d. Aufschlagfläche Längsrisse ca. 16 cm lang.
- Träger vollkommen gerade; Längsrisse der obern Gurtlamelle ca. 23<sup>1</sup>/<sub>2</sub> cm lang.
- Träger gerade; obere Gurtlamelle klaffende Längsrisse, 30 cm lang. Steg fast gerade.
- Träger schwach verbogen; Längsrisse der obern Gurtlamelle 36 cm lang. Steg schwach verbogen, [zeigt einen von einem Nietloch ausgehenden Anriss.]
- Träger schwach windschief; obere Gurtlamelle: klaffende Risse von 36,5 cm Länge. Steg quer- und längsrissig. Ob. Gurtwinkel in d. Balkenmitte ebenfalls querrissig. Mittl. Versteifung abgefallen.

Lauf- No.	Trägermaasse in cm			Schlag No.	Stütz- weite cm	Fall- Gewicht Höhe t m		Schlagarbeit m t		Durchbiegung cm	
	Träger- länge	Steg- höhe	Niet- theilung			einzel	total	der oberen	der unteren	Gurtlamelle	
<b>Flusseisen</b>											
13	180,0	70,0	15,0	1	150,0	1,00	1,75	1,75	—	0,80	0,50
"	"	"	"	2	"	"	3,50	3,50	5,25	1,70	1,50
"	"	"	"	3	"	"	5,25	5,25	10,50	3,13	2,85
"	"	"	"	4	"	"	7,00	7,00	17,50	6,35	4,73
"	"	"	"	5	"	"	7,00	7,00	24,50	14,50	5,93
14	180,0	70,0	15,0	1	150,0	1,00	1,75	1,75	—	0,80	0,50
"	"	"	"	2	"	"	3,50	3,55	5,25	1,70	1,50
"	"	"	"	3	"	"	5,25	5,25	10,50	3,35	3,55
"	"	"	"	4	"	"	7,00	7,00	17,50	8,35	6,21
"	"	"	"	5	"	"	7,00	7,00	24,50	18,20	7,65

**Schweisseisen**

15	180,0	70,0	15,0	1	150,0	1,00	1,75	1,75	—	0,78	0,50
"	"	"	"	2	"	"	3,50	3,50	5,25	1,80	1,50
"	"	"	"	3	"	"	5,25	5,25	10,50	3,25	2,85
"	"	"	"	4	"	"	7,00	7,00	17,50	6,10	5,00
16	180,0	70,0	15,0	1	150,0	1,00	1,75	1,75	—	0,78	0,58
"	"	"	"	2	"	"	3,50	3,50	5,25	1,73	1,50
"	"	"	"	3	"	"	5,25	5,25	10,50	3,25	3,00
"	"	"	"	4	"	"	7,00	7,00	17,50	nicht mehr messbar	

**Bemerkungen****Flusseisen**

Träger vollkommen gerade, alles intakt.

Träger vollkommen gerade, alles intakt.

Träger ziemlich gerade, Steg in Nähe der Trägermitte schwach ausgebaucht.

Träger seitlich schwach verbogen. Steg zieml. stark ausgebaucht, der mittl. Ständer einseitig abgefallen.

Träger ist windschief; Steg stark verbogen, in der Nietnaht am obern Gurt anrissig.

Träger gerade, alles intakt.

Träger fast vollk. gerade.

Träger zieml. gerade. Versteifungswinkel u. Futterblech a. mittleren Ständer schwach ausgebaucht.

Träger ziemlich gerade; Stegdeformation stärker. Ein Winkel des mittl. Ständers abgefallen.

Träger windschief. Steg ziemlich stark verbogen, ausgebaucht und in der Nietnaht am obern [Gurt anrissig.]

**Schweisseisen**

Träger vollkommen gerade; obere Gurtlamelle über dem Steg auf der einen Seite der Aufschlagfläche anrissig. Risslänge 9,0 cm.

Träger vollkommen gerade, obere Gurtlamelle: beidseitig klaff, Längsrisse auf ca. 24 cm Länge.

Träger ziemlich gerade. Längsrisse der ob. Lamelle ca. 33 cm lang. Beginnende Stegausebauchung. [Längsriss am Stegende in der obern Gurtnietung.]

Träger mässig windschief, Steg ausgebaucht, längsrissig. Der mittl. Ständer einseitig völlig lose.

Träger vollk. gerade, ob. Gurtlamelle üb. d. Stege zu beiden Seiten der Aufschlagfläche längsrissig. [Risslänge ca. 12 cm.]

Träger vollk. gerade, obere Gurtlamelle: Längsrisse ca. 25 cm lang.

Träger ziemlich gerade. Obere Gurtlamelle: Längsrisse ca. 30 cm. Steg am ob. Gurt schwach verbogen.

Quer- und Längsrisse im Steg.

## General-Zusammenstellung der Resultate.

### VI. Genietete Vollwandträger.

Gemäss den Auseinandersetzungen auf Seite 82 der vorliegenden Mittheilungen bezwecken unsere Biege- und Schlagversuche mit Blechbalken die Bestimmung des Werthverhältnisses des basischen Convertereisen in genietetem Zustande im Vergleich zum Schweisseisen gewöhnlicher Constructionsqualität. Sie sollen gleichzeitig zur Controle der Harkort'schen Resultate dienen, obschon Harkort mit einem ausgesucht guten Schweisseisen, mit saurem Convertereisen, also mit Bessemereisen gearbeitet hat\*) und seine Versuche auf statische Biegeproben ohne Elasticitätsmessungen beschränkte.

Das Schweisseisen Harkort's zeigte nach Prof. Belebubski's Zusammenstellungen im Mittel folgende Werthziffern:

Zugfestigkeit . . . . .	$\beta_z = 3,97 t \text{ pro } cm^2$
Dehnung . . . . .	$\lambda = 21,3 \%$
Contraction . . . . .	$\varphi = 28,4 \%$

Das saure Convertereisen besass folgende Zusammensetzung:

$$C = 0,120 \%, \quad Mn = 0,271 \%, \quad Si = 0,027 \%, \quad P = 0,103 \%$$

und ergaben die damit ausgeführten Zerreißversuche im Mittel:

Zugfestigkeit . . . . .	$\beta_z = 4,60 t \text{ pro } cm^2$
Dehnung . . . . .	$\lambda = 33,3 \%$
Contraction . . . . .	$\varphi = 46,7 \%$

Die sorgfältig hergestellten Versuchsträger Harkort's hatten  $5,80 m$  theoret. Stützweite,  $68,6 cm$  hohe,  $0,7 cm$  starke Stehbleche, welche in Abständen von ca.  $77,0 cm$  durch vertikale Winkeleisen abgesteift wurden. Die Trägergurten waren aus Winkeln von  $7 \times 7 \times 0,7 cm$  und je einer Lamelle von  $15,0 \times 0,7 cm$  Stärke gebildet. Die Länge der Gurtlamellen entsprach der Träger-

\*) Auf Harkort's Versuche mit genieteten Bessemerstahlträgern treten wir hier nicht ein, da uns zu deren Controle ein ähnliches Material nicht zur Verfügung stand. Erwähnt sei jedoch, dass dieselben mit Ausnahme einiger Exemplare, die sich an der Grenze ihres Tragvermögens verwunden haben, durch Querbrüche, welche die gespannten Gurten, in der Regel aber auch die Stehbleche umfassten, vorzeitig zu Grunde gegangen sind.

länge; die Nietstärke betrug 1,8 cm; die Niettheilung ca. 8,0 cm. Der Kraftangriff erfolgt in der Trägermitte auf eine Breite von ca. 23 cm.

Besserer Uebersicht willen haben wir die Ergebnisse der Harkort'schen Einzelversuche in folgenden Zusammenstellungen wiedergegeben:

a. Schweisseisen.

Lauf. No.	Belelubski's No.	Biegungsfestigkeit $\beta_b$	Bemerkungen
1	4	3,80 t pro $cm^2$	Verwindung des Trägers ohne Bruch.
2	18	3,90 "	Ausbauchung d. Stehbleches in d. Träger- [mitte ohne Bruch.
3	23	3,50 "	Erster Riss in gespanntem Gurt.
Im Mittel		3,73 t pro $cm^2$ .	

Im Vergleiche zur Zugfestigkeit des verwendeten Schweisseisens beträgt die Biegungsfestigkeit der Blechbalken:

$$\beta_b = 0,94 \beta_z;$$

der Verlust an Zugfestigkeit erreicht somit rund

$$n = 6 \text{ } \%.$$

b. Flusseisen.

Lauf. No.	Belelubski's No.	Biegungsfestigkeit $\beta_b$	Bemerkungen.
1	6	3,60 t pro $cm^2$	Verwindung d. Trägers; Stehblech in der [Trägermitte ausgebaucht.
2	17	3,60 "	do.
3	25	3,50 "	do.
Im Mittel		3,57 t pro $cm^2$ .	

Im Vergleiche zur Zugfestigkeit des verwendeten Bessemerisens beträgt die Biegungsfestigkeit der Blechbalken:

$$\beta_b = 0,78 \beta_z;$$

der Verlust an Zugfestigkeit erreicht somit rund:

$$n = 22 \text{ } \%.$$

Hinsichtlich der Bruchsicherheit haben also die flusseisernen Vollwandträger Harkort's ein günstigeres Resultat ergeben, als die schweisseisernen, denn bei letztern ist in einem Falle Querbruch eingetreten. Bezüglich der Zuverlässigkeitsverhältnisse liefern Harkort's Versuche, weil Schlagproben fehlen, keinen sichern Aufschluss.

**1. Zusammenstellung der Resultate**  
**der Berechnung der Querschnittsgrößen der Blechbalken.**

Laufende No.	Bezeichnung	Blechbalken			
		No. 40	No. 50	No. 60	No. 70
1	Stehblechhöhe . . . . . $h$ cm	40,0	50,2	60,0	70,0
2	Gurtwinkel, nominell . . . . . "	9:9:0,9	9:9:0,9	9:9:0,9	9:9:0,9
3	Gurtlamellen, nominell . . . . . "	22,0:0,9	22,0:0,9	22,0:0,9	22,0:0,9
4	Schwerpunktsabstand d. Gurtflächen mit Berücksichtigung d. Nietlöcher . . $h_s$ cm	36,90	47,10	56,90	66,90
5	Gurtquerschnitt mit Abzug d. Nietlöcher $F_o$ cm <sup>2</sup>	43,47	43,47	43,47	43,47
6	Querschnittsfläche der Blechbalken:				
	a. ohne Rücksicht auf die Nietlöcher $F_1$ cm <sup>2</sup>	135,9	145,1	153,9	162,9
	b. mit " " " " $F$ "	122,9	132,1	140,9	149,9
7	Trägheitsmomente d. Querschnittsflächen				
	a. ohne Rücksicht auf die Nietlöcher $J_1$ cm <sup>4</sup>	40224	66521	98881	139538
	b. mit " " " " $J$ "	35037	58352	87213	123659
8	Widerstandsmomente der Querschnittsflächen m. Rücksicht auf d. Nietlöcher $W_1$ cm <sup>3</sup>	1676	2244	2822	3445
9	Quadrat des Trägheitshalbmessers . . $k^2$ cm	296,0	458,5	642,5	856,6
10	Coefficient der Querschlebung . . . $\alpha$ —	2,35	2,49	2,71	2,96

Berechnet man die Trägheits- und Widerstandsmomente nach den Näherungsformeln

$$J^* = \frac{h_s^2}{2} \left[ F_o + \frac{1}{6} s h_s \right] \text{ und } W^* = h_s \left[ F_o + \frac{1}{6} s h_s \right]$$

so erhält man für die Blechbalkenquerschnitte      No. 40      No. 50      No. 60      No. 70

die Werthe:  $J^* =$  33363      56054      84186      119734 cm<sup>4</sup>

ferner:  $W^* =$  1808      2380      2959      3579 cm<sup>3</sup>

Die Werthe  $W_1^*$  sind somit gegenüber den genauen Werthen  $W_1$  zu gross um:

$\Delta W_1^* =$  132      136      137      134 cm<sup>3</sup>

oder in % = 7,3 %      5,7 %      4,6 %      3,8 %.

2. Chemische Zusammensetzung des Materials

(Bohrspähne sind den Gurtlamellen entnommen).

	C	Mn	Si	P	S
Schweisseisen . . . . .	0,011 %	0,060 %	0,076 %	0,411 %	0,038 %
Flusseisen . . . . .	0,090 "	0,305 "	0,032 "	0,082 "	0,020 "

3. Biegeproben.

	Flusseisen,	Schweisseisen.
Anzahl der ausgeführten Einzelproben . . . . .	8 Stück,	8 Stück.
" " gebrochenen Träger . . . . .	— "	3 "
" " an der Cohäsions-Grenze windschief gewordenen Träger . . . . .	8 "	5 "

In spezieller Gegenüberstellung beträgt im Mittel:

bei den Trägern von . . . . .	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm Höhe
d. Elasticitäts- modul	für Flusseisen: 1948 t p. cm <sup>2</sup>	1991 t p. cm <sup>2</sup>	2003 t p. cm <sup>2</sup>	1979 t p. cm <sup>2</sup>
der Biegungs- festigkeit	" Schweisseisen: 1828 "	1776 "	1859 "	1844 "
Mehrbetrag beim Flusseisen:	120	215	144	135
oder in %:	6,6 %	12,1 %	7,7 %	7,3 %
d. Elasticitäts- grenze	für Flusseisen: 2,04 t p. cm <sup>2</sup>	2,01 t p. cm <sup>2</sup>	2,06 t p. cm <sup>2</sup>	1,93 t p. cm <sup>2</sup>
	" Schweisseisen: 1,37 "	1,41 "	1,36 "	1,30 "
Mehrbetrag beim Flusseisen:	0,67	0,60	0,70	0,63
oder in %:	48,8 %	42,6 %	51,5 %	48,4 %
die Bieg- grenze	für Flusseisen: 2,29 t p. cm <sup>2</sup>	2,51 t p. cm <sup>2</sup>	2,37 t p. cm <sup>2</sup>	2,27 t p. cm <sup>2</sup>
	" Schweisseisen: 1,80 "	2,10 "	—	1,94 "
Mehrbetrag beim Flusseisen:	0,49	0,41	—	0,33
oder in %:	27,2 %	19,5 %	—	17,0 %
die Biegungs- festigkeit	für Flusseisen: 3,89 t p. cm <sup>2</sup>	3,82 t p. cm <sup>2</sup>	3,87 t p. cm <sup>2</sup>	3,78 t p. cm <sup>2</sup>
	" Schweisseisen: 3,68 "	3,66 "	3,56 "	3,32 "
Mehrbetrag beim Flusseisen:	0,21	0,16	0,31	0,46
oder in %:	5,7 %	4,4 %	8,7 %	13,5 %
die Deform.- arbeit	für Flusseisen: 0,594 m t	0,851 m t	1,027 m t	1,247 m t
bei einer Durch- bieg. von 1/120 der Trägerstützweite	" Schweisseisen: 0,499 "	0,691 "	0,913 "	1,138 "
Mehrbetrag beim Flusseisen:	0,095	0,160	0,114	0,109
oder in %:	19,0 %	23,1 %	12,5 %	9,6 %

## 4. Schlagproben.

	Flusseisen,	Schweisseisen.
Anzahl der ausgeführten Einzelproben . . .	8 Stück,	8 Stück.
" " Blechbalken mit durchgreifendem Querbruch . . . . .	— " "	2 "
" " Blechbalken m. partiellem Querbruch	— " "	2 "
" " " mit Anrissen in den Gurtlamellen . . . . .	1 " "	— "
" " Blechbalken mit Längsrissen in den horiz. Nietnähten der Gurten .	4 " "	— "
" " Blechbalken mit starken Längsrissen im vollen Stehblech . . . . .	— " "	4 "
" " gänzl. intaktgebliebenen Blechbalken	2 " "	— "

Aus vorstehenden Gegenüberstellungen folgt, dass:

1. der Elasticitätsmodul, die Elasticitätsgrenze, die Bieggrenze, sowie die Biegungsfestigkeit der genieteten Vollwandträger in basischem Convertereisen im Mittel um beziehungsweise 8,4 %, 47,8 %, 21,2 %, und 8,2 % höher liegt als bei congruenten Trägern in Schweisseisen gewöhnlicher Constructionsqualität.

Berücksichtigt man, dass die Zugfestigkeit der Gurtlamellen (Universaleisen), also des Materials der äussersten Fasern der genieteten Vollwandträger ohne Rücksicht auf die Einflüsse der Lochungsort

	beim Flusseisen:	beim Schweisseisen:
lt. Zusammenstellung auf S. 130—131	$\beta_z = 4,50 \text{ t p. cm}^2$	$\beta_z = 3,79 \text{ t p. cm}^2$
" Qualitätsausweis auf S. 208	$= 4,56 \text{ "}$	$= 3,59 \text{ "}$
oder im massgebenden Mittel	$\beta_z = 4,51 \text{ t p. cm}^2$	$\beta_z = 3,75 \text{ t p. cm}^2$

beträgt, so ergibt sich allerdings zunächst für die Eisensorten von Hayange und die gewählte Stehblechstärke der Träger, dass

2. zu Folge der Deformabilität der Materialien jenseits der Elasticitätsgrenze, insbesondere zu Folge Eintritts der naturgemässen Stauchvorgänge, welche Verbiegungen, Ausbauchungen und schliesslich das Windschiefwerden der Vollwandträger erzeugen, die Biegungsfestigkeit derselben blos

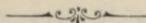
einen Bruchtheil der Zugfestigkeit des verwendeten Materials erreicht, deren Grösse von der gewählten Stehblechstärke abzuhängen scheint.

Für die Eisensorten von Hayange beträgt u. z.

	beim Flusseisen:	beim Schweisseisen:
die Biegezugfestigkeit rund . . .	$\beta_b = 0,85 \beta_z$	$\beta_b = 0,94 \beta_z$
also erreicht der Verlust an Zugfestigkeit	$n = 15 \%$	$n = 6 \%$ .

Mit Rücksicht auf den Ausfall der statischen Biege- und der Schlagproben darf man endlich in völliger Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Knickungsversuche sagen, dass:

3. das weiche, reine basische Convertereisen tadelloser Chargen mit  $c$  3,6 bis 4,5  $t$  Zugfestigkeit durch die Bearbeitung, wie sie das Zurichten, Bohren, Nieten von Hand etc. mit sich bringt, an Zuverlässigkeit nichts verliert und den Constructionen mindestens jene Sicherheit verleiht, die wir bei Schweisseisen normaler Constructionsqualität in unsern Bauwerken auszunützen gewohnt sind.





## 2. Untersuchung der Qualitäts- und der Festigkeitsverhältnisse der Drahtseile der schweizer. Drahtseilbahnen.

### a. Allgemeines.

Im dritten Hefte, Seite 75 der offiz. Mittheilungen der eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien, haben wir bereits darauf hingewiesen, dass die häufig wiederkehrenden Anträge zur Vornahme von Festigkeitsversuchen mit Drahtseilen es nöthig machten, geeignete Seilbefestigungsmittel zu suchen und dass wir nach zahlreichen Vorversuchen schliesslich bei der Befestigung der Seilenden durch Verguss in entsprechend gehöhlten Einspannköpfen, stehen geblieben sind. Seither hat die erwähnte Methode der Einspannung keine Aenderung erfahren; es haben sich lediglich die hierbei nöthigen Manipulationen vervollkommenet und haben wir durch Etablierung eines umfassenden Prüfungsverfahrens, welches neben den Seilproben auch die Qualitätsbestimmung der Einzeldrähte auszuführen gestattet, die Frage der Prüfung der Rundseile auf Festigkeit und Materialbeschaffenheit zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht.

Die Schwierigkeiten der Prüfung der statischen Festigkeitsverhältnisse der Drahtseile liegen lediglich in deren Befestigung. Der von uns betretene Weg ist bei den Herren Seilfabrikanten nicht beliebt. Gegen die Befestigung der Seilenden durch Verguss wird angeführt, dass durch sie eine Lockerung des Gefüges, eine Aenderung der relativen Lage der Seilelemente erzeugt werde, die eine gleichmässige Anstrengung der Einzeldrähte verhindere, anderseits das Vergiessen die Festigkeit der Drähte beeinträchtige. (In letzterer Hinsicht vergl. insbesondere Prof. Bauschinger's Mittheilungen, 17. Heft, S. 24 und 25).

Wir sind uns der Möglichkeit des Eintritts dieser störenden Einflüsse vollauf bewusst; dessen ungeachtet halten wir unsere

Methode der Seilbefestigung, sowohl für weiches (mit ca. 7,0 *t* pro  $cm^2$  Zugfestigkeit), als auch für hartes Drahtmaterial (mit ca. 14,0 u. m. *t* pro  $cm^2$  Zugfestigkeit) für vollkommen ausreichend und sicher und würden von dieser ohne triftige Ursache schon aus dem Grunde nicht abgehen, weil sie sowohl auf Brücken als namentlich auf Seilbahnen wohl mit Recht zu den beliebtesten gehört.

Seilbrüche in den Einspannköpfen oder deren Nähe kamen bei unseren Versuchen nur äusserst selten vor und werden solche Versuche als nicht massgebend angesehen. In der Regel liegt die Bruchstelle der Seile zwischen den Einspannköpfen, nicht selten nahe der Seilmitte, gleichviel, welches der Härtegrad des Drahtmaterials gewesen. Fällt aber die Bruchstelle zwischen die Einspannköpfe, so kann nach unserer Auffassung von nachtheiligen Einflüssen, die das Reinigen, Verzinnen und Vergiessen der Drähte und Litzen erzeugen soll, keine Rede sein. Dagegen bleibt die Möglichkeit bestehen, dass zu Folge Lagenänderungen der Litzen oder Drähte das Ergebniss der Seilprobe ein zweifelhaftes wird, gleichviel wohin die schliessliche Bruchstelle fällt. Nach unseren Erfahrungen ist der negative Ausfall solcher Proben nicht unbedingt in den Manipulationen der Einspannung durch Verguss gelegen. Sie sind oft — in einem Falle haben wir dies nachgewiesen — Folge der fahrlässigen Behandlung bei Abtrennung, Verpackung und dem Transporte des Versuchsobjektes, welches schon aus dem Grunde immer mit etwelchem Misstrauen aufgenommen werden muss, weil es das Endstück des Seiles ist, dem weder in der Fabrik noch am Bauplatze diejenige Sorgfalt und Schonung zu Theil wird, die ein Versuchsobjekt fordert.

Das Auftreten vorzeitiger und sich im Verlaufe einer Seilzerreissprobe mehrfach wiederholender Drahtrisse darf als Anzeichen einer Lagenänderung der Litzen und Drähte angesehen werden, denn bei gleicher Dicke und Qualität der Drähte des Litzenumfangs und der Seele treten unter normalen Verhältnissen einzelne Drahtrisse stets nur unmittelbar vor Eintritt des Seilbruches auf und erklären wir aus diesem Grunde einen Seil-

versuch ebenfalls als nicht massgebend, wenn, wie dies allerdings nur ausnahmsweise vorkommt, vorzeitige Drahttrisse konstatiert werden (bei den letzten 20 Seilversuchen, die wir auszuführen Gelegenheit hatten, ist dieser Fall einmal vorgekommen) und da wir stets Doppelversuche (2 Zerreißproben pro Seil) auszuführen pflegen und nicht anzunehmen ist, dass bei ein und demselben Seil in beiden Fällen die Einspannung Schuld an der Lagenänderung seiner Elemente trägt, wenn in beiden Fällen vorzeitige Drahttrisse auftreten, sind wir berechtigt die Ursache der Erscheinung in der Seilbeschaffenheit im Anlieferungs-Zustande zu suchen.

Aehnliche Erfahrungen hat unabhängig von uns auch Herr Ing. E. Roussel, Chef der Versuchsanstalt der belgischen Staatsbahnen, gemacht. Dank seinem Entgegenkommen sind wir in der Lage, an Hand eines Auszugs seines Versuchsmaterials unsere Erfahrungen zu bestätigen und den Nachweis zu erbringen, dass durch sachgemässen Verguss auch Stahldraht mit  $16,0t$  pro  $cm^2$  Zugfestigkeit keinen belangreichen Schaden erleidet.

Häufig werden zur Seilbefestigung dreitheilige Klemmkeile aus Hartmetall benutzt, die vorangehend an einem besonderen, nicht weiter benutzten Seilabschnitt abgegossen worden. Das Versuchsobjekt wird in ein Colophoniumbad eingelegt, darin ca. 20 Min. belassen, abgekühlt und nun in der Maschine festgeklemmt. Wir hatten einmal Gelegenheit dieser Procedur der Einspannung am Carlswerk der HH. Felten & Guillaume zu Mühlheim beizuwohnen; dieselbe hat uns jedoch von der Superiorität des Verfahrens nicht überzeugt. Es sei gestattet auf die am Carlswerk ausgeführten Versuche hier einzutreten; sie sind geeignet die Frage der Prüfung von Drahtseilen näher zu beleuchten, insbesondere die Nothwendigkeit einer sorgfältigen Behandlung der zu Versuchen bestimmten Seilenden darzuthun.

Im Sept. 1886 stellten die Erbauer der Magglinger-Drahtseilbahn, die HH. Pümpin, Herzog & Comp. in Bern, im eidg. Festigkeitsinstitute den Antrag zur Vornahme der Controllversuche der ihnen von Felten & Guillaume zu Mühlheim a/Rh. gelieferten Drahtseile und lieferten zu diesem Ende 2 Stück

à 6 m lange Seilabschnitte in das Festigkeitsinstitut, die zu einem Bund von ca. 85 bis 95 cm Durchmesser zusammengerollt waren. Die genannten Seilabschnitte hatten gleiche Zusammensetzung und bestanden aus einer Hanfseele und 6 metall. Litzen. Die Seele jeder Litze bestand aus 7 Drähten mit 1,70 mm Stärke, um welche 10 Drähte mit ca. 2,21 mm Stärke geschlagen waren. Der metallische Seilquerschnitt schwankte zwischen 3,23 und 3,45 cm<sup>2</sup>. Die Einspannung der Seilenden geschah durch Verguss. Folgende Zusammenstellung gibt die gewonnenen Resultate:

	Seil I.	1. Versuch.	2. Versuch.
Eintritt des ersten Drahrisses . . . .		49,00 t	49,50 t;
Zugfestigkeit des Seiles, absolut . . . .		49,50 t	49,50 t;
"    "    "    pro cm <sup>2</sup> . . . .		14,35 t	15,32 t.
	Seil II.	1. Versuch.	2. Versuch.
Eintritt des ersten Drahrisses . . . .		47,00 t	48,00 t;
Zugfestigkeit des Seiles, absolut . . . .		48,00 t	48,00 t;
"    "    "    pro cm <sup>2</sup> . . . .		14,72 t	14,86 t.

In einem vom 26. October 1886 datirten Schreiben erhoben die Herrn Seillieferanten Einsprache gegen obigen Befund, anführend, dass die beiden Seile am Werke probirt und 52,0 t vollkommen getragen hätten.

Der Berichterstatter schlug erneuerte Versuche an einer neutralen Stelle, einer deutschen Prüfungsstation vor; wogegen die Herren Seillieferanten darauf beharrten, dass die Controlversuche auf deren Werken zu Mühlheim ausgeführt werden. Dem Wunsche der Herrn Felten & Guilleaume zu entsprechen, veranlasste der Berichterstatter, dass von den streitigen Seilen weitere Abschnitte unter Berücksichtigung der nöthigen Vorsichtsmassregeln abgetrennt und ungerollt in das Festigkeitsinstitut Zürich eingeliefert wurden. Mit diesen Abschnitten fuhr der Verfasser nach Mühlheim, wo am 6. November die verlangten Proben ausgeführt wurden. Die Ergebnisse dieser Versuche waren folgende:

	Seil I.	Seil II.
Eingespannte Seillänge . . . .	ca. 0,65 m	ca. 0,65 m;
Dauer des Versuches . . . .	" 19 Min.	" 19 Min.
Eintritt des ersten Drahrisses . . . .	47,00 t	48,00 t
Zugfestigkeit des Seiles . . . .	51,20 t	50,80 t
Anzahl der gerissenen Litzen . . . .	3	3.

Die Reststücke der Seilabschnitte wurden nach Zürich zurückgesandt und hier in Gegenwart des Hrn. Control-Ingenieurs Glauser, als Vertreter des Inspectorats schweiz. Eisenbahnen, den üblichen Zerreißproben unterworfen. Das Ergebniss dieser Proben war:

	Seil I.	Seil II.
Eingespannte Seillänge . . .	ca. 2,00 m	ca. 2,00 m;
Dauer des Versuches . . . .	„ 30 Min.	„ 30 Min.
Eintritt des ersten Drahrisses .	—	unmittelbar vor Bruch
Zugfestigkeit des Seiles . . .	50,00 t	49,80 t.

Aus vorstehenden Versuchsergebnissen geht hervor, dass die zweiten Seilabschnitte günstigere Resultate ergaben, als die vom Seilende entnommenen, zu erst geprüften und beanstandeten. Mit Rücksicht auf die zu Mühlheim gewonnenen Resultate der Zerreißproben geht hervor, dass

1. die von Felten & Guillaume angegebenen 52,0 t selbst auf der Werksmaschine nicht erreicht wurden,
2. die den ersten Versuchen zu Grunde gelegten, gewaltsam gerollten Seilabschnitte zweifellos etwelche Lagenänderung ihrer Elemente erlitten haben müssen,
3. die beobachteten Differenzen der Resultate der Festigkeitsversuche Mühlheim-Zürich (die Differenz beträgt: für das Seil I: 2,3 %; für das Seil II: 2,0 %) rühren theilweise von der Verschiedenheit der Einspann-Methode, der Dauer des Versuches, der Hauptsache nach aber wahrscheinlich von der Verschiedenheit der Festigkeitsmaschinen her, da diejenige der Herrn Felten & Guillaume mit einer Uebersetzung von 1:4500, die Werder'sche Maschine unserer Anstalt bloß mit einer solchen von 1:500 arbeitet. Dazu kommt, dass nach Mittheilung des Werkstättenchefs der Mühlheimer-Fabrik, die dortige Maschine nach einer vor unserer Ankunft ausgeführten Controle, etwas zu viel angezeigt hatte.

Mit Rücksicht auf den Zeitpunkt des Eintritts der ersten Drahrisse und der Uebereinstimmung unserer Zerreiß-

versuche mit ein und demselben Seilmaterial darf gesagt werden, dass

4. die Einspannung durch Verguss der Klemmconstruction nicht nachsteht, wenn namentlich für harten, nicht ausgeglühten Stahldraht leichtschmelzige Legierung Anwendung finden und die Appretur der Seilenden unter Berücksichtigung der nöthigen Vorsichtsmassregeln vorgenommen wird.

#### b. Das Versuchsmaterial, Art seiner Zerlegung und Prüfung.

Soll von einem zu prüfenden Seile ein Versuchstück abgetrennt werden, so ist es nöthig, zu beiden Seiten der Schnittstelle und soferne dies nicht schon in der Fabrik geschehen sein sollte, auch auf das freie Seilende je einen kräftigen, aus weichem Eisendraht erzeugten Bund (einen Wickel von mindestens 10 *cm* Länge) anzubringen, hierauf den Schnitt durch vorsichtiges Durchmeisseln (besser man sägt oder fraist das Seil durch) auszuführen. Länge des Seilabschnitts zwischen den Endwickeln: 6,0 *m*. Das Verfrachten eines Seilabschnittes geschieht am zweckmässigsten in gestreckter Form, angebunden an ein gleich langes Rundholz. Wird dasselbe gerollt, so hat dies vorsichtig zu geschehen und soll der Durchmesser der Rolle 1,5 *m* nicht unterschreiten.

Der in die eidg. Festigkeitsanstalt eingelieferte Seilabschnitt erhält nun weitere Wickel, so dass zwischen je zwei benachbarten Wickeln ein weiterer Schnitt durchgeführt werden kann, um:

1. einen c. 1,0 *m* langen Abschnitt für Einzel-Drahtproben,
2. zwei c. 2,5 *m* lange Abschnitte für zwei Seil-Zerreissproben zu gewinnen.

Dem 1,0 *m* langen Abschnitt wird eine Litze entnommen, deren Drähte:

- a. der Zerreissprobe,
  - b. der Torsionsprobe,
  - c. der Biege- oder Umschlagprobe
- unterworfen werden.

Missglücken einzelne dieser Drahtproben durch Zufälligkeiten oder soferne zwischen den Ergebnissen der Draht- und Seil-Zerreissproben erhebliche Differenzen auftreten, werden die Drahtproben auf eine zweite Seillitze ausgedehnt.

Die Festigkeitsproben mit Einzeldrähten liefern:

- die Zugfestigkeit des Drahtmaterials,
- die Dehnung " " "
- die Contraction " " " ferner
- die Deformationsarbeit der Zugfestigkeit,
- die Anzahl der Verwindungen (Torsionsumdrehungen),
- das Torsionsmoment beim Bruch,
- die Deformationsarbeit der Torsionsfestigkeit, endlich
- die Anzahl Umbiegungen (um 180°) bis zum Bruch.

Die Festigkeitsproben mit ungetheilten Seilabschnitten liefern:

- die Seilfestigkeit,
- die Seildehnung in verschiedenen Belastungsphasen.

Die Zugfestigkeit des Drahtmaterials dient zur Vergleichung und Controle der Seilfestigkeit. Die Deformationsarbeit der Zugfestigkeit, in weit höherm Masse noch diejenige der Torsionsarbeit, dient dagegen in Verbindung mit der Anzahl und der Art der Verwindungen (die insbesondere sehr scharf die Homogenität des Drahtmaterials zum Ausdrucke bringt) und den Ergebnissen der Umschlageprobe, als Qualitätsmesser des Drahtmaterials.

### c. Zurichtung des Versuchsmaterials.

Die zur Vornahme von Einzelproben bestimmte Litze wird geöffnet, die Drähte derselben werden gereinigt und hierauf auf einer Hartholzunterlage mittelst eines kupfernen Hammers gerade gerichtet. Jeder Draht der fraglichen Litze wird nun in drei Stücke zerlegt u. z. in

- 1 Stück von c. 65 *cm* Länge für die Draht-Zerreissprobe,
- 1 " " " 30 " " " " Drahttorsionsprobe u.
- 1 " " " 15 " " " " Drahtumschlagprobe.

Die zu Seil-Zerreißproben bestimmten Seilabschnitte werden durch den mehrfach erwähnten Verguss in geeigneten Einspannköpfen befestigt; sie erfahren hiebei folgende Behandlung:

Die zu befestigenden Seile werden zunächst c. 25 cm vom Ende weg mit je einem kräftigen Wickel versehen, hierauf geöffnet, die Hanfseele herausgeschnitten und die so präparierten Seilende in ein grösseres mit Petroleum gefülltes Gefäss eingelegt und darin c. 10 Stunden lang belassen. Hierauf werden die Seilende sorgfältig gereinigt, schwach gebeizt und die Einzeldrähte, der Wickel und über diesen hinaus die intakten Litzen des Seiles verzinkt. Dies geschieht durch Eintauchen der Seilende in geschmolzenes Zinn. Die verzinkten Drähte werden nun zur Schleife umgebogen, worauf der Verguss erfolgen kann. Wir benützen hiezu in der Regel eine Lagercomposition bestehend aus:

80 Gew.-Th. Zinn, 10 Gew.-Th. Kupfer, 10 Gew.-Th. Antimon.

Wird das Seil als aus hartem Tiegelgussstahl bestehend deklariert, so gelangt die von Hrn. Ing. *E. Roussel* empfohlene Legierung aus: 9 Gew.-Th. Blei, 2 Gew.-Th. Antimon, 1 Gew.-Th. Bismuth zur Anwendung.

Beim Verguss ist darauf zu achten, dass das Seil in der Axe der Bohrung die Einspannköpfe verlässt und dass nicht nur die Einzeldrähte, sondern auch der Wickel und ein Stück des intakten Seils durch die Vergussmasse umschlossen wird, vergl. Fig. 30. Nach erfolgter Abkühlung der Vergussmasse auf die atm. Temperatur ist das Seil versuchsgerecht.

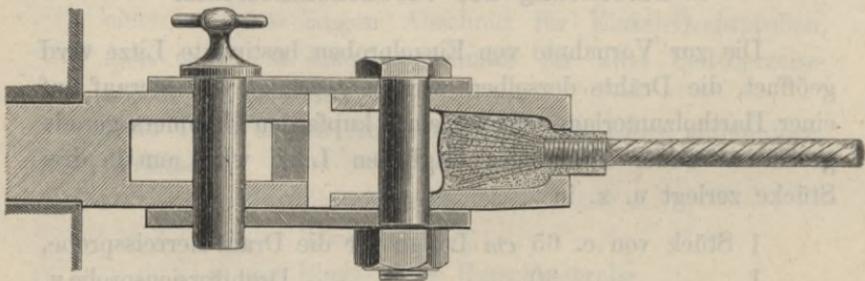


Fig. 30.

#### d. Hilfsmittel der Draht- und Seilproben.

Die Seilproben werden auf der uns disponiblen *Werderschen* Festigkeitsmaschine ausgeführt. Fig. 30 stellt die Art der Einlegung der Einspannköpfe der Seilenden in die Maschine dar und bedarf keiner näheren Erläuterung. Die Dehnungen werden auf einer Messlänge von 1,0 m mittelst Anlegemasstäbe erhoben. Künftighin sollen hiefür Stangenmassstäbe mit  $\frac{1}{10}$  mm Nonius verwendet werden.

Zur Erprobung der Festigkeits- und Qualitätsverhältnisse dienen selbstredend Special-Einrichtungen.

In Fig. 31 haben wir nach einer photographischen Aufnahme den *Draht-Zerreissapparat* dargestellt.

Im Vordergrund der Figur sieht man den eigentlichen Zerreissapparat, welcher an einem kleinen *Schmid'schen* Motor angehängt erscheint, dessen Gang derart regulirt ist, dass die Antriebsscheibe des Zerreissapparats in der Minute 100 Umdrehungen macht, was einer Abwärtsbewegung der vertikalen Zugspindel von 32,13 mm entspricht.

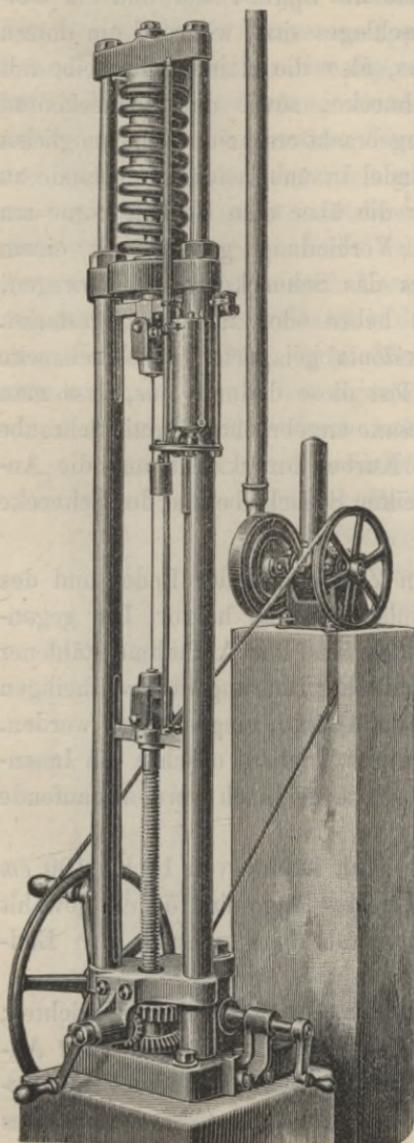


Fig. 31.

Der Zerreißapparat, ein Feder-Dynamometer, stammt aus der mechanischen Werksätte der Herrn *Amsler-Laffon & Sohn* in Schaffhausen und besteht im Wesentlichen aus einem eisernen Gerüst, an dessen oberem Ende die Spiral-Feder und ein Oelpuffer zur Mässigung des Rückschlages sitzt, während am untern Ende der Antriebsmechanismus, also die kleine Seilscheibe mit horizontal gelagerter Antriebsschnecke, sowie das Schneckenrad auf der vertikalen Zugspindel, angebracht erscheint. Eine möglichst rasche Bewegung der Zugspindel in unbelastetem Zustande zu ermöglichen, hat Prof. *Amsler* die über dem Sockel, vorne am Apparate sichtbare Kurbel in Verbindung gesetzt mit einem einfachen Räderwerk, welches das Schneckenrad zu bewegen, somit die Zugspindel rasch zu heben oder zu senken gestattet. Selbstredend muss hierbei die horizontal gelagerte Antriebsschnecke ausser Eingriff stehen. Man löst diese dadurch aus, dass man die in der Richtung der Antriebsaxe angebrachte Arretir-Schraube vermittelst der zweiten kleinen Kurbel zurückzieht und die Antriebsaxe mit der auf sie aufgekeilten Seilscheibe und der Schnecke seitlich verschiebt.

Die Disposition der obern Zugspindel, der Feder und des Oelpuffers geht aus Fig. 31 hinlänglich klar hervor. Die gegenüberliegenden Ende der Zugspindeln sind zur Aufnahme stählener Büchsen eingerichtet, in deren konischer Bohrung die zweitheiligen Klemmfutter, die Klemmbacken der Drähte, eingeschoben werden. Die Drahtbefestigung geschieht durch Friction, obschon die Innenflächen der Klemmfutter eine schwache, nach vorn auslaufende Zahnung besitzen.

Der Hub der Maschine gestattet Drähte von 10 bis 100 *cm* Länge einzuspannen. Als normale Messlänge sind 50 *cm* gewählt und bezieht sich diese auf die Drahtlänge zwischen den Endflächen der Klemmbacken.

Die Feder der Maschine ist zum Auswechseln eingerichtet; wir besitzen eine Feder bis zu 0,50 *t*, eine zweite bis 1,0 *t* Anstrengung. Beide Federn sind auf ihre Elasticität und Proportionalität mittelst eines zur Maschine gehörigen Control-Apparates geprüft und die zugehörigen Federdiagramme aufgenommen worden.

Die Registrirung der Zugkraft ( $P$ ) und der Dehnungsverhältnisse ( $\Delta l$ ) des Versuchsobjekts (Drähte in der Stärke von  $0,1\text{ cm}$  bis  $0,4\text{ cm}$ ) geschieht automatisch mittelst eines sinnreich construirten und gut funktionirenden Diagramm-Apparates. Die Trommel des Diagramm-Apparates ist an den Quer- oder Führungskopf der mit der Spiralfeder verbundenen Zugspindel gehängt und bewegt sich mit dieser nach Massgabe der Zusammenrückung der Feder abwärts. Vermittelst einer feinen Zahnstange und zweier kleinen, äusserst fein getheilten konischen Zahnradchen wird die geradlinige Abwärtsbewegung der Zugspindel in eine drehende umgesetzt; es dreht sich die Trommel des Diagramm-Apparats um ihre Axe nach Massgabe der Federcompression und registriert somit der Schreibstift in den Ordinaten des Diagramms die ausgeübten Zugkräfte, deren Maximum ( $T_{max}$ ) dem Diagramme entnommen, während die eigentliche Bruchkraft ( $B < T_{max}$ ) dadurch recht scharf markirt wird, dass der Schreibstift vermittelst einer kleinen Blattfeder, die auf der vertikalen Stange, welche den Schreibstift trägt, angebracht erscheint, im Augenblicke des Brucheintritts von der Diagramm-Trommel abgeschneilt wird.

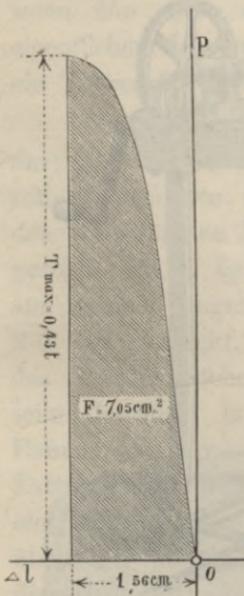


Fig. 32.

Die Dehnungen der Drähte werden in natürlicher Grösse registrirt. Die zuvor erwähnte, vertikale, den Schreibstift tragende Stange sitzt in einem Bügel, welcher am Quer- oder Führungskopfe der untern, direkt angetriebenen Zugspindel angebracht wurde und bewegt sich mit dieser abwärts. Da sich nun die Trommel nach Massgabe der Federcompression ebenfalls abwärts bewegt, markirt der Schreibstift in den Abscissen des Schaubildes das Mass der relativen

Abwärtsbewegung der Querköpfe, also bis auf kleine im Diagramme nicht constatirbare Fehler aus kleinen Bewegungen der Einspannbüchsen etc., das Mass der Dehnungen des Versuchsobjekts.

Abwärtsbewegung der Querköpfe, also bis auf kleine im Diagramme nicht constatirbare Fehler aus kleinen Bewegungen der Einspannbüchsen etc., das Mass der Dehnungen des Versuchsobjekts.

Die Einflüsse aus ungenügenden Geradheiten der Drähte beim Einlagern in die Maschine werden dadurch beseitigt, dass man den Nullpunkt 0 des Diagramms auf zeichnerischem Wege nachträglich bestimmt. In Fig. 32 haben wir ein mit der beschriebenen Maschine aufgenommenes Diagramm eines Stahldrahts von 2,0 mm mittlerer Stärke und 50 cm Messlänge wiedergegeben; es liefert eine Dehnung von 1,56 cm, d. h. 3,12 also rund 3,1 %, während die Zugfestigkeit des Materials

$$\beta_z = \frac{T_{max}}{F} = \frac{0,439}{0,0314} = 13,99 \text{ t pro cm}^2$$

beträgt. Die planimetrisch ausgemessene Arbeitsfläche des Diagramms liefert

$$\text{eine absolute Zerreisarbeit von } A = 63,8 \cdot F \text{ cm t} = 0,45 \text{ cm t};$$

$$\text{oder eine Zerreisarbeit pro cm}^3 \alpha = \frac{0,45}{50 \cdot 0,0314} F \text{ " " } = 0,29 \text{ " " .}$$

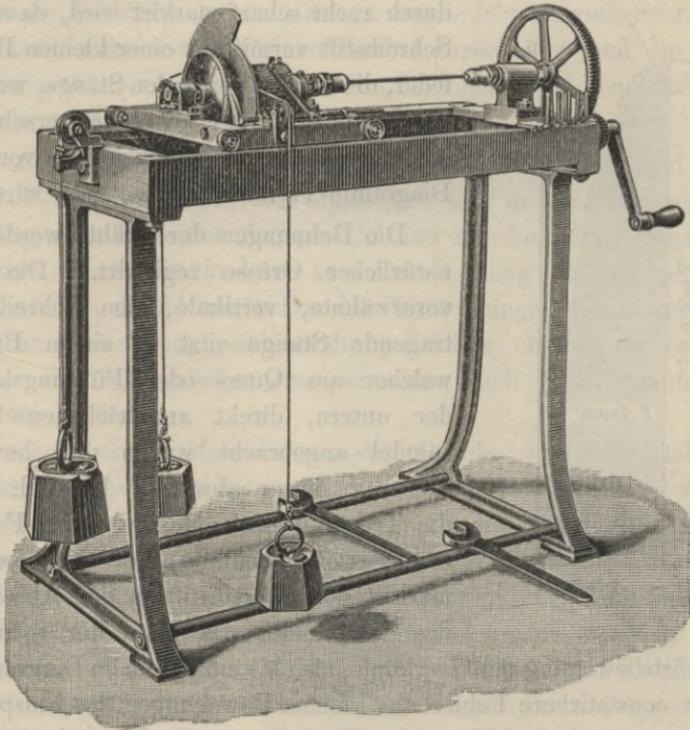


Fig. 33.

In Fig. 33 haben wir nach einer photographischen Aufnahme den im eidg. Festigkeits-Institute benutzten *Draht-Torsionsapparat* abgebildet. Derselbe entstammt gleichfalls der mech. Werkstätte der HH. *Amsler-Laffon & Sohn* in Schaffhausen und besteht im Wesentlichen aus einem Tisch, auf dessen Plattform auf Rollen gelagert ein Rahmen sich bewegt, der den eigentlichen Torsions-Messapparat trägt, welcher die Anzahl der Verwindungen (Tourenzahl), das Torsionsmoment ( $M$ ) beim Bruch und die Torsionsarbeit ( $A$ ) zu bestimmen gestattet, die ein Draht von bestimmter Messlänge ( $l = 20,0 \text{ cm}$ ) während seiner Tordirung leistet.

Die Elemente zur Ermittlung der Anzahl der Verwindungen, des Torsionsmoments und der Torsionsarbeit werden ebenfalls automatisch auf einer Diagramm-Trommel registriert. Zur Controlle bzw. zur Bestimmung der Anzahl der Verwindungen, wenn *blos* diese erhoben werden soll, ist unabhängig vom eigentlichen Messapparate, jedoch an dessen beweglichem Rahmen ein Tourenzähler angebracht.

Fig. 33 stellt die Torsionsmaschine im Dienstzustande dar; man sieht den Antriebsmechanismus, das zwischen Klemmfuttern gelagerte, durch Friction festgehaltene Versuchsobjekt, den vorerwähnten Messapparat symmetrisch mit je einem Arbeitsgewicht von  $G \text{ kg}$  belastet, den Draht selbst vermittelt eines am Rahmen angehängten Spannunggewichtes  $G_0$  (in der Regel  $= 2 G \text{ kg}$ ) gestreckt. Die Axe der Antriebskurbel hat die Länge des Statifs, erscheint unter der Plattform, längs einer Langseite desselben im Innern gelagert und trägt ein mit dem Rahmen des Apparats befestigtes, auf der Axe jedoch gleitendes Zahnrädchen, welches die Bewegung der Antriebsspindel auf eine Schraube (mit  $mm$ -Gewinde) des beweglichen Rahmens überträgt, wodurch der auf dieser Schraube ruhende Schreibstift des Diagramm-Apparates parallel zur Axe des Drahtes also parallel zur Axe der Diagramm-Trommel fortbewegt werden kann. Die Uebersetzung von Kurbelaxe auf den Draht und die Schraubenspindel am Rahmen ist derart gewählt, dass bei einer Umdrehung des Drahtes der Schreibstift im Sinne der Abscissen-

axe des Diagramms einen Weg von  $0,4 \text{ cm}$  zurücklegt. Mit der Diagramm-Trommel in fester Verbindung stehen zwei congruente, symetrisch gelagerte, in Stahlblech hergestellte spiralförmige Scheiben, deren Oberflächen derart gehöhlt sind, dass die Seilchen der Arbeitsgewichte  $G$  darin eine sichere Lagerung finden. Das Torsionsgewicht  $G$  bleibt während eines Versuches constant; der Hebelsarm desselben ist veränderlich und, wenn dieser mit  $a$  ferner mit  $y$  in  $\text{cm}$  die in einer beliebigen Versuchsphase auf der Diagramm-Trommel verzeichneten Ordinate be-  
bezeichnet, so beträgt  $a$  von wegen der Scheibenform und mit Berücksichtigung der Dicke der Seilchen der Arbeitsgewichte  $G$

$$a = 2,2 + \frac{1}{2} y \text{ (in cm).}$$

$2,2 \text{ cm}$  ist die Constante, die der Nullstellung des Messapparats entspricht. Diese, sowie der jedem beliebigen Werthe von  $y$  auf die Diagramm-Trommel entsprechende Werth von  $a$  lässt sich durch einen Controlapparat, welcher der Torsionsmaschine beigegeben ist, jederzeit controliren. Der besagte Controlapparat besteht aus einem Hebel, welcher an Stelle des Drahtendes an den Messapparat der Torsionsmaschine auf denselben angeschraubt werden kann. Ist nun  $p$  in  $\text{cm}$  die bekannte Länge des Controlhebels,  $P$  das vorangehend rechnungsmässig ermittelte und an diesen Hebel angehängte Gewicht, so muss für die Nullstellung des Apparates die Gleichung

$$G \cdot 2,2 = P p$$

oder für jede andere Position desselben, allgemein

$$G' \cdot (2,2 + \frac{1}{2} y) = P' p'$$

erfüllt werden. Die vorkommenden kleinen Abweichungen rühren von den Axreibungen her; sie lassen sich ermitteln, sind aber so gering, dass sie — wie mehrfache Control-Versuche zeigten — zu Correcturen keine Veranlassung geben.

Das Spannungsgewicht  $G_0$  ist beliebig gewählt; es übt auf das Ergebniss der Versuche innerhalb der Grenzen  $G_0 = G \text{ u. } 2 G$  keinen wahrnehmbaren Einfluss. Das Seilchen des Gewichts geht über eine Rolle, passirt sodann eine Klemmvorrichtung für die Rückbewegung, welche angebracht wurde, um den beweglichen Wagen

am Schlusse des Torsionsversuchs auf der Plattform des Tisches zu erhalten.

Zur Ergänzung der vorstehenden Beschreibung dieser interessanten Festigkeitsmaschine haben wir nur noch beizufügen, dass hart an den spiralförmigen Scheiben, auf der Axe des Messapparats unwandelbar fixirt ein Zahnrad mit Sperklinke angebracht ist, vergl. Fig. 33; es dient einmal zur Nullstellung des Apparates, dann aber zur Correctur der Ablesung der Anzahl der Verwindungen am Tourenzähler, welche anzubringen nöthig ist, da insbesondere bei Beginn des Versuches sich das in den Messapparat geklemmte Drahtende, mit diesem der ganze Messapparat im Sinne der Torsion bewegt, bis das Gleichgewicht zwischen Torsionswiderstand und Arbeitsgewicht erreicht ist. Das Mass der Mittdrehung des Messapparates lässt sich an der Eintheilung des Sperrädchens ablesen und ist schliesslich von der Ablesung am Tourenzähler in Abzug zu bringen.

Die Versuchsausführung mit *Amsler's* Torsionsapparat geht bei Drahtstärken von 1,2 bis 4,5 mm einfach und sicher vor sich. Der vorangehend gemessene Draht wird bei Nullstellung des Apparats eingespannt und festgeklemmt. Hierauf zeichnet man die Abscissenaxe, markirt den Nullpunkt des Diagramms und lässt unter stetiger leichter Erschütterung der Seilehen der Arbeitsgewichte (behufs thunlichster Beseitigung allfälliger Axreibungen) die Antriebskurbel derart bewegen, dass das Versuchsobjekt per Minute c. 25 Umdrehungen macht.

Fig. 34 stellt ein mit einem Stahldraht von 2,0 mm Stärke und 20,0 cm Messlänge aufgenommenes Torsions-Diagramm dar. Es ist zweitheilig; die erste Hälfte mit einer Abscissenlänge von  $x_1$  cm erreicht die disponible Trommellänge; der Versuch musste auf einen Moment unterbrochen, der Schreibstift auf die vorangehend markirte Ordinaten-Axe zurückgeführt werden, worauf das Ergänzungsstück des Diagramms mit einer Abscissenlänge von  $x_2$  cm aufgenommen werden konnte. Dem Diagramme entnehmen wir:

a. die Gesamtabscisse:  $x_{max} = x_1 + x_2 = 15,13$  cm;

b. die grösste Ordinate:  $y_{max} = 3,85$  cm;

c. die Arbeitsfläche:  $F = 53,7 \text{ cm}^2$   
und berechnen daraus

1. die Anzahl der Verwindungen

$$n = \frac{x_{\max}}{0,4} = 37,8$$

2. das Torsionsmoment beim Bruch nach der Formel:\*)  
 $M = [4,4 + y_{\max}] \cdot G = 8,25 \cdot 2,0 = 16,5 \text{ cm kg}$ . Endlich

3. die Grösse der absoluten Torsionsarbeit nach der Formel:\*\*)

$$A = 69,1 G \cdot x_{\max} + 15,7 G \cdot F \text{ in kg cm,}$$

\*) Das Torsionsmoment beim Bruch ist durch

$$M = a \cdot 2 G$$

ausgedrückt, worin

$a = 2,2 + \frac{1}{2} y_{\max}$  in cm den Torsionshebel beim Bruch und

$G$  in kg das Arbeitsgewicht (an zwei gleichlangen Hebelsarmen hängt je das Gewicht von  $G$  kg)

bezeichnet.

\*\*) Ist:

$a$  in cm der variable Hebelsarm des Arbeitsgewichts  $G$

$d\varphi$  die Bogenlänge für den radius vector  $a = r = 1,0$ , so beträgt mit Rücksicht auf den Umstand, dass an zwei gleichlangen Hebelsarmen  $a$  gleichzeitig je ein Gewicht von  $G$  kg wirkt, die Torsionsarbeit

$$A = 2G \int_0^{\varphi_{\max}} a d\varphi = 2G \int_0^{\varphi_{\max}} (2,2 + \frac{1}{2} y) d\varphi = 4,4 G \varphi_{\max} + G \int_0^{\varphi_{\max}} y d\varphi,$$

weil aus Constructionsgründen

$$a = 2,2 + \frac{1}{2} y \text{ ist.}$$

Die Abscisse eines Punktes der vom Schreibstift beschriebenen Arbeitscurve ist durch:

$$x = 0,4 \cdot \frac{\varphi}{2\pi}$$

ausgedrückt, da pro Umdrehung des Drahtes der Schreibstift sich um  $0,4 \text{ cm}$  verschiebt.

Mithin erhält man:

$$d\varphi = \frac{2\pi}{0,4} dx \text{ oder}$$

$$A = 4,4 G \varphi_{\max} + \frac{2\pi}{0,4} G \int_0^{x_{\max}} y \cdot dx = 4,4 G \varphi_{\max} + \frac{2\pi}{0,4} G \cdot F$$

wo  $F$  in  $\text{cm}^2$  den Inhalt der vom Schreibstift verzeichneten Diagrammfläche bedeutet.

Da nun der gesammten Verdrehung die Gesamtabscisse des Diagramms entspricht und zwischen beiden die Beziehung besteht:

$$x_{\max} = 0,4 \frac{\varphi_{\max}}{2\pi}$$

so kann in vorstehendem Ausdrücke der Torsionsarbeit für:

$$\varphi_{\max} = \frac{2\pi}{0,4} \cdot x_{\max}$$

gesetzt werden und man erhält schliesslich die Torsionsarbeit  $A$  in der Form:

$$A = 69,1 G x_{\max} + 15,7 G F.$$

worin

$G$  das einfache Arbeitsgewicht in  $kg$ ,

$F$  den Inhalt der Diagrammfläche in  $cm^2$  und

$x_{max}$  die Gesamtabszisse, in unserem Falle  $x_1 + x_2$   $cm$  bedeutet.

Unter Berücksichtigung der Zahlenwerthe vorstehender Grössen erhält man:

$$A = 2090,9 + 1686,2 = 3777,1 \text{ cm kg} = 3,78 \text{ cm t}$$

somit die Torsionsarbeit pro Längeneinheit (lauf.  $cm$ ):

$$a = \frac{3,78}{20} = 0,189 \text{ cm t}$$

oder die Torsionsarbeit pro Cubikeinheit (pro  $cm^3$ )

$$\alpha = \frac{3,78}{20 \cdot 0,0314} = 6,01 \text{ cm t.}$$

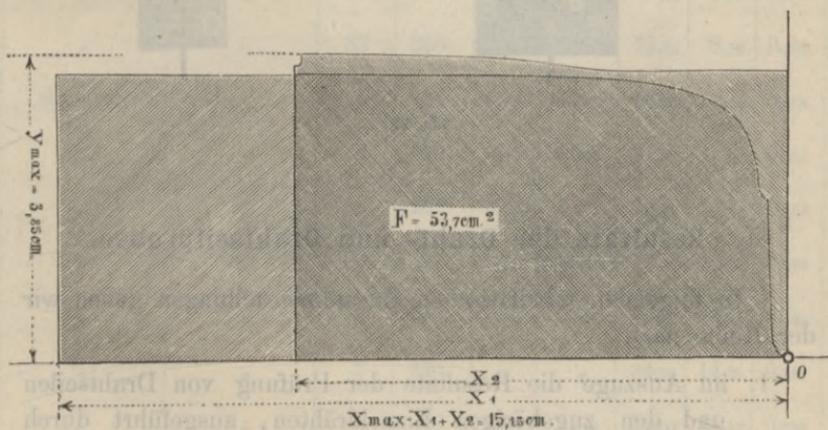


Fig. 34.

Zur Ausführung der Umschlagprobe benützen wir den in Fig. 35 dargestellten Apparat. Der Durchmesser der stählernen Cylinder, um welche die Biegung des Drahtes erfolgt, misst  $1,0 \text{ cm}$ .

Ist das Versuchsobjekt in den Apparat gezogen, so wird derselbe in einen Schraubstock geklemmt, worauf die Umschlagprobe ausgeführt werden kann.

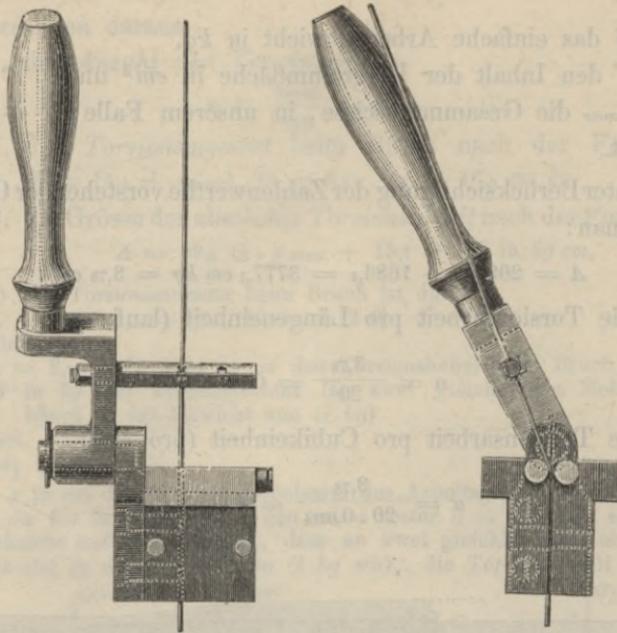


Fig. 35.

### e. Resultate der Draht- und Drahtseilproben.

In folgenden tabellarischen Zusammenstellungen geben wir der Reihe nach

1. im Auszuge die Resultate der Prüfung von Drahtseilen und den zugehörigen Einzeldrähten, ausgeführt durch Hrn. Ingr. *E. Roussel* zu Malines;

ferner:

2. die Resultate der Prüfung der Drahtseile der schweizer. Drahtseilbahnen;
3. die Resultate der Prüfung der Einzeldrähte einiger Drahtseile;
4. eine Generalzusammenstellung der Resultate der Prüfung von Drahtseilen und den zugehörigen Einzeldrähten.

1. Ingr. E. Roussel's

Resultate der Draht- und Drahtseilproben.

Ausgeführt in der Material-Prüfungsanstalt der kgl. belgischen Staatsbahnen zu Malines.

Lauf. No.	Bezeichnung des Drahtseils	Material des Drahtseils	Anzahl der		Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- fläche des Seiles <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mittlere Zugfestigkeit des Seiles		Mittlere Zugfestigkeit der Drähte	
			Litzen	Drähte im Seil			absolut <i>N</i> t	pro cm <sup>2</sup> <i>β<sub>z</sub></i>	absolut <i>N</i> t	pro cm <sup>2</sup> <i>β<sub>z</sub></i>
1	Flachseil	Gussstahl	32	192	0,180	4,885	51,53	10,55	0,271	10,65
2	"	Spec.-Stahl	24	192	0,200	6,033	64,44	10,70	0,392	12,48
3	"	Gussstahl	18	288	0,170	6,538	67,50	10,32	0,303	13,35
4	"	"	18	288	0,170	6,538	58,75	8,99	0,276	12,16
5	"	"	32	256	0,180	6,515	52,84	8,12	0,276	10,84
6	Rundseil	"	6	114	0,270	6,527	86,30	13,22	0,834	14,56
7	"	"	6	42	0,270	2,405	31,46	13,08	0,834	14,56
8	"	"	8	152	0,220	5,778	75,23	13,01	0,564	14,85
9	"	"	6	72	0,264	3,944	49,85	12,65	0,769	14,06
10	"	"	8	240	0,114	2,450	35,63	14,54	0,145	14,20
11	"	"	8	240	"	"	34,98	14,28	0,137	13,23
12	"	"	6	72	0,141	1,124	17,00	15,12	0,258	16,53
13	"	"	6	72	0,140	1,108	17,20	15,52	0,248	16,10
14	"	"	6	24	0,200	0,754	8,46	11,22	0,385	12,27
15	"	"	6	72	0,100	0,565	1,45	25,66	0,216	27,53
16	"	"	6	72	0,030	0,051	0,85	16,67	0,0133	18,81

## 2. Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse

No. der Drahtseilbahn	Bezeichnung der Drahtseilbahn	Horiz. Betriebs-Länge d. Bahn m	Maxi- males Gefälle d. Bahn %	Durch- messer d. Seil- scheinbe in cm	Lieferant des Kabels	Material des Kabels	Anzahl der Litzen Drähte im Seil	
							im	im
1	Lausanne-Ouchy	1481	11,9	600,0	Creusot (?)	gehärteter Stahl	6	114
2	" "	"	"	"	Stein-Danjoutin	nicht gehärt. Stahl	"	"
3	" "	"	"	"	" "	" " "	"	"
4	" "	"	"	"	" "	engl. Tiegelgussst.	"	"
5	" "	"	"	"	Newall & Comp.	gehärteter Stahl	"	"
6	" "	"	"	"	" "	" "	"	"
7	" "	"	"	"	" "	" "	"	"
8	" "	"	"	"	Felten & Guillaume	Tiegelgussstahl	"	"
9	Lausanne-Gare	314	11,9	470	Stein-Danjoutin	nicht gehärt. Stahl	6	114
10	" "	"	"	"	" "	" " "	"	"
11	" "	"	"	"	Newall & Comp.	" " "	"	"
12	" "	"	"	"	" "	" " "	"	"
13	Lugano-Bahnhof	241	24,0	280	Felten & Guillaume	Tiegelgussstahl	6	84
14	" "	"	"	"	" "	"	"	"
15	" "	"	"	"	" "	"	"	84
16	" "	"	"	"	" "	"	"	90
17	" "	"	"	"	" "	"	"	90
18	Giessbach-Bahn	320	32	300	Stein-Danjoutin	gehärteter Stahl	5	70
19	Territet-Glion	592	57	360	Felten & Guillaume	Tiegelgussstahl	6	114
20	" "	"	"	"	" "	"	"	"
21	" "	"	"	"	" "	"	"	"
22	" "	"	"	"	" "	"	"	"

\*) Mittel aus 4 Proben; Probe 1 mit 6 vertheilten Drahrissen gab 24,0 t; Probe 2 mit 4 nahe  
 \*\*) Nach Angaben des techn. Inspectorates schweizer. Eisenbahnen.

## der Drahtseile schweizerischer Drahtseilbahnen.

Mittlerer Durchmesser des Kabels em	Mittl. Querschnitts-Fläche d. Kab. cm	Gewicht des Kabels p. l. m. kg	Mittlere Festigkeit des Kabels		Betriebs- belastg. d. Kabels **) in t	Sicherheits- grad		Bemerkungen
			absolut N t	pro cm <sup>2</sup> in t		nach Vor- schrift	beim normal. Betrieb	
c. 3,0	0,195	3,400	c. 3,2	52,20	15,40	6,30	8,4	Die Versuchs-Ergebnisse sind Mittelwerthe aus 2 Beobachtungen. Die Seilbefestig. geschah durchwegs durch Verguss.  Das nämliche Seil nach 2,5-jähr. Dienstleistung. Drähte theilweise stark angerostet; brüchig.
c. 3,2	0,220	4,380	?	32,50	7,50	"	5,2	
c. 3,0	0,200	3,580	c. 3,2	31,88	8,90	"	5,1	
"	"	3,580	"	38,75	10,80	"	6,2	
"	"	3,580	c. 3,22	50,00	14,00	"	8,0	
"	0,195	3,410	c. 3,13	45,88	13,45	"	7,3	
c. 2,9	—	—	c. 3,10	38,50	—	"	—	
c. 3,2	0,200	3,580	c. 3,43	62,50	17,45	"	10,0	
c. 2,8	0,180	2,900	c. 2,80	15,00	5,30	3,70	4,1	Probeseil.  Eine verbindliche Vorschrift existirt nicht. Indessen eine Anlage nur ausnahmsweise zugelassen.  Unter 8-facher Sicherheit wird indessen eine Anlage nur ausnahmsweise zugelassen.
"	"	"	"	31,25	10,70	"	8,4	
"	"	"	"	—	—	"	—	
c. 2,7	"	"	c. 2,68	32,25	11,10	"	8,7	
c. 2,7	0,185	2,258	—	25,50	11,29	2,10 (2,22)	(11,4)	
"	"	"	—	23,70*	10,50	"	(10,7)	
c. 2,6	0,180	2,130	c. 2,21	26,00	12,21	"	(11,7)	Das nämliche Seil nach 2-jähr. Dienstleistung. (Oberfläche ist gleichmässig abgenutzt, zeigt 21 Drahrisse auf 13,4 m Länge).
c. 2,5	{ 0,211 0,124	2,190	c. 2,00	28,25	12,90	"	(12,7)	
c. 2,5	{ 0,212 0,124	2,200	c. 2,00	28,20	12,82	"	(12,7)	
c. 2,4	0,200	2,198	c. 2,00	23,50	10,70	2,90 (3,50)	(6,7)	
c. 3,5	0,190	3,770	c. 3,70	47,50	12,60	6,00 (8,04)	(5,9)	Probeseil.  Das nämliche Seil nach 6-jähriger Dienstleistg.
c. 3,3	0,200	3,580	c. 3,80	56,75	15,85	"	(7,1)	
"	"	"	"	48,50	13,55	"	(6,0)	
—	0,240	5,157	c. 4,31	66,50	12,89	"	(8,1)	

beisammen liegenden Drahrissen gab 23,5 t; Probe 3 ähnlich No. 1, gab 23,70 t; Probe 4 mit 5 vertheilten [Drahrissen gab 23,00 t.

## 2. Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse

Laufl. No.	Bezeichnung der Drahtseilbahn	Horiz. Betriebs-Länge d. Bahn m	Maximales Gefälle d. Bahn %	Durchmesser d. Seilscheibe in cm	Lieferant des Kabels	Material des Kabels	Anzahl der Litzendrahte im Seil	
							im	im
23	Gütschbahn, Luz.	141,4	53,0	276	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	96
24	Marzilibahn, Bern	99	30,2	300	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	48
25	" "	"	"	"	" "	"	"	"
26	" "	"	"	"	Stein-Danjoutin	"	"	108
27	Biel-Magglingen	1625	33,0	360	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	102
28	" "	"	"	"	" "	"	"	"
29	" "	"	"	"	" "	"	"	"
30	" "	"	"	"	" "	"	"	"
31	" "	"	"	"	" "	"	"	"
32	" "	"	"	"	" "	"	"	"
33	Zürichberg-Bahn	163,1	26,0	280	Stein-Danjoutin	Tiegelgussstahl	6	84
34	Bürgenstock-B.	827	58,0	420	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	114
35	" "	"	"	"	" "	"	"	"
36	Beatenberg-Bahn	1600	40,0	400	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	144
37	" "	"	"	"	" "	"	"	"
38	Ecluse-Plan	360	37,0	360	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	144
39	Lauterbr.-Mürren	1204	60,0	360	Stein-Danjoutin	Tiegelgussstahl	6	114
40	" "	"	"	"	Felten & Guilleaume	"	"	126
41	M. Salvatorebahn	1506	60,0	400	Felten & Guilleaume	Tiegelgussstahl	6	102

## Bemerkungen:

Für die normale Betriebsbelastung des Kabels sind berücksichtigt:

Der aufsteigende Wagen auf der Maximalsteigung mit Personen und Gepäck voll besetzt.  
Das Gewicht des betreffenden Seiltrums.  
Die Reibungswiderstände und Seilsteifigkeit.

## der Drahtseile schweizerischer Drahtseilbahnen.

Mittlerer Durchmesser des Kabels cm	Mittl. Querschnittsfläche d. Kab. cm <sup>2</sup>	Gewicht des Kabels kg p. l. m.	Mittlere Festigkeit des Kabels		Betriebsbelastg. d. Kabels in t **)	Sicherheitsgrad		Bemerkungen
			absolut N t	pro cm <sup>2</sup> in t		nach Vor-schrift	beim normal. Betrieb	
c. 3,0	0,200	3,015	c. 2,79	37,40	12,40	3,50 (3,68)	(10,1)	
c. 2,4	0,215	1,742	c. 1,93	24,90	14,30	1,80 (2,00)	(12,4)	
"	0,210	1,660	c. 1,82	24,05	14,46	"	(12,0)	Das nämliche Seil nach ca. 3-jähriger Dienstleistung.
c. 2,5	0,159	2,150	c. 1,34	28,57	13,29	"	(14,3)	
c. 3,0	{0,220 0,180}	3,340	c. 3,42	49,50	14,84	6,40 (6,80)	(7,2)	Seil No. I.
"	"	"	"	50,00	14,97	"	(7,3)	Seil No. I; erneu. Probe.
"	"	"	"	51,20	15,33	"	(7,6)	{ Controlprobe, ausgeführt a. Carlswerke Mühlheim.
"	{0,220 0,170}	3,25	c. 3,41	48,00	14,77	"	(7,1)	Seil No. II.
"	"	"	"	49,80	15,32	"	(7,3)	Seil No. II; erneu. Probe.
"	"	"	"	50,80	15,63	"	(7,4)	Controlprobe, ausgeführt am Carlswerke z. Mühlheim a. Rh.
c. 2,5	0,180	2,130	c. 2,03	26,10	12,25	2,90	9,1	
c. 3,0	0,180	2,90	c. 3,00	43,50	15,00	5,00	8,7	
c. 3,0	0,190	3,24	c. 3,05	46,25	14,23	"	9,2	
c. 4,2	0,225	5,73	c. 5,75	89,50	15,65	9,80	9,0	{ Hauptseil. 1er Drahttrass trat schon bei 75 t ein.
c. 4,2	0,226	5,77	c. 5,51	47,25	8,19	"	—	Ballast-Seil.
c. 3,6	0,192	4,18	c. 3,97	56,00	13,39	4,00	14,0	
c. 3,5	0,222	4,41	c. 4,10	55,75	12,64	7,00	7,9	Probeseil.
c. 3,3	{0,263 0,131}	3,90	c. 3,50	62,25	15,95	"	8,9	
c. 3,2	{0,233 0,184}	3,67	c. 3,41	53,75	14,65	5,00	10,7	

Eine verbindliche Vorschrift existiert nicht.  
Unter 8-facher Sicherheit wird indessen eine Anlage nur ausnahmsweise zugelassen.

Für diejenigen ausnahmsweise auftretenden Fälle auf den Seilbahnen mit Gravitations-Betrieb, in welchen z. B. die Bremswirkung des niedergehenden Wagens aufhören und die Bremse des aufwärtsgehenden Wagens in Funktion treten kann, kommt die Belastung des abwärts gehenden Wagens in Betracht und ist die entsprechende Zugspannung in Klammern eingesetzt.

Betreffend Sicherheitsgrad ist zu bemerken, dass derselbe — wie ersichtlich — sich auf die Zugspannung allein bezieht und für Biegungsspannung dabei nichts in Anschlag gebracht ist.

## 3. Resultate der Prüfung

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Hauptseils der Beatenbergbahn.

Lauf- No.	Draht- stärke $\bar{d}$ cm	Quer- schnitts- Fläche $F$ cm <sup>2</sup>	Mess- länge $l$ cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform.-Arbeit absolut pro cm <sup>2</sup> $A$ cm t $\alpha$ cm t		Bemerkungen
--------------	----------------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------------	------------------------------------	---	--	-------------

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,217	0,0369	50,0	19,6	3,9	38,7	1,02	0,56	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,220	0,0380	"	18,5	3,9	39,5	0,96	0,51	
3	0,220	0,0380	"	20,9	3,4	42,5	0,98	0,52	
4	0,220	0,0380	"	19,1	3,8	43,2	1,01	0,53	
5	0,222	0,0387	"	18,2	3,5	44,2	0,89	0,46	
6	0,225	0,0398	"	18,7	3,7	40,2	0,98	0,49	
7	0,225	0,0398	"	17,1	2,4	31,7	0,49	0,25	
8	0,226	0,0401	"	18,2	2,9	36,7	1,08	0,54	
9	0,226	0,0401	"	18,8	3,4	32,9	0,93	0,46	
10	0,226	0,0401	"	18,2	2,9	39,4	0,69	0,34	
11	0,226	0,0401	"	17,7	3,6	37,2	1,08	0,54	
12	0,227	0,0405	"	17,1	4,0	35,3	0,51	0,25	
<b>Mittel</b>	0,223	0,0392	50,0	18,5	3,4	38,5	0,89	0,45	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,221	0,0384	50,0	18,6	3,2	42,3	0,78	0,41
2	0,221	0,0384	"	18,3	3,7	37,2	0,93	0,48
3	0,222	0,0387	"	17,3	4,2	43,5	0,95	0,49
4	0,223	0,0391	"	18,3	3,4	42,0	0,86	0,44
5	0,223	0,0391	"	17,3	3,2	35,0	0,77	0,39
6	0,226	0,0401	"	18,6	3,6	39,4	0,90	0,45
7	0,226	0,0401	"	17,9	3,6	36,0	0,89	0,45
8	0,227	0,0405	"	19,1	3,6	24,0	0,93	0,46
9	0,227	0,0405	"	18,0	3,8	22,5	1,00	0,49
10	0,228	0,0408	"	19,1	3,9	26,0	1,02	0,50
<b>Mittel</b>	0,224	0,0396	50,0	18,3	3,6	35,0	0,90	0,46

## der Einzeldrähte.

## Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Hauptseils der Beatenbergbahn.

Lauf- No.	Draht- stärke $\bar{d}$ cm	Quer- schnitts- Fläche $F$ cm <sup>2</sup>	Mess- länge $l$ cm	Anzahl der Verwin- dungen $n$	Torsions- Moment $M$ kg cm	Torsions-Arbeit absolut pro 1 cm pro cm <sup>2</sup> $A$ cm t $a$ cm t $\alpha$ cm t			Bemerkungen
--------------	----------------------------------	---	--------------------------	---	-------------------------------------	--	--	--	-------------

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,221	0,0384	20,0	25,2	27,5	4,16	0,22	5,42	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,221	0,0384	"	38,9	27,6	6,57	0,33	8,55	
3	0,222	0,0387	"	21,5	26,7	3,50	0,17	4,52	
4	0,223	0,0396	"	24,0	30,0	4,40	0,22	5,55	
5	0,225	0,0398	"	19,5	28,7	3,39	0,17	4,26	
6	0,226	0,0398	"	40,0	30,0	7,38	0,37	9,27	
7	0,226	0,0401	"	26,0	29,6	4,69	0,23	5,85	
8	0,226	0,0401	"	25,2	29,1	4,15	0,21	5,17	
9	0,226	0,0401	"	24,5	28,3	4,23	0,21	5,28	
10	0,228	0,0408	"	21,5	28,5	3,75	0,18	4,60	
11	0,228	0,0408	"	18,6	30,9	3,47	0,17	4,26	
12	0,228	0,0408	"	24,3	27,5	4,10	0,21	5,02	
13	0,229	0,0412	"	29,6	30,0	5,42	0,27	6,58	
14	0,232	0,0423	"	46,4	31,6	8,99	0,45	10,63	
<b>Mittel</b>	0,227	0,0400	20,0	27,5	29,0	4,86	0,24	6,07	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,220	0,0380	20,0	22,5	28,8	3,91	0,20	5,10
2	0,221	0,0384	"	21,5	28,2	3,69	0,19	4,80
3	0,224	0,0394	"	28,4	25,7	4,39	0,22	5,57
4	0,225	0,0398	"	42,6	31,6	8,21	0,41	10,31
5	0,228	0,0408	"	26,1	29,6	4,68	0,24	5,73
6	0,230	0,0415	"	27,7	29,5	4,92	0,25	5,90
7	0,231	0,0419	"	28,6	31,8	5,53	0,28	6,50
<b>Mittel</b>	0,226	0,0400	20,0	28,2	29,3	5,05	0,26	6,27

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Ballastseils der Beatenbergbahn.

Lauf- No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform.-Arbeit absolut <i>A</i> cm t	Deform.-Arbeit pro cm <sup>2</sup> $\alpha$ cm t	Bemerkungen
--------------	---------------------------------	--	-------------------------------	---	--------------------------------	------------------------------------	---	---	-------------

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,222	0,0387	50,0	8,52	10,2	60,9	1,38	0,71	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,222	0,0387	"	8,08	10,0	62,5	1,33	0,69	
3	0,223	0,0391	"	7,99	9,7	63,5	1,29	0,66	
4	0,224	0,0394	"	8,90	9,0	60,5	1,32	0,67	
5	0,224	0,0394	"	7,37	10,4	63,0	1,29	0,65	
6	0,225	0,0398	"	7,60	9,2	57,4	1,18	0,59	
7	0,225	0,0398	"	8,85	8,4	60,2	1,22	0,61	
8	0,227	0,0405	"	11,10	9,4	47,1	1,77	0,87	
9	0,228	0,0408	"	7,85	9,4	65,6	1,29	0,63	
10	0,228	0,0408	"	7,36	11,2	63,1	1,43	0,71	
11	0,228	0,0408	"	8,90	7,6	44,4	1,17	0,57	
12	0,231	0,0419	"	10,01	8,3	38,8	1,45	0,69	
Mittel	0,226	0,0399	50,0	8,54	9,4	57,3	1,35	0,67	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,222	0,0387	50,0	9,70	5,3	56,0	0,89	0,42		
2	0,223	0,0390	"	8,61	6,7	55,5	0,93	0,48		
3	0,224	0,0395	"	7,48	6,9	63,2	0,86	0,44		
4	0,224	0,0395	"	8,66	6,0	57,8	0,87	0,44		
5	0,224	0,0395	"	8,72	6,1	56,1	0,85	0,43		
6	0,226	0,0401	"	7,43	7,2	59,6	0,91	0,45		
7	0,227	0,0405	"	8,02	7,4	61,5	0,99	0,49		
8	0,229	0,0412	"	7,81	8,2	60,0	1,09	0,53		
9	0,230	0,0415	"	7,39	7,6	60,2	0,97	0,47		
10	0,232	0,0423	"	—	5,3	56,0	—	—		
Mittel	0,226	0,0402	50,0	8,20	6,8	58,6	0,93	0,46		

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Ballastseils der Beatenbergbahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>α</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,223	0,0390	20,0	71,9	16,8	6,96	0,35	8,86	Die Drähte der Draht-Zerreiss- und Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,224	0,0394	"	59,4	18,1	6,37	0,32	7,67	
3	0,225	0,0398	"	55,8	15,4	5,05	0,25	6,34	
4	0,226	0,0401	"	72,2	18,1	7,70	0,38	9,63	
5	0,226	0,0401	"	62,1	16,2	5,84	0,29	7,34	
6	0,227	0,0405	"	84,4	16,8	8,14	0,41	10,00	
7	0,227	0,0405	"	40,9	21,8	5,31	0,27	6,56	
8	0,228	0,0408	"	61,7	16,6	5,96	0,30	7,45	
9	0,229	0,0412	"	65,9	19,2	6,81	0,32	7,66	
10	0,229	0,0412	"	55,9	17,0	5,56	0,28	6,75	
11	0,230	0,0415	"	78,0	18,4	7,13	0,36	8,59	
12	0,230	0,0415	"	40,3	20,4	4,87	0,24	5,87	
Mittel	0,227	0,0405	20,0	61,5	17,9	6,36	0,31	7,64	

Drähte der Litzenseele.

1	0,222	0,0387	20,0	64,9	17,3	5,76	0,28	7,44	Bruch an der Befestigungsstelle.
2	0,222	0,0387	"	59,5	15,6	5,52	0,27	7,13	
3	0,223	0,0390	"	68,2	15,0	6,12	0,31	7,85	
4	0,225	0,0398	"	60,3	14,8	5,65	0,28	7,10	
5	0,225	0,0398	"	61,1	17,3	6,21	0,31	7,80	
6	0,225	0,0398	"	47,0	16,6	4,56	0,23	5,74	
7	0,227	0,0405	"	58,9	17,0	5,79	0,29	7,15	
8	0,229	0,0412	"	70,9	17,2	6,56	0,33	7,96	
9	0,230	0,0415	"	35,9	19,7	4,23	0,21	5,10	
10	0,230	0,0415	"	72,4	16,5	6,80	0,34	8,19	
Mittel	0,226	0,0401	20,0	60,4	16,8	5,70	0,29	7,15	

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Drahtseils der „Bürgenstockbahn“.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform.-Arbeit		Bemerkungen
							absolut <i>A</i> cm t	pro cm <sup>3</sup> <i>a</i> cm t	

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,186	0,0272	50,0	15,4	3,1	44,8	0,46	0,34	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,188	0,0278	"	15,1	2,8	43,2	0,41	0,29	
3	0,189	0,0281	"	16,2	3,3	46,0	0,54	0,38	
4	0,190	0,0284	"	15,2	2,8	50,1	0,41	0,29	
5	0,190	0,0284	"	14,7	3,0	49,0	0,44	0,31	
6	0,191	0,0287	"	15,3	3,3	47,1	0,54	0,38	
7	0,191	0,0287	"	14,8	3,3	42,6	0,52	0,36	
8	0,192	0,0290	"	15,1	3,0	48,9	0,46	0,32	
9	0,192	0,0290	"	15,1	3,0	48,4	0,46	0,32	
10	0,190	0,0284	"	15,2	2,8	50,1	0,41	0,29	
11	0,195	0,0299	"	14,2	2,9	50,0	0,45	0,30	
12	0,195	0,0299	"	14,4	2,7	47,8	0,42	0,28	
<b>Mittel</b>	0,191	0,0286	50,0	14,9	3,0	47,7	0,46	0,32	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,189	0,0281	50,0	15,3	3,9	47,0	0,64	0,46
2	0,191	0,0287	"	15,6	2,7	48,8	0,40	0,28
3	0,192	0,0290	"	16,0	3,6	46,6	0,59	0,41
4	0,193	0,0293	"	15,0	3,3	51,3	0,50	0,34
5	0,194	0,0296	"	16,7	3,7	41,2	0,66	0,45
6	0,195	0,0299	"	15,1	3,3	50,8	0,52	0,35
7	0,195	0,0299	"	14,8	3,1	47,8	0,47	0,31
<b>Mittel</b>	0,193	0,0292	50,0	15,7	3,4	47,6	0,54	0,37

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Drahtseils der „Bürgenstockbahn“.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,186	0,0272	20,0	33,3	13,6	2,77	0,14	5,09	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,188	0,0278	"	49,8	13,8	4,17	0,22	7,50	
3	0,189	0,0281	"	28,7	15,2	2,65	0,13	4,72	
4	0,190	0,0284	"	30,9	14,1	2,71	0,14	4,77	
5	0,190	0,0284	"	36,7	14,2	3,26	0,16	5,74	
6	0,191	0,0287	"	28,4	14,0	2,44	0,12	4,25	
7	0,191	0,0287	"	42,7	14,8	3,81	0,19	6,64	
8	0,191	0,0287	"	32,9	14,7	3,00	0,15	5,23	
9	0,192	0,0290	"	35,7	14,0	3,06	0,15	5,28	
10	0,192	0,0290	"	35,4	14,6	3,17	0,16	5,47	
11	0,192	0,0290	"	29,9	14,2	2,63	0,13	4,53	
12	0,195	0,0299	"	37,3	14,4	3,31	0,17	5,53	
<b>Mittel</b>	0,192	0,0286	20,0	35,1	14,3	3,08	0,15	5,40	

Drähte der Litzenseele.

1	0,189	0,0281	20,0	54,2	14,6	4,87	0,24	8,67
2	0,190	0,0284	"	38,6	15,4	3,64	0,18	6,40
3	0,191	0,0287	"	40,5	14,9	3,66	0,18	6,37
4	0,193	0,0293	"	26,0	15,0	2,93	0,15	5,00
5	0,193	0,0293	"	37,4	14,8	3,43	0,17	5,85
6	0,195	0,0299	"	31,5	16,5	3,21	0,16	5,37
7	0,195	0,0299	"	35,4	14,7	3,25	0,16	5,43
<b>Mittel</b>	0,192	0,0291	20,0	37,7	15,1	3,57	0,18	6,16

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze d. Drahtseils der Drahtseilbahn „Ecluse-Plan“ b. Neuenburg.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$	Dehn- ung $\lambda$	Con- traction $\varphi$	Deform.-Arbeit		Bemerkungen
				<i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	%	%	absolut <i>A</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t	

## Drahte des Litzenumfangs.

1	0,187	0,0275	50,0	14,8	3,12	51,9	0,47	0,34	Die Drahte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,188	0,0278	"	14,6	3,50	50,4	0,51	0,37	
3	0,190	0,0284	"	13,9	—	—	0,41	0,29	
4	0,190	0,0284	"	15,8	3,44	—	0,55	0,39	
5	0,191	0,0287	"	14,2	3,00	53,0	0,41	0,29	
6	0,191	0,0287	"	14,5	3,72	62,0	0,58	0,40	
7	0,191	0,0287	"	14,8	3,52	47,0	0,54	0,38	
8	0,191	0,0287	"	14,6	3,42	49,5	0,52	0,36	
9	0,191	0,0287	"	14,9	3,30	50,2	0,51	0,36	
10	0,192	0,0290	"	14,5	3,02	50,7	0,46	0,32	
11	0,192	0,0290	"	14,9	3,20	50,0	0,49	0,34	
12	0,193	0,0293	"	14,9	3,50	47,4	0,54	0,37	
13	0,194	0,0296	"	14,2	3,40	50,3	0,51	0,34	
14	0,196	0,0302	"	14,1	3,40	46,0	0,52	0,34	
15	0,198	0,0308	"	13,4	3,58	56,2	0,55	0,36	
<b>Mittel</b>	0,192	0,0289	50,0	14,5	3,37	51,1	0,50	0,35	

## Drahte der Litzenseele.

1	0,190	0,0284	50,0	15,2	3,94	50,4	0,63	0,44	
2	0,191	0,0287	"	14,7	3,84	49,5	0,60	0,42	
3	0,191	0,0287	"	14,9	3,86	50,2	0,61	0,42	
4	0,191	0,0287	"	14,0	4,04	52,6	0,60	0,42	
5	0,192	0,0290	"	14,4	3,90	47,6	0,61	0,42	
6	0,193	0,0293	"	14,6	4,02	51,9	0,64	0,44	
7	0,193	0,0293	"	13,9	4,28	52,6	0,63	0,43	
8	0,194	0,0296	"	14,5	3,30	47,3	0,51	0,34	
9	0,195	0,0299	"	15,1	3,86	42,5	0,63	0,42	
<b>Mittel</b>	0,192	0,0291	50,0	14,6	3,89	49,4	0,61	0,42	

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze d. Drahtseils der Drahtseilbahn „Ecluse-Plan“ b. Neuenburg.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>3</sup> <i>α</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,187	0,0275	20,0	52,2	13,2	4,22	0,21	7,86	Die Drähte der Draht-Zerreib- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,188	0,0278	"	53,2	13,3	4,27	0,21	7,68	
3	0,189	0,0281	"	51,1	13,6	4,22	0,21	7,51	
4	0,191	0,0287	"	53,0	13,8	4,45	0,22	7,75	
5	0,191	0,0287	"	33,3	14,4	2,94	0,15	5,13	
6	0,191	0,0287	"	37,0	13,6	3,06	0,15	5,33	
7	0,192	0,0290	"	45,1	14,2	3,97	0,20	6,83	
8	0,192	0,0290	"	39,7	14,4	3,57	0,18	6,15	
9	0,192	0,0290	"	44,6	14,0	3,84	0,19	6,62	
10	0,192	0,0290	"	46,2	14,2	4,00	0,20	6,87	
11	0,193	0,0293	"	38,2	14,4	3,38	0,17	5,76	
12	0,193	0,0293	"	37,4	14,4	3,33	0,17	5,69	
13	0,196	0,0302	"	38,3	14,4	3,40	0,17	5,63	
14	0,198	0,0308	"	53,2	14,4	4,72	0,24	7,71	
Mittel	0,192	0,0289	20,0	44,5	14,0	3,81	0,19	6,61	

Drähte der Litzenseele.

1	0,190	0,0284	20,0	36,3	13,8	3,09	0,15	5,45
2	0,190	0,0284	"	50,7	13,8	4,18	0,22	7,36
3	0,192	0,0290	"	56,7	14,4	5,01	0,25	8,64
4	0,192	0,0290	"	43,1	13,8	3,65	0,18	6,30
5	0,193	0,0293	"	63,4	13,8	5,44	0,27	9,28
6	0,193	0,0293	"	51,7	14,8	4,72	0,24	8,05
7	0,193	0,0293	"	55,2	14,1	4,75	0,24	8,10
8	0,195	0,0299	"	43,2	14,7	3,95	0,20	6,60
Mittel	0,192	0,0291	20,0	50,0	14,2	4,35	0,22	7,47

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Drahtseils der Drahtseilbahn in Lugano (1. Sendung).

Lauf. No.	Draht- stärke $d$ cm	Quer- schnitts- Fläche $F$ cm <sup>2</sup>	Mess- länge $l$ cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform. absolut $A$ cm t	Arbeit pro cm <sup>2</sup> $\alpha$ cm t	Bemerkungen
--------------	----------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---	-------------

## Drahte des Litzenumfangs.

1	0,208	0,0840	50,0	13,4	3,72	57,1	0,61	0,36	Die zu vorliegen- den Draht-Zerreiss- proben zugehörigen Torsionsproben wur- den nicht ausgeführt.
2	0,210	0,0846	"	13,6	3,70	51,7	0,62	0,36	
3	0,210	0,0846	"	12,7	3,54	52,9	0,59	0,34	
4	0,211	0,0850	"	13,2	4,16	53,4	0,61	0,35	
5	0,212	0,0853	"	14,4	4,00	50,7	0,73	0,41	
6	0,312	0,0353	"	13,4	4,06	51,8	0,71	0,40	
7	0,213	0,0856	"	13,7	3,70	49,6	0,64	0,36	
8	0,214	0,0860	"	13,1	3,72	56,1	0,61	0,34	
Mittel	0,211	0,0851	50,0	13,4	3,85	52,9	0,64	0,37	

## Drahte der Litzenseele.

1	0,122	0,0117	50,0	11,9	4,36	39,6	0,27	0,46
2	0,122	0,0117	"	15,0	4,74	39,4	0,29	0,49
3	0,123	0,0119	"	15,4	3,56	32,8	0,22	0,37
4	0,123	0,0119	"	14,7	4,00	41,7	0,25	0,42
5	0,124	0,0121	"	14,2	4,10	36,4	0,24	0,40
6	0,125	0,0123	"	14,6	3,86	43,6	0,24	0,39
7	0,126	0,0125	"	13,9	4,04	38,4	0,25	0,40
Mittel	0,124	0,0120	50,0	14,2	4,09	38,8	0,25	0,42



## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Drahtseils der Drahtseilbahn in Lugano (2. Sendung).

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform. Arbeit absolut <i>A</i> cm t	Arbeit pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> om t	Bemerkungen

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,209	0,0343	50,0	13,1	4,08	59,5	0,68	0,39
2	0,210	0,0346	"	13,5	4,06	51,7	0,71	0,41
3	0,210	0,0346	"	13,1	4,04	54,9	0,67	0,39
4	0,211	0,0350	"	13,2	3,90	55,4	0,67	0,38
5	0,212	0,0353	"	13,3	4,14	52,7	0,70	0,40
6	0,214	0,0360	"	13,1	3,86	54,7	0,66	0,37
7	0,214	0,0360	"	13,4	4,10	51,7	0,75	0,42
8	0,220	0,0381	"	13,3	4,06	54,9	0,77	0,40
<b>Mittel</b>	0,214	0,0355	50,0	13,3	4,03	54,4	0,70	0,40

Die Drähte  
der Draht-Zerreiss- u.  
Torsionsproben sind  
der gleichen Seillitze  
entnommen.

## Drähte der Litzenseele.

1	0,122	0,117	50,0	15,2	4,24	40,7	0,27	0,46
2	0,123	0,149	"	14,6	4,08	32,7	0,25	0,42
3	0,123	0,119	"	15,0	4,00	42,9	0,25	0,42
4	0,123	0,119	"	14,6	4,66	41,7	0,30	0,50
5	0,124	0,121	"	15,0	4,34	35,1	0,27	0,45
6	0,126	0,125	"	13,8	4,34	52,9	0,28	0,45
<b>Mittel</b>	0,124	0,120	50,0	14,7	4,28	41,0	0,27	0,45

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Drahtseils der Drahtseilbahn in Lugano (2. Sendung).

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>α</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,209	0,343	20,0	48,0	17,3	5,00	0,25	7,30	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,209	0,343	"	55,3	17,8	6,01	0,30	8,76	
3	0,210	0,346	"	61,3	17,9	6,71	0,34	9,69	
4	0,211	0,350	"	57,8	17,5	6,20	0,31	8,86	
5	0,211	0,350	"	54,9	17,9	6,00	0,30	8,57	
6	0,212	0,353	"	29,5	19,7	3,51	0,18	4,95	
7	0,213	0,356	"	54,3	18,8	6,24	0,31	8,77	
8	0,214	0,360	"	59,6	18,4	6,68	0,33	9,28	
<b>Mittel</b>	0,211	0,350	20,0	52,6	18,2	5,79	0,29	8,27	

Drähte der Litzenseele.

1	0,123	0,0119	20,0	85,9	3,47	1,83	0,09	7,66	
2	0,123	0,0119	"	72,3	3,52	1,66	0,08	6,99	
3	0,123	0,0119	"	56,4	3,45	1,17	0,06	4,92	
4	0,125	0,0123	"	70,1	3,77	1,61	0,08	6,54	
5	0,126	0,0125	"	57,3	3,74	1,30	0,07	5,20	
6	0,127	0,0127	"	56,0	3,70	1,24	0,06	4,88	
<b>Mittel</b>	0,125	0,0122	20,0	66,3	3,61	1,47	0,07	6,03	

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Probeseils der „Lauterbrunnen-Mürren“-Bahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform.-Arbeit		Bemerkungen
							absolut <i>A</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t	

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,218	0,0373	50,0	15,7	2,8	49,4	0,54	0,29	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,219	0,0377	"	15,4	3,5	46,8	0,74	0,39	
3	0,220	0,0380	"	15,9	2,8	51,5	0,57	0,30	
4	0,220	0,0380	"	16,4	3,1	52,2	0,64	0,32	
5	0,220	0,0380	"	16,1	2,9	50,1	0,60	0,32	
6	0,223	0,0390	"	15,4	3,0	47,2	0,59	0,30	
7	0,224	0,0394	"	15,6	2,7	45,8	0,56	0,28	
8	0,224	0,0394	"	15,5	3,1	46,6	0,65	0,33	
9	0,225	0,0398	"	15,5	3,1	47,0	0,61	0,32	
10	0,226	0,0401	"	14,9	3,4	50,0	0,73	0,36	
Mittel	0,222	0,0387	50,0	15,6	3,0	48,7	0,62	0,32	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,219	0,0377	50,0	14,7	3,7	50,8	0,77	0,41	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,219	0,0377	"	15,8	2,8	51,3	0,61	0,30	
3	0,223	0,0380	"	16,1	2,9	49,7	0,62	0,33	
4	0,220	0,0380	"	17,2	3,2	51,0	0,74	0,40	
5	0,223	0,0390	"	16,3	3,6	49,7	0,71	0,36	
6	0,223	0,0390	"	15,7	3,4	49,0	0,73	0,37	
7	0,223	0,0390	"	16,5	3,7	48,5	0,73	0,37	
8	0,223	0,0390	"	15,3	3,2	42,6	0,59	0,30	
9	0,223	0,0390	"	15,9	3,0	49,4	0,61	0,32	
Mittel	0,221	0,0385	50,0	15,9	3,3	49,1	0,68	0,35	

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Probeseils der „Lauterbrunnen-Mürren“-Bahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>α</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,218	0,0373	20,0	32,6	24,9	4,76	0,28	6,38	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,219	0,0377	"	36,4	23,6	4,98	0,25	6,60	
3	0,220	0,0380	"	35,2	23,0	4,67	0,23	6,14	
4	0,221	0,0384	"	34,5	24,0	4,91	0,25	6,39	
5	0,223	0,0391	"	36,6	25,6	5,44	0,27	6,95	
6	0,224	0,0394	"	25,0	25,0	3,68	0,18	4,61	
7	0,225	0,0398	"	35,4	25,5	5,30	0,27	6,66	
<b>Mittel</b>	0,221	0,0385	20,0	33,7	24,5	4,83	0,25	6,25	

Drähte der Litzenseele.

1	0,219	0,0377	20,0	37,9	25,0	5,00	0,25	6,63	
2	0,219	0,0377	"	39,9	24,0	5,64	0,28	7,48	
3	0,222	0,0387	"	36,2	25,8	5,54	0,28	7,16	
4	0,223	0,0391	"	29,2	25,1	4,35	0,22	5,56	
5	0,223	0,0391	"	34,3	25,8	5,23	0,26	6,69	
6	0,224	0,0394	"	34,4	26,0	5,25	0,26	6,66	
<b>Mittel</b>	0,222	0,0386	20,0	35,3	25,3	5,17	0,26	6,69	

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Triebseils der Monte Salvatore-Bahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$	Dehn- ung $\lambda$	Con- traction $\varphi$	Deform. Arbeit		Bemerkungen
				<i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	%	%	absolut <i>A</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t	

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,228	0,0408	50,0	16,1	3,0	49,5	0,68	0,33
2	0,229	0,0412	"	16,2	3,9	45,0	0,94	0,46
3	0,230	0,0415	"	17,1	3,4	46,5	0,90	0,43
4	0,231	0,0419	"	17,4	3,5	47,0	0,92	0,44
5	0,232	0,0423	"	16,7	3,3	48,4	0,85	0,40
6	0,233	0,0426	"	16,0	3,0	52,9	0,71	0,33
7	0,234	0,0430	"	17,2	3,5	48,5	0,97	0,45
8	0,236	0,0437	"	15,4	3,0	42,0	0,68	0,31
9	0,236	0,0437	"	15,0	2,9	55,0	0,67	0,31
10	0,238	0,0445	"	17,4	3,0	48,3	0,82	0,37
Mittel	0,233	0,0426	50,0	16,7	3,3	48,3	0,81	0,38

## Drähte der Litzenseele.

1	0,182	0,0260	50,0	15,4	4,3	53,5	0,67	0,52
2	0,182	0,0260	"	15,2	2,8	46,5	0,38	0,29
3	0,183	0,0263	"	16,1	3,9	47,2	0,62	0,47
4	0,183	0,0263	"	15,8	4,1	51,0	0,65	0,50
5	0,184	0,0266	"	15,5	4,2	46,4	0,67	0,50
6	0,184	0,0266	"	14,7	3,9	51,6	0,57	0,43
7	0,187	0,0275	"	14,2	4,2	53,8	0,63	0,46
Mittel	0,184	0,0265	50,0	15,3	3,9	50,0	0,60	0,45

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Triebseils der Monte Salvatore-Bahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t	

Drähte\* des Litzenumfangs.

1	0,228	0,0408	20,0	24,3	27,0	4,01	0,20	4,90	Die Drähte der Draht-Zerreib- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,229	0,0412	"	32,0	28,6	5,52	0,28	6,70	
3	0,230	0,0415	"	28,6	28,6	5,04	0,25	6,07	
4	0,232	0,0423	"	30,0	30,0	5,51	0,28	6,51	
5	0,233	0,0426	"	34,0	30,0	6,16	0,31	7,23	
6	0,234	0,0430	"	24,7	30,8	4,71	0,24	5,47	
7	0,234	0,0430	"	35,8	28,4	6,18	0,31	7,20	
8	0,235	0,0434	"	43,5	27,6	7,44	0,37	8,57	
9	0,235	0,0434	"	26,4	27,2	4,39	0,22	5,06	
10	0,240	0,0452	"	31,7	28,8	6,33	0,32	7,00	
Mittel	0,233	0,0426	20,0	31,1	28,7	5,53	0,28	6,47	

Drähte der Litzenseele.

1	0,182	0,0260	20,0	40,9	13,9	3,47	0,17	6,60
2	0,182	0,0260	"	37,2	13,4	3,04	0,15	5,85
3	0,182	0,0260	"	37,2	12,8	2,90	0,15	5,58
4	0,183	0,0263	"	55,1	13,8	4,62	0,23	8,80
5	0,183	0,0263	"	29,0	14,0	2,48	0,12	4,71
6	0,183	0,0263	"	56,4	13,2	4,57	0,23	8,79
7	0,185	0,0269	"	43,5	13,2	3,50	0,17	6,51
Mittel	0,183	0,0263	20,0	42,8	13,5	3,51	0,17	6,69

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Drahtseils der „Marzili-Bahn“.

Lauf. No.	Draht- stärke $d$ cm	Quer- schnitts- Fläche $F$ cm <sup>2</sup>	Mess- länge $l$ cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform.-Arbeit		Bemerkungen.
						absolut $A$ cm t	pro cm <sup>2</sup> $\alpha$ cm t		

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,155	0,0189	50,0	12,7	2,9	45,0	0,26	0,27	Die Drähte der Drahtzerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,157	0,0194	"	10,8	2,7	51,0	0,19	0,19	
3	0,157	0,0194	"	13,2	3,0	37,6	0,29	0,29	
4	0,157	0,0194	"	13,6	2,4	42,8	0,22	0,23	
5	0,158	0,0196	"	12,5	3,0	40,2	0,27	0,27	
6	0,158	0,0196	"	12,6	2,5	38,3	0,21	0,22	
7	0,158	0,0196	"	12,8	3,2	43,3	0,31	0,32	
8	0,158	0,0196	"	12,9	2,5	42,4	0,22	0,22	
9	0,158	0,0196	"	13,2	2,4	47,8	0,21	0,22	
10	0,158	0,0196	"	13,2	2,4	43,3	0,20	0,21	
11	0,159	0,0199	"	13,3	2,5	44,2	0,22	0,22	
12	0,159	0,0199	"	13,7	2,4	48,7	0,23	0,23	
<b>Mittel</b>	0,158	0,0196	50,0	12,9	2,7	43,8	0,24	0,24	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,158	0,0196	50,0	13,4	2,3	42,8	0,20	0,21
2	0,159	0,0199	"	13,0	2,0	51,2	0,17	0,17
3	0,161	0,0204	"	12,6	2,5	37,7	0,23	0,22
4	0,161	0,0204	"	14,1	2,5	42,6	0,25	0,25
5	0,162	0,0206	"	13,1	2,6	43,2	0,26	0,25
6	0,162	0,0206	"	12,7	2,8	46,2	0,26	0,25
<b>Mittel</b>	0,161	0,0204	50,0	13,2	2,5	44,0	0,23	0,23

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Drahtseils der „Marzili-Bahn“.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,155	0,0189	20,2	54,6	7,48	2,41	0,12	6,38	Die Drähte der Draht-Zerreiss- und Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.  Bruch in d. Klemmbacken.  Bruch in d. Klemmbacken.
2	0,156	0,0191	20,2	49,5	7,15	2,02	0,10	5,29	
3	0,157	0,0194	20,1	—	—	—	—	—	
4	0,157	0,0194	20,3	45,5	6,95	1,80	0,09	4,64	
5	0,157	0,0194	20,1	46,3	7,19	1,95	0,01	5,03	
6	0,157	0,0194	20,0	48,2	7,11	1,98	0,10	5,10	
7	0,157	0,0194	20,4	48,5	6,68	1,92	0,09	4,95	
8	0,158	0,0196	—	—	—	—	—	—	
9	0,158	0,0196	20,3	45,2	7,18	1,91	0,09	4,87	
10	0,159	0,0196	20,1	49,1	7,19	2,04	0,10	5,21	
11	0,158	0,0196	20,4	51,6	7,18	2,15	0,11	5,48	
12	0,159	0,0199	20,1	42,3	7,21	1,86	0,09	4,67	
<b>Mittel</b>	0,157	0,0194	20,2	48,1	7,14	2,00	0,10	5,16	

Drähte der Litzenseele.

1	0,157	0,0194	20,1	42,5	7,10	1,76	0,09	4,54	Bruch in d. Klemmbacken.
2	0,157	0,0194	20,0	46,9	6,69	1,83	0,09	4,72	
3	0,160	0,0201	20,0	45,9	7,70	2,06	0,10	5,11	
4	0,161	0,0204	20,1	48,8	7,66	2,20	0,11	5,39	
5	0,161	0,0204	20,0	48,9	7,55	2,14	0,11	5,27	
6	0,160	0,0201	—	—	—	—	—	—	
<b>Mittel</b>	0,159	0,0199	20,0	46,6	7,34	2,00	0,10	5,01	

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Drahtseils der „Lauterbrunnen-Mürren“-Bahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Dehn- ung $\lambda$ %	Con- traction $\varphi$ %	Deform. Arbeit		Bemerkungen
				absolut <i>A</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>a</i> cm t				

## Drähte des Litzenumfangs.

1	0,261	0,0535	50,0	16,8	3,0	43,6	0,95	0,35	Die Drähte der Draht-Zerreiss- u. Torsionsproben sind der gleichen Seillitze entnommen.
2	0,261	0,0535	"	19,2	3,2	37,0	1,12	0,42	
3	0,262	0,0539	"	17,6	3,3	39,3	1,12	0,41	
4	0,265	0,0552	"	16,6	3,4	42,5	1,11	0,40	
5	0,265	0,0552	"	16,9	3,0	47,4	1,01	0,36	
6	0,265	0,0562	"	17,4	3,8	40,8	1,36	0,49	
7	0,267	0,0560	"	17,5	3,6	43,4	1,15	0,41	
8	0,267	0,0560	"	18,4	3,0	32,2	1,12	0,40	
9	0,268	0,0564	"	16,6	3,1	43,3	1,07	0,38	
<b>Mittel</b>	0,265	0,0555	50,0	17,4	3,3	41,1	1,11	0,40	

## Drähte der Litzenseele.

1	0,128	0,0129	50,0	16,8	3,4	36,7	0,26	0,40	
2	0,129	0,0131	"	18,1	3,3	33,9	0,27	0,42	
3	0,130	0,0133	"	16,1	2,6	37,4	0,17	0,26	
4	0,130	0,0133	"	16,8	3,5	51,1	0,28	0,42	
5	0,130	0,0133	"	16,8	3,4	—	0,25	0,38	
6	0,131	0,0135	"	17,0	3,4	34,7	0,25	0,37	
7	0,131	0,0135	"	18,7	3,9	52,9	0,35	0,51	
8	0,132	0,0137	"	15,6	3,5	33,1	0,26	0,38	
9	0,133	0,0139	"	16,1	3,2	32,9	0,25	0,36	
10	0,133	0,0139	"	17,5	3,0	43,5	0,24	0,34	
11	0,133	0,0139	"	17,6	3,1	34,1	0,25	0,35	
12	0,135	0,0143	"	17,1	3,4	37,2	0,28	0,40	
<b>Mittel</b>	0,133	0,0136	50,0	17,0	3,3	38,9	0,26	0,39	

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Drahtseils der „Lauterbrunnen-Mürren“-Bahn.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>α</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,258	0,0523	20,0	23,6	41,8	6,13	0,31	5,86	
2	0,259	0,0527	17,0	15,6	43,9	4,26	0,25	4,75	Ungleichförmig ver- wunden.
3	0,259	0,0527	20,0	20,7	42,2	5,43	0,27	5,15	
4	0,259	0,0527	22,5	24,7	42,6	6,42	0,29	5,39	Bruch in der Büchse.
5	0,260	0,0531	23,0	24,9	41,3	6,42	0,28	5,26	Bruch in der Büchse.
6	0,260	0,0531	21,0	24,0	42,0	6,20	0,30	5,54	
7	0,260	0,0531	20,0	16,8	42,5	4,50	0,23	4,24	Ungleichförmig ver- wunden.
8	0,265	0,0552	20,0	22,8	52,9	7,31	0,37	6,62	
9	0,267	0,0560	20,8	22,4	46,5	6,35	0,31	5,47	
Mittel	0,261	0,0534	20,5	21,7	44,0	4,89	0,29	5,36	

Drähte der Litzenseele.

1	0,128	0,0129	20,0	37,3	4,86	1,15	0,06	4,45	Bruch am Kopfe.
2	0,129	0,0131	21,0	53,9	4,65	1,54	0,07	5,60	
3	0,130	0,0133	21,2	37,1	5,02	1,12	0,05	3,98	
4	0,130	0,0133	—	—	—	—	—	—	Schleift i. d. Büchsen.
5	0,130	0,0133	20,0	59,1	4,39	1,60	0,08	6,02	
6	0,130	0,0133	20,0	90,4	4,48	2,44	0,12	9,17	
7	0,131	0,0135	—	—	—	—	—	—	Bruch am Kopfe.
8	0,132	0,0137	20,7	37,9	5,84	1,35	0,07	4,75	
9	0,133	0,0139	20,0	34,8	5,44	1,14	0,06	4,10	
10	0,133	0,0139	21,1	68,1	5,63	2,29	0,11	7,82	
11	0,134	0,0141	21,3	49,8	5,45	1,61	0,08	5,37	
12	0,138	0,0150	20,0	52,9	6,06	1,95	0,10	6,50	
Mittel	0,132	0,0136	20,5	52,	5,18	1,62	0,08	5,78	

## Resultate der Draht-Zerreissproben.

Material einer Litze des Drahtseils der Drahtseilbahn in Lugano.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Zug- festig- keit $\beta$	Dehn- ung $\lambda$	Con- traction $\varphi$	Deform.-Arbeit		Bemerkungen
				<i>t</i> pro cm <sup>2</sup>	%	%	<i>A</i> cm t	<i>a</i> cm t	

## Drahte des Litzenumfangs.

1	0,206	0,0333	50,0	13,4	3,42	49,2	0,56	0,34	<b>Seilconstruction :</b> 1 Hanfseele u. 6 me- tallische Litzen à 15 Drahte, v. welchen 7. d. Litzenseele bilden.  <b>Seillieferant :</b> Felten & Guilleaume, Mühlheim a. Rh.  <b>Seilfestigkeit :</b> Im Mittel aus 2 Ver- suchen : $\beta = 13,42$ t pro cm <sup>2</sup> .
2	0,207	0,0337	"	12,9	3,60	52,2	0,59	0,35	
3	0,210	0,0346	"	13,4	3,66	54,9	0,63	0,36	
4	0,210	0,0346	"	13,2	2,92	51,7	0,49	0,28	
5	0,212	0,0353	"	13,7	3,08	48,7	0,56	0,32	
6	0,212	0,0353	"	13,4	3,50	47,3	0,63	0,34	
7	0,214	0,0360	"	14,0	3,48	50,8	0,65	0,36	
8	0,215	0,0363	"	12,9	3,60	59,5	0,63	0,34	
<b>Mittel</b>	0,211	0,0349	50,0	13,4	3,41	51,8	0,59	0,34	

## Drahte der Litzenseele.

1	0,121	0,0115	50,0	12,5	3,94	56,3	0,21	0,37
2	0,121	0,0115	"	13,3	3,96	54,1	0,22	0,38
3	0,122	0,0117	"	12,6	4,00	54,9	0,22	0,38
4	0,123	0,0119	"	12,0	3,70	56,7	0,20	0,34
5	0,125	0,0123	"	12,9	4,00	59,1	0,24	0,39
6	0,125	0,0123	"	—	—	—	—	—
7	0,125	0,0123	"	12,0	3,60	59,1	0,20	0,33
<b>Mittel</b>	0,123	0,0119	50,0	12,6	3,87	56,7	0,22	0,37

Resultate der Draht-Torsionsproben.

Material einer Litze des Drahtseils der Drahtseilbahn in Lugano.

Lauf. No.	Draht- stärke <i>d</i> cm	Quer- schnitts- Fläche <i>F</i> cm <sup>2</sup>	Mess- länge <i>l</i> cm	Anzahl der Verwin- dungen <i>n</i>	Tor- sions- Moment <i>M</i> kg cm	Torsions-Arbeit			Bemerkungen
						absolut <i>A</i> cm t	pro 1 cm <i>a</i> cm t	pro cm <sup>2</sup> <i>α</i> cm t	

Drähte des Litzenumfangs.

1	0,206	0,333	20,9	34,7	17,4	3,73	0,18	5,36	Bruch in den Klemm- backen.
2	0,207	0,337	21,1	57,7	18,5	6,44	0,31	9,07	
3	0,210	0,346	21,1	69,6	19,1	8,02	0,38	11,98	Verwindung ungleich- mässig, Bruch am Kopf.
4	0,211	0,350	22,1	92,2	18,9	10,28	0,47	13,30	
5	0,211	0,350	21,8	57,0	19,2	6,63	0,30	8,69	Verwindung sehr un- gleichmässig, Bruch am Kopf.
6	0,212	0,353	20,8	51,6	19,4	6,06	0,29	8,24	
7	0,213	0,356	21,5	38,8	21,7	5,01	0,23	6,55	
8	0,215	0,363	20,8	43,6	18,9	5,04	0,24	6,68	
<b>Mittel</b>	0,211	0,349	21,3	55,7	19,1	6,40	0,30	8,73	

Drähte der Litzenseele (einer 2. Litze).

1	0,113	0,010	20,3	41,7	2,44	0,53	0,03	2,86	Die Drähte des Litzen- umfangs, weit mehr je- doch diejenige d. Litzen- seele zeigten in den Torsionsproben Unhomo- genitäten und äusserst schwankendes Verhalten. Es wurden daher die Seelen-Drähte zweier Litzen den Torsions- proben unterworfen und die bessern Versuchs- Ergebnisse in neben- stehend. Tabelle wieder- gegeben.
2	0,113	0,010	20,0	31,3	2,57	0,48	0,02	2,40	
3	0,118	0,011	20,0	11,9	2,65	0,19	0,01	0,87	
4*	0,124	0,012	21,4	155,8	3,48	3,15	0,15	12,16	
5**	0,124	0,012	20,0	75,5	3,48	1,56	0,08	6,45	
6	0,124	0,012	20,2	70,1	3,39	1,42	0,07	5,82	
7	0,124	0,012	20,0	5,2	2,76	0,08	0,01	0,33	
<b>Mittel</b>	0,120	0,011	20,3	55,9	2,98	1,07	0,05	4,41	

\*) Verwindung ungleichmässig.

\*\*) Bruch in den Klemmbacken.

## Schlusswort.

Die beigeheftete Zusammenstellung der Mittelwerthe unserer Draht- und Drahtseilproben giebt eine Uebersicht über die gewonnenen Resultate. Man ersieht aus derselben, dass zwischen der, von einer beliebig gewählten Litze abgeleiteten Zugfestigkeit der Seildrähte und der specifischen Zugfestigkeit des ganzen Seiles in einzelnen Fällen eine befriedigende Uebereinstimmung besteht, während in andern ziemlich grosse Abweichungen vorkommen. Das procentuale Maass dieser Abweichungen haben wir in nachfolgender Tabelle besonders zusammengefasst. Sie ist geordnet nach der mittleren Drahtfestigkeit ( $t$  pro  $cm^2$ ) der Seillitzen und erscheinen ihre Aenderungen gegenüber der Zugfestigkeit des zugehörigen Seiles in % ausgedrückt. Um zu erfahren, ob und welche Beziehung zwischen den Seilfestigkeiten und der mittlern Festigkeit der schwächsten Drähte besteht, wurde der Tabelle überdies die minimale Drahtfestigkeit als Mittel der je 8 schwächsten Drähte der geprüften Litzen, sowie deren procentuale Abweichungen im Vergleiche zur Seilfestigkeit beigelegt.

Ob man berechtigt ist, von der mittleren Drahtfestigkeit einer Litze auf die Zugfestigkeit der Einzeldrähte im ganzen Seil zu schliessen, erstere als massgebend für letztere anzusehen, bleibt unentschieden. Ohne Zweifel werden die einzelnen Litzen bezüglich ihrer mittleren Drahtfestigkeit verschiedenwerthig sein. Bei dem heutigen Stande der Fabrikationsverhältnisse metallischer Cabel darf indessen angenommen werden, dass die Unterschiede der Litzenfestigkeiten nicht hinreichen, um Trugschlüsse zu ergeben.

Setzen wir also voraus, die mittlere Zugfestigkeit einer Litze repräsentire die mittlere Drahtfestigkeit des Seiles, so geht aus nachstehender Tabelle hervor, dass die beobachteten Abweichungen zwischen mittlerer Draht- und Seilfestigkeit im Grossen und Ganzen mit abnehmender Härte des Drahtmaterials ebenfalls abnehmen, dass sie jedoch bei gleicher oder doch ähnlicher Härte wechseln können und dass die durchschnittliche Ausdehnung rund 5,2 % beträgt.

Die Abweichungen der mittleren Draht- und Seilfestigkeit ist dem Zusammenwirken mehrfacher Umstände zuzuschreiben. Zu diesen gehören:

1. Die Beschaffenheit des Probestückes im Anlieferungszustande.

In diese Kategorie gehört beispielsweise das Probeseil der Lauterbrunnen-Mürren-Bahn; der ca. 2,5 m lange Seilabschnitt war ohne jede Vorsichtsmassregel gegen Lagenänderung der Litzen im Seil abgehauen und verfrachtet worden. Folge davon war, dass einzelne Litzen vorzeitig überlastet wurden und das daher zwischen 50 t und der Bruchkraft von 55,75 t successive 23 Drahtrisse aufgetreten sind.

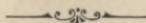
2. Die Seilconstruction selbst, welche eine völlig gleichmässige Streckungsfähigkeit sämmtlicher Drähte im Seil in der Regel ausschliesst.

3. Die Verschiedenheit der Festigkeits- und Dehnungsverhältnisse der Einzeldrähte. Umstehende Tabelle giebt eine Uebersicht über fragliche Verhältnisse für unser Versuchsmaterial.

Bei annähernd gleicher Dehnbarkeit verschieden fester Drähte wird das Drahtmaterial im Seil verschiedenartige Spannungszustände aufweisen; es ist daher nicht ausgeschlossen, dass ausnahmsweise die Seilfestigkeit die mittlere Drahtfestigkeit erreicht. Im allgemeinen wird mit wachsender Zugfestigkeit die Dehnbarkeit der Drähte abnehmen. Werden also Drähte verschiedener Festigkeit verseilt, so können auch unter sonst gleichen Umständen, namentlich bei gleicher Länge und gleichem Drall der Drähte, einzelne Drähte überlastet werden, bevor die mittlere Zugfestigkeit des Drahtmaterials erreicht ist; das Seil reisst vorzeitig und wir constatiren eine Abnahme der Drahtfestigkeit im Seil. Eine Abnahme der mittleren Drahtfestigkeit wird naturgemäss auch stets eintreten, wenn qualitativ verschiedene, d. h., wenn eine grössere Anzahl solcher Drähte verseilt wird, die neben einer geringeren Zugfestigkeit auch eine geringere Dehnung als die übrigen Drähte besitzen.

4. Die Art der Einspannung des Drahtseils in die Festigkeitsmaschine.

Gleichviel ob das Seil durch Verguss oder vermittelt Klemmbacken befestigt wird, eine absolut gleichmässige Kraftvertheilung ist nicht zu erreichen. Das insbesondere bei der Einspannmethode durch Verguss die Güte der Centrirung von Einfluss auf den Ausfall der Probe ist, bedarf keiner Erwähnung.



## Übersichts-Zusammenstellung der wichtigsten Resultate.

Laufr. No.	Bezeichnung der Seilbahn	Seil- festig- keit t pro cm <sup>2</sup>	Grösste			Verhält- niss zur Seil- festigkeit in %	Mass- gebende kleinste Draht- festigkeit* t pro cm <sup>2</sup>	Verhält- niss zur Seil- festigkeit in %	Bemerkungen.
			Drahtfestigkeit	Kleinste	Mittlere				
		t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>	t pro cm <sup>2</sup>		t pro cm <sup>2</sup>		
1	Beatenberg-Bahn . . . . .	15,65	20,90	17,10	18,41	— 14,9	17,60	— 11,1	Hauptseil.
2	Lauterbrunnen-Mürren-Bahn .	15,95	19,90	15,60	17,17	— 7,1	16,40	— 2,7	
3	Monte-Salvatore-Bahn . . . . .	14,65	17,40	14,90	16,12	— 9,1	15,90	— 3,6	
4	Lauterbrunnen-Mürren-Bahn .	12,64	17,90	14,70	15,74	— 18,3	15,90	— 17,3	Probeseil.
5	Bürgenstock-Bahn . . . . .	14,98	16,70	14,90	15,19	— 5,9	14,80	— 3,5	
6	Ecluse-Plan-Bahn . . . . .	13,99	15,80	13,40	14,90	— 7,7	14,01	— 4,3	
7	Lugano-Bahn (I) . . . . .	12,82	15,40	11,90	13,85	— 7,4	13,90	— 3,6	
8	" (II) . . . . .	12,90	15,90	13,10	13,77	— 6,3	13,90	— 2,3	
9	" (III) . . . . .	13,42	14,00	12,00	13,06	— 2,8	12,67	— 5,6	
10	Marzili-Bahn . . . . .	13,99	14,10	10,90	13,00	— 2,2	12,90	— 6,3	
11	Beatenberg-Bahn . . . . .	8,19	11,10	7,40	8,98	— 2,3	7,96	— 8,3	Ballastseil.

\*) Massgebende, kleinste Drahtfestigkeit = Mittel der Zugfestigkeit der 8 schwächsten Drähte.







### 3. Ergebnisse der Prüfung der Festigkeit der Gurtlamellenstösse in Eisenconstruktionen.

Zweck der vorliegenden Untersuchung war die experimentelle Bestimmung des zulässigen Randabstands und der erforderlichen Nietzahl bei ein- und mehrreihigen symetrischen und einseitigen Ueberlaschungen, beziehungsweise bei einseitiger direkter und indirekter Stossdeckung gespannter Gurtlamellen in Eisenconstruktionen.

Zu fraglicher Untersuchung wurde ein Kesselblech, Low-Moor-Qualität, 3 m lang, 1,5 m breit und 0,8 cm dick, verwendet. Die Werthziffern des Materials schwankten zwischen folgenden Grenzen:

Zugfestigkeit . . .  $\beta_z = 3,98$  und  $4,10 t$  pro  $cm^2$ .

Dehnung . . . .  $\lambda = 24,5\%$  und  $22,6\%$ .

Contraction . . .  $\varphi = 39,5\%$  „  $38,4\%$ .

Nach Anleitung speziell hierfür angefertigter Zeichnungen wurde das Versuchsblech durch Hobeln in Streifen zerlegt und sind die Nietlöcher gebohrt und die scharfen Lochränder mittelst einer kegelförmigen Reibahle leicht abgefasst worden. Die Vernietung geschah von Hand. Verwendet wurden Prima Schweisseisennieten mit 1,60 cm Schaftstärke; die Bohrlochweite betrug 1,65 cm. Zu bemerken ist, dass sämtliche, durch Nieten gefassten Theile einer Stossverbindung gemeinsam, also gleichzeitig gelocht wurden.

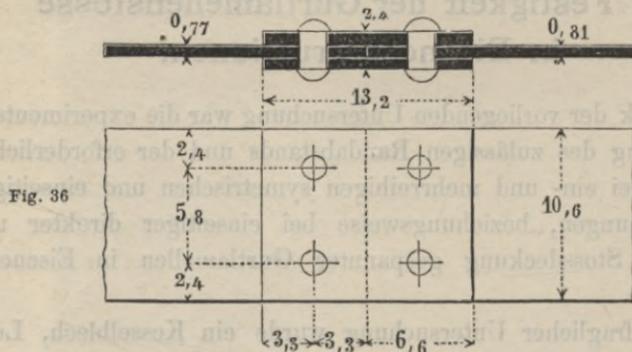
Die Enden sämtlicher Probekörper waren durch aufgenietete Platten verstärkt; sie erhielten auf der Axe ein 7,0 cm weites Bohrloch, um die Versuchskörper centrisch auf die gleichstarken Dorne in die Werder'sche Festigkeitsmaschine einlegen zu können.

Die Appretur der Probekörper besorgte in tadelloser Ausführung die schweiz. Maschinen- und Lokomotivfabrik in Winterthur.

Nachstehend folgen die gewonnenen Resultate:

## a. Bestimmung des zulässigen Randabstands der Nietn.

## 1. Versuch.

Wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ; Randabstand  $e = 2 \cdot d = 3,3 \text{ cm}$ .Wirksamer Blechquerschnitt:  $F = 7,3 \cdot 0,77 = 5,62 \text{ cm}^2$ .Wirksame Nietscherfläche:  $F' = 4 \cdot 2,14 = 8,56 \text{ "}$ 

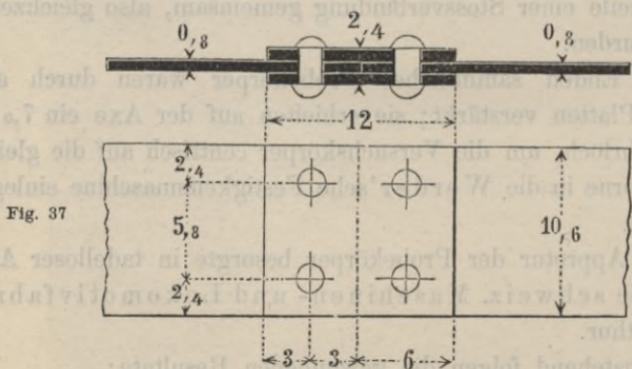
Bei c. 10 t Beginn des Öffnens der Stossfuge.

" " 18 t Stossfuge 3,0 mm weit; Beginn der Breitung der Bleche an der Stossstelle.

" " 22,5 t Lösung der Nietverbindung durch Reißen des Bleches in der linksseitigen Nietnaht.

Zugfestigkeit des Bleches in der Nietnaht .  $\beta_z = 4,00 \text{ t pro cm}^2$ .Inanspruchnahme des Nietmaterials . . .  $\sigma_s = 2,63 \text{ "}$ Stauchdruck (mittl. Pressung der Lochlaibung)  $\sigma_{st} = 8,85 \text{ "}$ 

## 2. Versuch.

Wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ; Randabstand  $e = c. 1,8 d = 3,00 \text{ cm}$ .

Wirksamer Blechquerschnitt:  $F = 7,3 \cdot 0,8 = 5,84 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche:  $F' = 4 \cdot 2,14 = 8,56 \text{ cm}^2$

Bei c. 10 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge.

" " 17 t Stossfuge c. 3,0 mm weit; Beginn der Breitung der Bleche an der Stossstelle.

" " 20,5 t Lösung der Nietverbindung durch Reissen des Bleches in der linksseitigen Nietnaht.

Zugfestigkeit des Bleches in der Nietnaht .  $\beta_z = 3,51 \text{ t pro cm}^2$ .

Inanspruchnahme des Nietmaterials . . .  $\sigma_s = 2,39 \text{ "}$

Stauchdruck (mittl. Pressung der Lochlaibung)  $\sigma_{st} = 7,77 \text{ "}$

### 3. Versuch.

Wirksame Nietstärke  $d = 1,05 \text{ cm}$ ; Randabstand  $e = c. 1,45 d = 2,40 \text{ cm}$ .

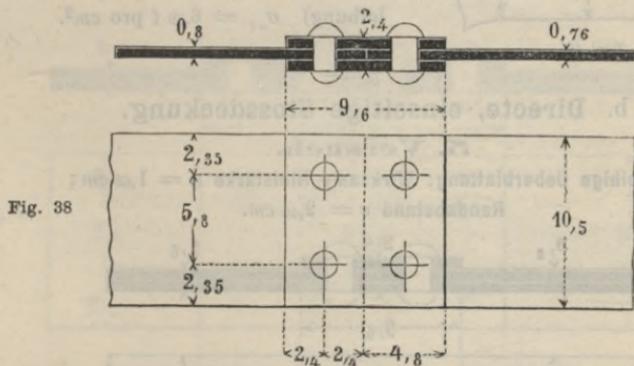


Fig. 38

Wirksamer Blechquerschnitt:  $F = 7,2 \cdot 0,76 = 5,47 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche:  $F' = 4 \cdot 2,14 = 8,56 \text{ cm}^2$

Bei c. 10 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge.

" c. 13,5 t Beginn der Ausbreitung der Bleche an der Stossstelle.

" c. 17,5 t Lösung der Nietverbindung durch Bruch des Bleches in der Zugrichtung und einseitiges Reissen der rechtsseitigen Nietnaht; vergl. Fig. 39.

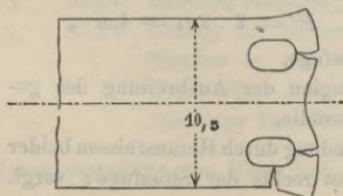


Fig. 39

Inanspruchnahme des Bleches in der Nietnaht  $\sigma_z 3,20 \text{ t pro cm}^2$ .

Inanspruchnahme des Nietmaterials:

$\sigma_s = 2,05 \text{ t pro cm}^2$ .

Stauchdruck (mittlere Pressung der Lochlaibung)  $\sigma_{st} 7,00 \text{ t pro cm}^2$ .

## 4. Versuch (Controle).

Wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ; Randabstand  $e = c. 1,45 d = 2,40 \text{ cm}$ .

Wirksamer Blechquerschnitt:  $F = 7,45 \cdot 0,8 = 5,96 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche:  $F' = 4 \cdot 2,14 = 8,56 \text{ cm}^2$ .

Bei c. 10 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge.

" c. 13,5 t Beginn der Ausbreitung der Bleche an der Stossstelle.

" 18,0 t Lösung der Nietverbindung durch Bruch in der Zugrichtung und gleichzeitiges Herausreißen beider Ecken des Bleches links der Stossfuge; vergl. Fig. 40.

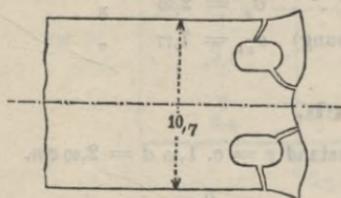


Fig. 40

Inanspruchnahme des Bleches in der Nietnaht  $\sigma_z = 3,02 \text{ t pro cm}^2$ .

Inanspruchnahme des Nietmaterials:

$$\sigma_s = 2,10 \text{ t pro cm}^2.$$

Stauchdruck (mittlere Pressung der Lochlaibung)  $\sigma_{st} = 6,82 \text{ t pro cm}^2$ .

## b. Directe, einseitige Stossdeckung.

## 5. Versuch.

Einreihige Ueberblattung; Wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;

Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

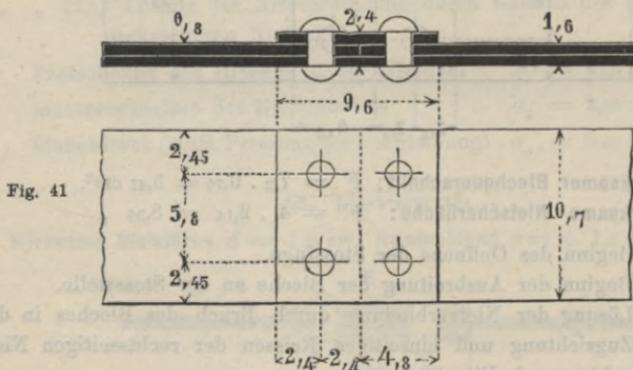


Fig. 41

Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt:  $F = 7,4 \cdot 0,8 = 5,92 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche (einschnittig):  $F' = 2 \cdot 2,14 = 4,28 \text{ cm}^2$ .

Bei c. 20,0 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge.

" c. 28,0 t Stossfuge c. 3,0 mm weit; Beginn der Ausbreitung der gestossenen Bleche an der Stossstelle.

" 36,5 t Partielle Lösung der Nietverbindung durch Herausreißen beider Ecken des gestossenen Bleches rechts der Stossfuge; vergl. Fig. 42.

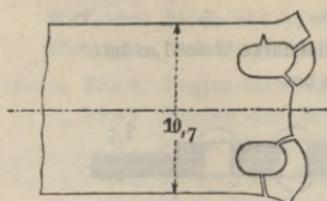


Fig. 42

Inanspruchnahme der Bleche in der Nietnaht  $\sigma_z = 3,08 \text{ t pro cm}^2$ .

Inanspruchnahme des Nietmaterials:  $\sigma_s = 4,26 \text{ t pro cm}^2$ .

Stauchdruck im gestossenen Bleche:  $\sigma_{st} = 6,91 \text{ t pro cm}^2$ .

### 6. Versuch.

Zweireihige Ueberblattung; Wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;  
Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

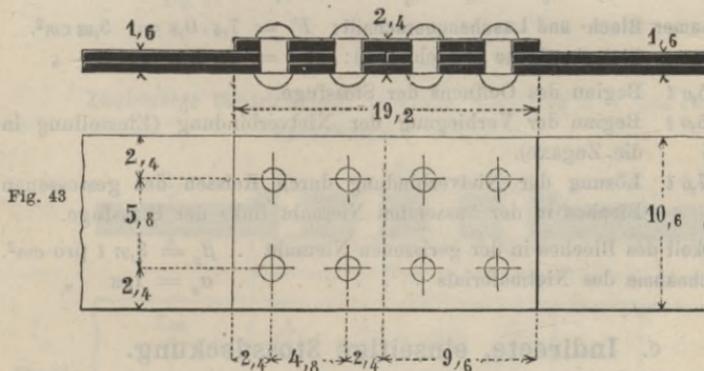


Fig. 43

Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt:  $F = 7,35 \cdot 0,8 = 5,88 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche (einschnittig):  $F' = 4 \cdot 2,14 = 8,56 \text{ „}$

- Bei c. 25,0 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge.
- „ 35,0 t Beginn der Verbiegung der Nietverbindung (Einstellung in die Zugaxe).
- „ 39,0 t Deutlich ausgeprägte Breitung der Bleche an der Stossfuge.
- „ 47,5 t Lösung der Nietverbindung durch Reissen des durchlaufenden Bleches in der der Stossfuge benachbarten Nietnaht, links. Unmittelbar darauf reisst rechts die Deck-Lasche in der der Stossfuge benachbarten Nietnaht, rechts.

Inanspruchnahme von Blech und Lasche in der Nietnaht  $\sigma_z = 4,04 \text{ t pro cm}^2$ .

„ des Nietmaterials . . . . .  $\sigma_s = 2,78 \text{ „}$

7. Versuch.

Dreireihige Ueberplattung; wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;  
 Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

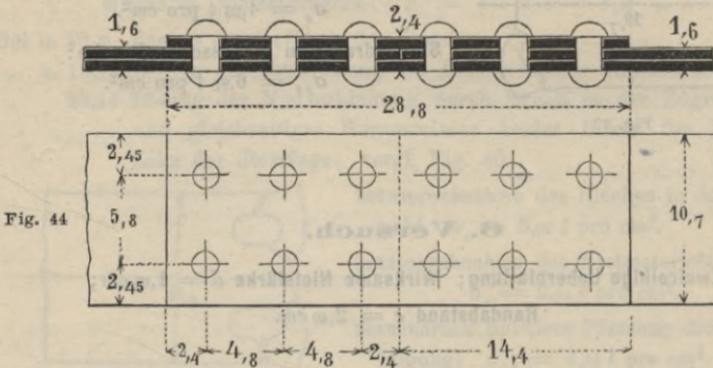


Fig. 44

Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt:  $F = 7,4 \cdot 0,8 = 5,92 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche (einschnittig):  $F' = 6 \cdot 2,14 = 12,84 \text{ "}$

Bei c. 25,0 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge.

" " 35,0 t Beginn der Verbiegung der Nietverbindung (Einstellung in die Zugaxe).

" " 47,0 t Lösung der Nietverbindung durch Reissen des gestossenen Bleches in der äussersten Nietnaht links der Stossfuge.

Zugfestigkeit des Bleches in der gerissenen Nietnaht .  $\beta_z = 3,97 \text{ t pro cm}^2$ .

Inanspruchnahme des Nietmaterials . . . . .  $\sigma_s = 1,83 \text{ "}$

c. Indirecte, einseitige Stossdeckung.

8. Versuch.

Einseitige Ueberplattung; wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;  
 Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

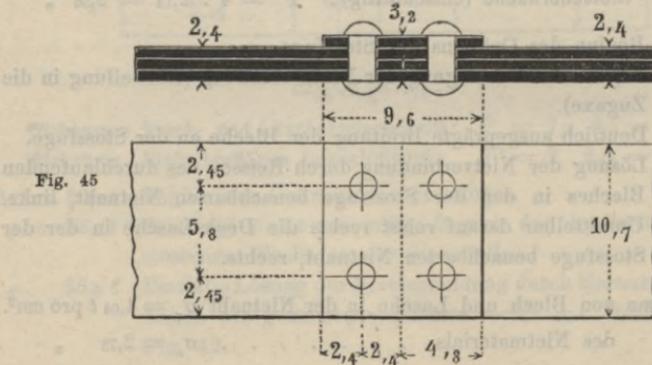
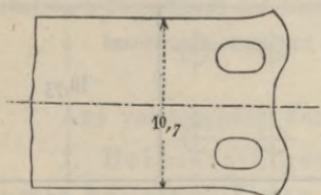


Fig. 45

Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt:  $F = 7,4 \cdot 0,8 = 5,92 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche (einschnittig):  $F' = 2 \cdot 2,14 = 4,28 \text{ „}$

- Bei c. 22,0 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge und der Verbiegung d. Stabes.  
 „ „ 39,0 t Beginn der Breitung der gestossenen Bleche an der Stossstelle. Stossfuge c. 2,5 mm weit.  
 „ „ 57,0 t Lösung der Nietverbindung durch Reissen des untern, durchlaufenden Bleches in der linksseitigen Nietnaht.



Scheinbare Zugfestigkeit des gerissenen Bleches  $\beta_z = 3,21 \text{ sm}^2$ .

Scheinbare Inanspruchnahme des Nietmaterials  $\sigma_s = 4,43 \text{ cm}^2$ .

Fig. 46

### 9. Versuch.

Zweireihige Ueberblattung; wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;

Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

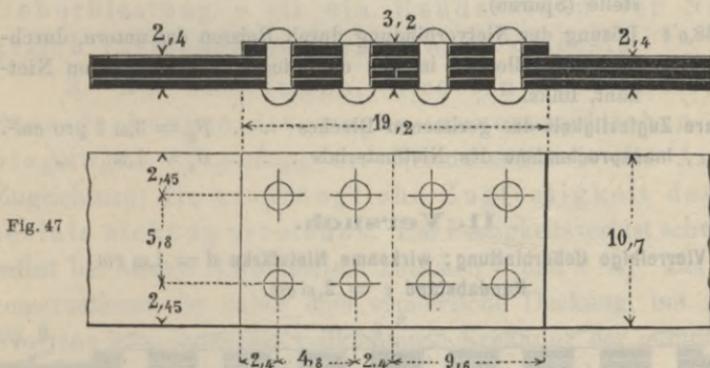


Fig. 47

Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt:  $F = 7,4 \cdot 0,8 = 5,92 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche (einschnittig):  $F' = 4 \cdot 2,14 = 8,56 \text{ „}$

- Bei c. 38,0 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge; Stab in Folge Einstellung in die Zugrichtung deutlich verbogen.  
 „ „ 55,0 t Beginn der Ausbreitung der gestossenen Bleche an d. Stossstelle.  
 „ „ 64,0 t Lösung der Nietverbindung durch Reissen des untern durchlaufenden Bleches in der der Stossfuge benachbarten Nietnaht, rechts.

Scheinbare Zugfestigkeit des gerissenen Bleches . . .  $\beta_z = 3,60 \text{ t pro cm}^2$ .

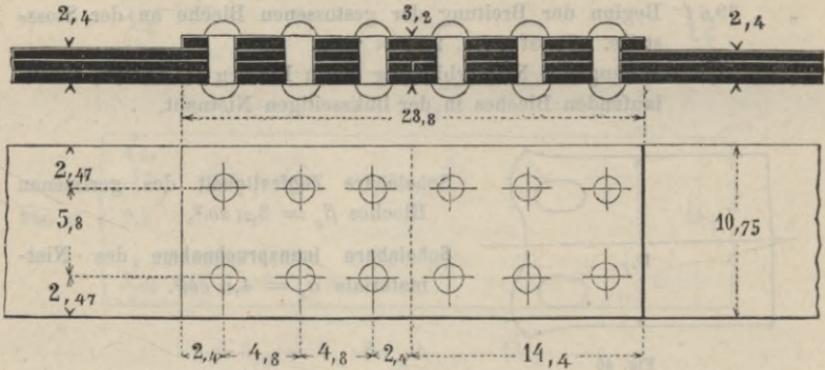
„ Inanspruchnahme des Nietmaterials . . .  $\sigma_s = 2,49 \text{ „}$

**10. Versuch.**

Dreireihige Ueberblattung; wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;

Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

Fig. 48



Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt .  $F = 7,45 \cdot 0,8 = 5,96 \text{ cm}^2$ .

Wirksame Nietscherfläche . . . . .  $F' = 6 \cdot 2,14 = 12,84 \text{ "}$

Bei c. 42,5 t Beginn des Oeffnens der Stossfuge; Stab in die Zugaxe gebogen.

" " 58,0 t Beginn der Ausbreitung der gestossenen Bleche an der Stossstelle (Spuren).

" " 68,0 t Lösung der Nietverbindung durch Reissen des untern, durchlaufenden Bleches in der der Stossfuge benachbarten Nietnaht, links.

Scheinbare Zugfestigkeit des gerissenen Bleches . .  $\beta_z = 3,81 \text{ t pro cm}^2$ .

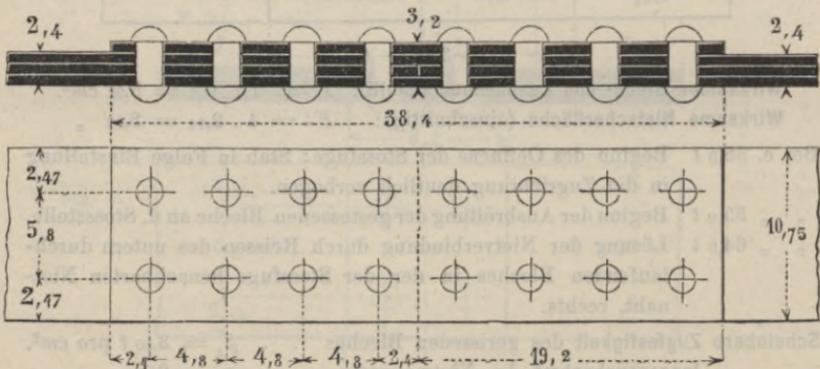
" Inanspruchnahme des Nietmaterials . . .  $\sigma_s = 1,76 \text{ "}$

**11. Versuch.**

Vierreihige Ueberblattung; wirksame Nietstärke  $d = 1,65 \text{ cm}$ ;

Randabstand  $e = 2,40 \text{ cm}$ .

Fig. 49



Wirksamer Blech- und Laschenquerschnitt .	$F = 7,45 \cdot 0,8 = 5,96 \text{ cm}^2$ .
Wirksame Nietscherfläche . . . . .	$F' = 8 \cdot 2,14 = 17,12 \text{ „}$
Bei c. 45,0 t	Beginn des Oeffnens der Stossfuge; Stab ist in Folge Einstellung in die Zugrichtung deutlich verbogen.
„ „ 60,0 t	Beginn der Ausbreitung der gestossenen Bleche an d. Stosstelle.
„ „ 69,5 t	durchgreifender Querbruch durch Lasche und sämmtliche Bleche in der der Stossfuge benachbarten Nietnaht, rechts.
Scheinbare Zugfestigkeit der Lasche und Bleche . .	$\beta_z = 3,88 \text{ t pro cm}^2$ .
„ Inanspruchnahme des Nietmaterials . . . .	$\sigma_s = 1,35 \text{ „}$

Aus vorstehender Versuchsreihe folgt nun:

1. Bei einreihiger symmetrischer Ueberlaschung sowie bei einreihigen Ueberblattungen ist ein Randabstand der Nieten gleich der 1,5-fachen Lochweite (wirksame Nietschaftsstärke) nicht statthaft.

2. Bei zwei- oder mehrreihigen symmetrischen Ueberlaschungen, ferner bei zwei- oder mehrreihigen Ueberblattungen ist ein Randabstand der Nieten gleich 1,5-facher Lochweite noch zulässig.

3. Bei einseitigen, directen oder indirecten Stossdeckungen ist wegen unvermeidlichen Verbiegungen (Einstellung der Versuchsstäbe in die Axe der Zugrichtung) die ursprüngliche Zugfestigkeit des Materials nicht zu erreichen. Der Festigkeitsverlust schwankte selbst bei bestem Schweisseisen zwischen 3 und 8 %. Bei Stossconstructionen ist daher eine symmetrische Deckung, mit andern Worten: eine thunlichst vollkommene Erhaltung der geradlinigen Zugrichtung (der geradlinigen Stabaxe) anzustreben.

4. Unter Anwendung eines qualitativ hochwerthigen Constructionsmaterials und gebohrter Löcher mit abgefassten Rändern genügt bei einseitiger, directer Stossdeckung die der Zugfestigkeit des gestossenen Bleches entsprechende Nietenzahl. Durch eine weitere Vermehrung der Nieten zu beiden Seiten der Stossfuge wird die Festigkeit der Verbindung nicht gesteigert.

5. Bei Anwendung einer einseitigen, indirecten Stossconstruction mit einer ( $n = 1$ ) durchlaufenden Zwischenlamelle wird die Zugfestigkeit der Verbindung derjenigen des ungelochten Bleches desto mehr genähert, je mehr Niete zu beiden Seiten der Stossfuge aufgebracht werden. Die die gestossene Lamelle zwischen sich schliessenden, durchlaufenden Lamellen nehmen Antheil an der Kraftübertragung. Zur angenäherten Ausgleichung der Spannungszustände war mindestens die doppelte Anzahl von Niete zu beiden Seiten der Stossfuge nöthig, welche unter sonst gleichen Verhältnissen die directe Stossdeckung gefordert haben würde.

6. Die sub. 4 u. 5 angeführten Verhältnisse sprechen für die Anwendung einer durchlaufenden Decklasche, sofern die Construction eine grössere Anzahl von Lamellen mit entsprechend versetzten Stössen im gespannten Gurte besitzt.

#### 4. Einfluss der Form und der Grösse der Querschnittsflächen auf den Ausfall der Zerreissproben.

Material-Prüfungsanstalten, die gezwungen sind, auf Festigkeit und Qualität zu prüfen, was von Seiten der Interessenten geliefert wird, kommen häufig in die Lage, Zerreissversuche an Stäben ausführen zu müssen, die die normale Form und Querschnittsgrösse nicht besitzen.

Den Einfluss der Grösse des Stabquerschnitts auf die Ergebnisse der Zerreissversuche kennen zu lernen, haben wir schon im Jahre 1885 (vergl. das dritte Heft der offiz. Mittheilungen unserer Anstalt, Seite 41—42) aus 3 tadellosen Stahlschienenköpfen Rundstäbe nach den auf Seite 6, Fig. 1—4 dargestellten Normaltypen\*) herausarbeiten lassen und diese den gewöhnlichen Qualitätsproben unterworfen. Wir benutzten hiebei die Werder'sche Maschine und waren die Stäbe selbstredend in Kugelschalen beweglich gelagert.

Die in den angezogenen Versuchsreihen gewonnenen Resultate sprechen dafür, dass mit abnehmender Stabdicke die Zugfestigkeit des Stahlmaterials etwas wächst. Die Versuchsserien 1 und 2 weisen speciell darauf, dass unter sonst gleichen Umständen mit abnehmender Stabstärke das Dehnungsmass wächst, während in der Versuchsreihe Nr. 3 eine Abnahme der Dehnungsgrösse nach Bruch nicht zu constatiren war. Schliesslich haben wir unsere Ansicht in schwebender Angelegenheit dahin zusammengefasst, dass verschiedene Materialien bei Aenderung der Abmessungen der Grössen der Querschnittsflächen von Zerreisstäben sich hinsichtlich der Dehnungs- und Festigkeitsverhältnisse verschieden verhalten werden. Licht in diese nicht unwichtige Frage zu bringen war der München-Dresdener-Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden vorbehalten, welche dieselbe zum Gegenstand einlässlicher Untersuchungen machte und die nicht versäumen wird, die Zusammenstellung der Resultate

\*) Vergl. 3. Heft der offiz. Mittheilungen.

tate der Arbeiten verschiedener Experimentatoren in angemessener Form zu veröffentlichen. Es kann nicht in unserer Absicht liegen, den Veröffentlichungen der Arbeiten der genannten Conferenz an dieser Stelle vorzugreifen; wir beschränken uns daher lediglich darauf, unsere einschlägigen Versuchsergebnisse hier niederzulegen und beabsichtigen aus diesen bloß die bemerkenswerthesten Schlüsse ziehen — immerhin nicht in der Absicht, die schwebende Angelegenheit auf der beschränkten Basis unserer eigenen Versuche endgültig auszutragen.

Unser Versuchsmaterial, weiches, basisches Martineisen, haben mit verdankenswerther Bereitwilligkeit die Eisen- und Stahlwerke „Phönix“ und der „Hörder Bergwerks- und Hüttenverein“ geliefert. Es bestand aus je einer grössern Blechtafel von 1,0 cm Stärke und einem Rundstabe von 3,0 cm Dicke.

Die Bleche wurden der Länge nach in Streifen zerlegt, aus welchen congruente Zerreißproben für beide uns derzeit zur Verfügung stehenden Zerreißmaschinen, nämlich für die Werder'sche und die Mohr-Federhaff'sche gewonnen wurden. Da unsere Versuche gleichzeitig auch Aufschlüsse hinsichtlich des Werthes der Einspannart der Zerreißproben in die Festigkeitsmaschinen geben sollten, haben wir, soweit das Material reichte, jeder Blechtafel 6 Zerreißproben gleicher Schaftstärke und 22 cm Länge zwischen den Kehlansätzen entnehmen lassen, von welchen Fall für Fall

- 2 Stücke mit gebohrten Köpfen zur Befestigung auf Stahldorne,
- 2 „ mit gefraisten Köpfen zur Befestigung zwischen stählernen Klemmbacken,
- 2 „ mit gebohrten Köpfen, Lochweite 1,8 cm, zur Befestigung zwischen stählernen Klemmbacken mit Centrirstift,

verwendet wurden. Die Breitseiten der Probestäbe blieben un-  
bearbeitet; sie trugen also die ursprüngliche Walzhaut.

Die Rundstäbe wurden aus dem Rundeisen in Normalform herausgedreht und blank abgeschlichtet.

Nachstehend folgen die gewonnenen Resultate:

Resultate der Zerreißproben mit Normal-Rundstäben.

I. Mohr & Federhaff'sche Maschine.

Lauf. No.	Durchmesser	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Contraction	Dehnungen		Qualitätscoefficient nach Tetmajer c in cm t	Bemerkungen
	$d$ cm	$\sigma$ t p. cm <sup>2</sup>	$\beta$ t p. cm <sup>2</sup>	$\varphi$ %	pro 10 cm $\lambda_1$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %		

A. Flusseisen von Hörde.

1	1,0	2,60	3,68	70,1	31,8	25,1	0,92	Material fehlerfrei.
2	1,0	2,29	3,88	61,3	27,3	25,6	0,99	
<b>Mittel</b>		2,45	3,78	65,7	29,6	25,4	0,96	
3	1,5	2,62	3,89	61,6	35,8	30,5	1,19	" "
4	1,5	2,39	3,92	62,1	36,5	30,5	1,20	
<b>Mittel</b>		2,51	3,91	61,9	36,2	30,5	1,20	
5	2,0	2,43	3,88	58,5	37,8	30,5	1,17	" "
6	2,0	2,32	3,84	61,1	38,3	30,6	1,18	
<b>Mittel</b>		2,38	3,84	59,8	38,1	30,6	1,18	
7	2,5	2,84	3,90	62,3	30,5	24,4	0,95	" "
8	2,5	2,82	3,89	63,0	30,4	20,1	0,78	
<b>Mittel</b>		2,83	3,90	62,7	30,5	22,3	0,87	

B. Flusseisen von Phönix.

9	1,0	2,53	3,88	64,9	30,8	27,5	1,06	Material fehlerfrei.
10	1,5	2,69	3,82	71,3	35,4	28,2	1,08	
11	2,0	2,97	3,86	67,9	36,5	28,7	1,11	
12	2,5	2,91	3,70	67,6	42,5	32,6	1,21	" "

## Resultate der ZerreiBproben mit Normal-Rundstäben.

## II. Werder'sche Maschine.

Lauf- No.	Durch- messer $\bar{d}$ cm	Streck- grenze $\sigma$ t p. cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ t p. cm <sup>2</sup>	Con- traction $\varphi$ %	Dehnungen pro 10 cm		Qualitäts- coefficient nach Tetmajer c in cm t	Bemerkungen
					$\lambda_1$ %	$\lambda_2$ %		
<b>A. Flusseisen von Hörde.</b>								
13	1,0	2,33	3,92	61,3	32,7	30,2	1,18	Material fehlerfrei.
14	1,0	2,27	3,90	66,2	33,3	28,6	1,12	" "
	Mittel	2,30	3,91	63,8	33,0	29,4	1,15	
15	1,5	2,30	4,02	60,3	34,0	27,3	1,10	" "
16	1,5	2,30	3,95	52,9	32,2	27,2	1,07	" "
	Mittel	2,30	3,99	56,6	33,1	27,3	1,09	
17	2,0	2,46	3,93	59,7	37,6	30,2	1,19	" "
18	2,0	2,41	3,90	61,1	38,1	30,3	1,20	" "
	Mittel	2,44	3,92	60,4	37,9	30,5	1,20	
19	2,5	2,46	3,95	60,7	33,7	28,7	1,13	" "
20	2,5	2,45	3,94	64,1	33,3	24,8	0,98	" "
	Mittel	2,46	3,95	62,4	33,5	26,9	1,06	
<b>B. Flusseisen von Phönix.</b>								
21	1,0	2,76	3,93	72,0	28,9	25,3	0,99	Material fehlerfrei.
22	1,0	2,77	3,90	71,4	29,9	26,6	1,04	" "
	Mittel	2,77	3,92	71,7	29,4	26,0	1,02	
23	1,5	2,55	3,85	72,1	36,9	30,0	1,16	" "
24	1,5	2,55	3,85	69,8	34,7	29,1	1,12	" "
	Mittel	2,55	3,85	71,0	35,8	29,6	1,14	
25	2,0	2,41	3,78	71,1	40,9	31,5	1,19	" "
26	2,0	2,45	3,74	69,5	39,9	31,4	1,17	" "
	Mittel	2,43	3,76	70,3	40,4	31,5	1,18	
27	2,5	2,43	3,75	69,6	42,4	33,2	1,25	" "
28	2,5	2,36	3,75	68,5	41,5	31,4	1,18	" "
	Mittel	2,42	3,75	69,1	42,0	32,3	1,22	

## Resultate der ZerreiBproben mit Normal-Rundstäben.

Mittelwerthe nebst Werthänderung in %, bezogen auf den Normalstab  $\bar{d} = 2,0$  cm.

Stab- Durch- messer cm	Streckgrenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Contraction $\varphi$ %	Dehnung		Qualitätscoefficient nach Tetmajer t cm	Werth- änder- ung in %
				pro 10 cm $\lambda_1$ %	pro 20 cm $\lambda_2$ %		
				Werth- änder- ung in %	Werth- änder- ung in %		

## I. Mohr &amp; Federhaff'sche Maschine.

## A. Flusseisen von Hörde.

1,0	2,45	2,94	3,78	-1,56	65,7	9,87	29,6	-22,31	25,4	-16,99	0,96	-18,64
1,5	2,51	5,46	3,91	1,82	61,9	3,51	36,2	-4,99	30,5	-0,33	1,20	1,60
2,0	2,38	0,00	3,84	0,00	59,8	0,00	38,1	0,00	30,6	0,00	1,18	0,00
*) 2,5	2,83	18,91	3,90	1,56	62,7	4,85	30,5	-19,95	22,3	-27,12	0,87	-26,27
Mittel	2,54	6,83	3,86	0,46	62,5	4,56	33,6	-11,81	27,2	-11,11	1,05	-10,81

## B. Flusseisen von Phönix.

1,0	2,53	-14,81	3,83	-0,78	64,9	-4,42	30,8	-15,62	27,5	-4,18	1,06	-4,50
1,5	2,69	-9,43	3,82	-1,04	71,3	5,01	35,4	-3,01	28,5	-0,70	1,08	-2,70
2,0	2,97	0,00	3,86	0,00	67,9	0,00	36,5	0,00	28,7	0,00	1,11	0,00
2,5	2,91	-2,02	3,70	-4,15	67,6	-0,44	42,5	16,44	32,6	13,59	1,21	9,01
Mittel	2,78	-6,57	3,80	1,49	67,9	0,04	36,3	-0,55	29,3	2,18	1,12	0,45

## II. Werder'sche Maschine.

## A. Flusseisen von Hörde.

1,0	2,30	-5,74	3,91	-0,26	63,8	5,63	33,0	-12,93	29,4	-3,61	1,15	-4,17
1,2	2,30	-5,74	3,99	1,79	56,6	-6,29	33,1	-12,96	27,3	-10,49	1,09	-9,17
2,0	2,44	0,00	3,92	0,00	60,4	0,00	37,9	0,00	30,5	0,00	1,20	0,00
*) 2,5	2,46	0,82	3,85	0,77	62,4	3,31	33,5	-11,61	26,9	-11,80	1,06	-11,67
Mittel	2,38	-2,67	3,94	0,58	60,8	0,66	34,4	-9,30	28,5	-6,48	1,13	-6,25

## B. Flusseisen von Phönix.

1,0	2,77	13,99	3,92	4,26	71,7	1,99	29,4	-27,23	26,0	-17,46	1,02	-13,58
1,5	2,55	4,94	3,85	2,39	71,0	1,00	35,8	-11,39	29,6	-6,03	1,14	-3,39
2,0	2,43	0,00	3,76	0,00	70,3	0,00	40,4	0,00	31,5	0,00	1,18	0,00
2,5	2,42	-0,41	3,75	-0,27	69,1	-1,71	42,0	3,96	32,3	2,54	1,22	3,39
Mittel	2,54	4,63	3,82	1,60	70,5	0,32	36,9	-8,67	29,9	-5,24	1,14	-3,40

\*) Wegen mehrfachen Contractionserscheinungen nicht massgebend.

## Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

I. Mohr &amp; Federhaff'sche Maschine.

Befestigung zwischen stählernen Klemmbacken mit Centrirstift.

Lauf. No.	Querschnitts- Abmessungen		Verhält- niss $b:s$	Streck- grenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Con- traction $\varphi$ %	Breitseite		Schmalseite		Qualitäts- coefficient n. Tetmajer	
	Breite $b$ cm	Dicke $s$ cm					Dehn- ung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Dehn- ung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Breit- seite $c$	Schmal- seite $c$
<b>A. Flusseisen von Hörde.</b>												
29	1,0	1,0	1,0	2,57	3,98	57,1	26,7	23,5	26,2	23,1	0,94	0,92
30	1,0	1,0	"	2,34	3,68	69,3	29,5	24,3	29,4	24,3	0,89	0,89
			<b>Mittel</b>	2,46	3,83	63,2	28,1	23,9	27,8	23,7	0,92	0,91
31	1,5	1,0	1,5	2,41	3,82	61,6	28,8	26,4	28,9	26,2	1,01	1,00
32	1,5	1,0	"	2,46	3,85	58,0	32,0	26,9	32,1	27,1	1,04	1,04
			<b>Mittel</b>	2,44	3,84	59,8	30,4	26,7	30,5	26,7	1,03	1,02
33	2,0	1,0	2,0	2,50	3,85	61,0	30,3	25,5	31,2	26,0	0,98	1,00
34	2,0	1,0	"	2,55	3,78	61,8	33,3	25,4	33,2	25,0	0,96	0,95
			<b>Mittel</b>	2,53	3,82	61,4	31,8	25,5	32,2	25,5	0,97	0,98
35	2,5	1,0	2,5	2,36	3,81	58,9	34,1	26,0	34,9	26,3	0,99	1,00
36	2,5	1,0	"	2,44	3,82	59,4	32,8	26,8	32,9	26,3	1,02	1,00
			<b>Mittel</b>	2,40	3,82	59,2	33,5	26,4	33,9	26,3	1,01	1,00
37	3,0	1,0	3,0	2,43	3,85	57,1	34,3	26,6	35,2	27,1	1,02	1,04
38	3,0	1,0	"	2,31	3,75	57,6	34,4	25,8	35,2	26,5	0,97	0,99
			<b>Mittel</b>	2,37	3,80	57,4	34,4	26,2	35,2	26,8	1,00	1,02
39	3,5	1,0	3,5	2,54	3,81	56,9	33,8	26,8	35,3	27,7	1,02	1,06
40	3,5	1,0	"	2,52	3,88	54,7	39,0	29,8	40,6	30,7	1,16	1,19
			<b>Mittel</b>	2,53	3,85	55,8	36,4	28,3	38,0	29,2	1,09	1,13
41	4,0	1,0	4,0	2,47	3,86	55,8	41,9	32,4	43,0	33,6	1,25	1,30
42	4,0	1,0	"	2,37	3,78	54,8	34,2	28,7	35,4	29,1	1,08	1,10
			<b>Mittel</b>	2,42	3,82	55,3	38,1	30,6	39,2	31,4	1,17	1,20
43	4,5	1,0	4,5	2,45	3,82	55,6	40,6	31,0	41,3	32,2	1,18	1,23
44	4,5	1,0	"	2,42	3,82	40,6	40,7	35,7	40,2	36,1	1,36	1,38
			<b>Mittel</b>	2,44	3,82	48,1	40,7	33,4	40,8	34,2	1,27	1,31
45	5,0	1,0	5,0	2,37	3,76	50,6	40,9	30,2	42,1	30,5	1,14	1,15
46	5,0	1,0	"	2,36	3,72	60,5	38,2	28,7	40,5	29,7	1,07	1,10
			<b>Mittel</b>	2,37	3,74	55,6	39,6	29,5	41,3	30,1	1,11	1,13

Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

II. Werder'sche Maschine.

Befestigung zwischen stählernen Klemmböcken.

Lauf. No.	Querschnitts- Abmessungen		Verhält- niss b : s	Streck- grenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Con- traction $\varphi$ %	Breitseite		Schmalseite		Qualitäts- coefficient n. Tetmajer	
	Breite b cm	Dicke s cm					Dehn- ung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Dehn- ung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Breit- seite c	Schmal- seite c
<b>A. Flusseisen von Hörde.</b>												
47*	1,0	1,0	1,0	2,53	4,04	40,4	19,4	19,2	19,0	19,0	0,78	0,77
48*	1,0	1,0	"	2,50	3,95	62,0	25,5	19,3	25,8	19,5	0,76	0,77
			<b>Mittel</b>	2,52	4,00	51,2	22,5	19,3	22,4	19,3	0,77	0,77
49	1,5	1,0	1,5	2,46	3,96	59,5	26,2	23,8	26,3	23,9	0,94	0,95
50*	1,5	1,0	"	2,47	3,98	47,8	23,2	22,0	23,5	22,5	0,88	0,90
			<b>Mittel</b>	2,47	3,97	53,7	24,7	22,9	24,9	23,2	0,91	0,93
51	2,0	1,0	2,0	2,43	3,89	60,7	27,9	25,2	28,0	25,3	0,98	0,98
52	2,0	1,0	"	2,40	3,75	66,5	33,7	25,3	34,0	25,5	0,95	0,96
			<b>Mittel</b>	2,42	3,82	63,6	30,8	25,3	31,0	25,4	0,97	0,97
53	2,5	1,0	2,5	2,44	3,96	55,7	32,1	26,8	33,1	27,5	1,06	1,09
54	2,5	1,0	"	2,49	3,90	58,3	34,0	26,2	34,7	26,4	1,02	1,03
			<b>Mittel</b>	2,47	3,93	57,0	33,1	26,5	33,9	27,0	1,04	1,06
55	3,0	1,0	3,0	2,46	3,91	55,5	37,2	29,1	38,5	29,9	1,14	1,17
56	3,0	1,0	"	2,50	3,95	58,4	33,5	26,4	34,3	27,0	1,04	1,07
			<b>Mittel</b>	2,48	3,93	57,0	35,4	27,8	36,4	28,5	1,09	1,12
57	3,5	1,0	3,5	2,48	3,95	56,4	32,7	25,9	33,6	27,2	1,02	1,07
58	3,5	1,0	"	2,52	3,93	53,7	32,3	24,4	33,5	24,9	0,96	0,98
			<b>Mittel</b>	2,50	3,94	55,1	32,5	25,2	33,6	26,1	0,99	1,03
59	4,0	1,0	4,0	2,45	3,93	53,9	39,7	35,4	41,4	36,2	1,39	1,42
60	4,0	1,0	"	2,53	3,99	51,4	36,8	30,4	37,9	30,9	1,21	1,23
			<b>Mittel</b>	2,49	3,96	52,7	38,3	32,9	39,7	33,6	1,30	1,33
61	4,5	1,0	4,5	2,51	4,01	54,4	33,1	25,8	33,8	26,4	1,08	1,06
62	4,5	1,0	"	2,53	4,00	48,0	29,4	24,4	30,4	24,7	0,98	0,99
			<b>Mittel</b>	2,52	4,01	51,2	31,3	25,1	32,1	25,6	1,01	1,03
63	5,0	1,0	5,0	2,48	3,94	50,9	34,5	26,5	36,1	27,3	1,04	1,08
64*	5,0†	1,0	"	2,48	3,94	34,9	26,8	20,8	29,0	22,0	0,82	0,87
			<b>Mittel</b>	2,48	3,94	50,9	34,5	26,5	36,1	27,3	1,04	1,08

\*) Körnige Einlagerungen.

†) Beim Ziehen des Mittels nicht berücksichtigt.

## Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

## II. Werder'sche Maschine.

Befestigung zwischen stählernen Klembacken.

Lauf. No.	Querschnitts- Abmessungen		Verhält- niss $b:s$	Streck- grenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Con- traction $\varphi$ %	Breitseite		Schmalseite		Qualitäts- coefficient n, Tetmajer	
	Breite $b$ cm	Dicke $s$ cm					Dehn- ung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Dehn- ung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Breit- seite $c$	Schmal- seite $c$
<b>B. Flusseisen von Phönix.</b>												
65	1,0	1,0	1,0	3,03	3,68	68,4	25,3	18,3	25,3	18,4	0,67	0,70
66	1,0	1,0	"	2,86	3,59	69,8	28,6	21,7	28,2	21,6	0,78	0,78
			<b>Mittel</b>	2,95	3,64	69,1	27,0	20,0	26,8	20,0	0,73	0,74
67	1,5	1,0	1,5	3,02	3,62	67,6	24,5	20,9	24,6	20,7	0,76	0,75
68	1,5	1,0	"	3,00	3,58	69,2	29,1	23,5	29,9	23,8	0,84	0,85
			<b>Mittel</b>	3,01	3,60	68,4	26,8	22,2	27,3	22,3	0,80	0,80
69	2,0	1,0	2,0	3,07	3,63	68,5	29,9	27,0	32,5	28,1	0,98	1,02
70	2,0	1,0	"	2,99	3,63	70,2	30,7	26,1	31,8	26,6	0,95	0,97
			<b>Mittel</b>	3,03	3,63	69,4	30,3	26,6	32,2	27,4	0,97	1,00
71	2,5	1,0	2,5	2,96	3,67	61,8	29,2	21,9	29,7	22,2	0,80	0,81
72	2,5	1,0	"	2,95	3,66	64,6	32,3	26,6	33,4	26,6	0,97	0,97
			<b>Mittel</b>	2,96	3,67	63,2	30,8	24,3	31,6	24,4	0,89	0,89
73	3,0	1,0	3,0	3,01	3,73	61,0	31,6	22,6	32,8	23,2	0,84	0,86
74	3,0	1,0	"	3,14	3,75	63,4	31,3	24,5	33,4	25,2	0,92	0,95
			<b>Mittel</b>	3,08	3,74	62,2	31,5	23,6	33,1	24,2	0,88	0,91
75	3,5	1,0	3,5	3,31	3,75	59,7	34,6	28,4	36,7	29,1	1,07	1,09
76	3,5	1,0	"	3,23	3,77	53,2	30,9	24,5	33,2	25,6	0,92	0,97
			<b>Mittel</b>	3,27	3,76	59,5	32,8	26,5	35,0	27,4	1,00	1,03
77	4,0	1,0	4,0	3,07	3,79	58,6	32,5	24,9	35,1	25,8	0,94	0,98
78	4,0	1,0	"	3,24	3,75	58,4	32,7	24,8	35,3	25,4	0,93	0,95
			<b>Mittel</b>	3,16	3,77	58,5	32,6	24,9	35,2	25,6	0,94	0,97
79	4,5	1,0	4,5	3,24	3,68	59,6	34,1	24,8	36,4	26,3	0,91	0,97
80	4,5	1,0	"	3,03	3,73	58,4	33,4	24,8	35,3	25,9	0,93	0,97
			<b>Mittel</b>	3,14	3,71	59,0	33,8	24,8	35,9	26,1	0,92	0,97
81	5,0	1,0	5,0	2,95	3,66	62,8	37,3	28,3	41,1	30,0	1,04	1,10
82	5,0	1,0	"	3,10	3,70	58,8	39,0	30,6	41,4	32,2	1,13	1,19
			<b>Mittel</b>	3,03	3,68	60,8	38,2	29,5	41,3	31,1	1,09	1,15

Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

II. Werder'sche Maschine.

Befestigung auf Stahlbolzen.

Lauf. No.	Querschnitts- Abmessungen		Verhält- niss <i>b</i> : <i>s</i>	Streck- grenze $\sigma$ <i>t</i> pro <i>cm</i> <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ <i>t</i> pro <i>cm</i> <sup>2</sup>	Con- traction $\varphi$ %	Breitseite		Schmalseite		Qualitäts- coefficient n. Tetmajer	
	Breite <i>b</i> <i>cm</i>	Dicke <i>s</i> <i>cm</i>					Dehn- ung p. 10 <i>cm</i> $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 <i>cm</i> $\lambda_2$ %	Dehn- ung p. 10 <i>cm</i> $\lambda_1$ %	Dehn- ung p. 20 <i>cm</i> $\lambda_2$ %	Breit- seite <i>c</i>	Schmal- seite <i>c</i>
<b>A. Flusseisen von Hörde.</b>												
83	1,0	1,0	1,0	2,59	4,10	58,5	26,0	23,2	26,3	23,4	0,95	0,96
84	1,0	1,0	"	2,50	4,00	60,0	27,7	23,3	27,5	23,2	0,93	0,93
			Mittel	2,55	4,05	59,3	26,9	23,3	26,9	23,3	0,94	0,95
85	1,5	1,0	1,5	2,47	4,02	61,1	29,4	27,2	29,6	27,5	1,09	1,11
86	1,5	1,0	"	2,45	3,99	60,1	30,5	24,6	30,7	24,7	0,98	0,99
			Mittel	2,46	4,01	60,6	30,0	25,9	30,2	26,1	1,04	1,05
87	2,0	1,0	2,0	2,40	3,94	55,3	27,4	22,3	27,9	22,7	0,88	0,89
88	2,0	1,0	"	2,42	3,98	55,3	30,2	24,4	29,8	24,8	0,97	0,99
			Mittel	2,41	3,96	55,3	28,8	23,4	28,9	23,8	0,93	0,94
89	2,5	1,0	2,5	2,38	3,98	47,7	30,2	25,3	30,7	25,7	1,01	1,02
90	2,5	1,0	"	2,45	3,96	59,2	34,5	27,2	35,3	27,7	1,08	1,10
			Mittel	2,42	3,97	53,5	32,4	26,3	33,0	26,7	1,05	1,06
91	3,0	1,0	3,0	2,40	3,93	61,9	35,6	25,7	36,8	26,8	1,01	1,05
92	3,0	1,0	"	2,46	3,98	51,9	32,2	28,0	33,7	28,9	1,11	1,15
			Mittel	2,43	3,96	56,9	33,9	26,9	35,3	27,9	1,06	1,10
93*	3,5	1,0	3,5	2,59	4,07	29,3	23,4	20,6	22,7	20,3	0,84	0,83
94*	3,5	1,0	"	2,68	4,10	35,6	25,8	21,7	26,2	21,9	0,89	0,90
			Mittel	2,64	4,09	32,5	24,6	21,2	24,5	21,1	0,87	0,87
95	4,0	1,0	4,0	2,72	4,04	53,6	32,9	27,9	34,4	28,2	1,13	1,14
96	4,0	1,0	"	2,69	4,03	52,6	32,3	24,1	34,0	25,0	0,97	1,01
			Mittel	2,71	4,04	53,1	32,6	26,0	34,2	26,6	1,05	1,08
97	4,5	1,0	4,5	2,77	4,12	50,3	36,2	27,9	37,7	28,8	1,15	1,19
98	4,5	1,0	"	2,79	4,07	43,3	30,9	24,6	32,8	26,0	1,00	1,06
			Mittel	2,78	4,10	46,8	33,6	26,3	35,3	27,4	1,08	1,13
99	5,0	1,0	5,0	2,67	4,01	32,7	30,6	26,2	29,3	25,8	1,05	1,03
100†	5,0	1,0	"	2,73	4,05	40,3	35,5	26,8	31,7	25,2	1,09	1,02
			Mittel	2,70	4,03	36,5	33,1	26,5	30,5	25,5	1,07	1,03

\*) Körnige Einlagerungen. †) Einseitiger Bruch.

## Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

## II. Werder'sche Maschine.

## Befestigung auf Stahlbolzen.

Lauf. No.	Querschnitts- Abmessungen		Verhält- niss $b:s$	Streck- grenze $\sigma$ t pro cm <sup>2</sup>	Zug- festig- keit $\beta$ t pro cm <sup>2</sup>	Con- traction $\varphi$ %	Breitseite		Schmalseite		Qualitäts- coefficient n. Tetmajer	
	Breite $b$ cm	Dicke $s$ cm					Dehnung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehnung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Dehnung p. 10 cm $\lambda_1$ %	Dehnung p. 20 cm $\lambda_2$ %	Breit- seite $c$	Schmal- seite $c$
<b>B. Flusseisen von Phönix.</b>												
101	1,0	1,0	1,0	2,89	3,63	69,5	24,8	21,5	24,9	21,4	0,78	0,78
102	1,0	1,0	"	2,80	3,56	73,4	28,8	24,6	28,3	24,8	0,88	0,88
			Mittel	2,85	3,60	71,5	26,8	23,1	26,6	23,1	0,83	0,83
103	1,5	1,0	1,5	3,17	3,65	69,1	28,5	21,0	28,2	21,2	0,77	0,77
104	1,5	1,0	"	2,99	3,69	68,5	30,2	24,3	30,7	24,3	0,90	0,90
			Mittel	3,08	3,67	68,8	29,4	22,7	29,5	22,8	0,84	0,84
105	2,0	1,0	2,0	3,04	3,64	67,7	30,7	22,9	31,0	22,9	0,83	0,83
106	2,0	1,0	"	2,96	3,68	66,5	32,5	27,4	33,1	27,7	1,01	1,02
			Mittel	3,00	3,66	67,1	31,6	25,2	32,1	25,3	0,92	0,93
107	2,5	1,0	2,5	2,83	3,68	63,0	26,4	20,1	27,2	20,6	0,74	0,76
108	2,5	1,0	"	2,90	3,66	64,4	32,5	24,9	34,2	24,7	0,91	0,90
			Mittel	2,87	3,67	63,7	29,5	22,5	30,7	22,7	0,83	0,83
109	3,0	1,0	3,0	3,08	3,60	62,2	29,6	22,8	30,9	23,4	0,82	0,84
110	3,0	1,0	"	3,15	3,67	64,8	33,5	27,0	35,4	28,4	0,99	1,04
			Mittel	3,12	3,64	63,5	31,6	24,9	33,2	25,9	0,91	0,94
111	3,5	1,0	3,5	3,16	3,64	65,1	34,5	23,8	36,2	24,3	0,87	0,88
112	3,5	1,0	"	3,26	3,64	63,4	33,9	25,9	35,5	26,7	0,94	0,97
			Mittel	3,21	3,64	64,3	34,2	24,9	35,9	25,5	0,91	0,93
113	4,0	1,0	4,0	2,89	3,64	60,6	32,6	22,5	34,1	23,6	0,82	0,86
114	4,0	1,0	"	3,04	3,68	60,6	32,5	24,2	34,0	25,2	0,89	0,93
			Mittel	2,97	3,66	60,6	32,6	23,4	34,1	24,4	0,86	0,90
115	4,5	1,0	4,5	3,19	3,66	61,7	35,2	28,2	38,2	29,4	1,03	1,08
116	4,5	1,0	"	3,20	3,73	60,8	36,2	27,1	37,7	27,8	1,01	1,04
			Mittel	3,20	3,70	61,3	35,7	27,7	38,0	28,6	1,02	1,06
117	5,0	1,0	5,0	3,27	3,67	64,1	37,8	29,1	38,8	30,2	1,07	1,11
118	5,0	1,0	"	3,30	3,67	61,8	35,8	26,2	37,5	27,0	0,96	0,99
			Mittel	3,29	3,67	63,0	36,8	27,7	38,2	28,6	1,02	1,05

Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

Mittelwerthe nebst Werthänderung in 0/0, bezogen auf den Normalstab  $b : c = 3,0$ .

I. Mohr & Federhaff'sche Maschine.

Befestigung zwischen stählernen Klemmböcken mit Centrirstift.

Ver- hältnis $b : s$	Streckgrenze		Zugfestigkeit		Contraction		Dehnung (Breitseite)				Qualitätscoeff. nach Tetmajer	
	$\sigma$		$\beta$		$\varphi$		pro 10 cm $\lambda_1$		pro 20 cm $\lambda_2$		nach Tetmajer	
	$t$ pro cm <sup>2</sup>	Werth- änder- ung in 0/0	$t$ pro cm <sup>2</sup>	Werth- änder- ung in 0/0	0/0	Werth- änder- ung in 0/0	0/0	Werth- änder- ung in 0/0	0/0	Werth- änder- ung in 0/0	$c$ cm t	Werth- änder- ung in 0/0

A. Flusseisen von Hörde.

1,0	2,46	3,80	3,83	0,79	63,2	10,10	28,1	-18,31	23,9	-8,78	0,92	-8,00
1,5	2,44	2,95	3,84	1,05	59,8	4,18	30,4	-11,63	26,7	1,91	1,03	3,00
2,0	2,53	6,75	3,83	0,79	61,4	6,97	31,8	-7,57	25,5	-2,67	0,97	-3,00
2,5	2,40	1,27	3,82	0,53	59,2	3,14	33,5	-2,62	26,4	0,76	1,01	1,00
3,0	2,37	0,00	3,80	0,00	57,4	0,00	34,4	0,00	26,2	0,00	1,00	0,00
3,5	2,53	6,75	3,85	1,32	55,8	-2,79	36,4	5,81	28,3	8,02	1,09	9,00
4,0	2,42	2,11	3,82	0,53	55,3	-3,66	38,1	10,76	30,6	16,79	1,17	17,00
4,5	2,44	2,95	3,82	0,53	48,1	-16,20	40,7	18,31	33,4	27,48	1,27	27,00
5,0	2,37	0,00	3,74	-1,58	55,6	-3,14	39,6	15,12	29,5	12,21	1,11	11,00
<b>Mittel</b>	2,44	2,95	3,82	0,44	57,3	0,16	34,8	1,10	27,8	6,23	1,06	6,00

B. Flusseisen von Phönix.

In Ermanglung des nöthigen Materials nicht ausgeführt.

## Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

Mittelwerthe nebst Werthänderung in 0/0, bezogen auf den Normalstab  $b : c = 3,0$ .

## II. Werder'sche Maschine.

Befestigung mit gefraisten Köpfen zwischen stählernen Klemmböcken.

Ver- hältniss $b : s$	Streckgrenze		Zugfestigkeit		Contraction		Dehnung (Breitseite)				Qualitätscoefficient nach Tetmajer	
	$t$	$\sigma$	$t$	$\beta$	0/0	$\varphi$	pro 10 cm		pro 20 cm		$c$	nach Tetmajer
		Werth- änder- ung in 0/0		pro cm <sup>2</sup>		Werth- änder- ung in 0/0	0/0	Werth- änder- ung in 0/0	$\lambda_1$	Werth- änderung in 0/0		

## A. Flusseisen von Hörde.

1,0	2,52	1,61	4,00	1,78	51,2	-10,18	22,5	-36,44	19,3	-30,58	0,77	-29,36
1,5	2,47	-0,40	3,97	1,02	53,7	-5,79	24,7	-30,23	22,9	-17,63	0,91	-16,51
2,0	2,42	-2,42	3,82	2,80	63,6	11,58	30,8	-12,99	25,3	-8,99	0,97	-11,01
2,5	2,47	-0,40	3,93	0,00	57,0	0,00	33,1	-6,50	26,5	-4,68	1,04	-4,59
3,0	2,48	0,00	3,93	0,00	57,0	0,00	35,4	0,00	27,8	0,00	1,09	0,00
3,5	2,50	0,81	3,94	0,25	55,1	3,33	32,5	-8,19	25,2	-9,35	0,99	9,18
4,0	2,49	0,40	3,96	0,76	52,7	7,54	38,3	8,19	32,9	18,35	1,30	19,27
4,5	2,52	1,61	4,01	2,04	51,2	10,18	31,3	-11,59	25,1	-9,71	1,01	7,34
5,0	2,48	0,00	3,94	0,25	50,9	10,70	34,5	2,54	26,5	4,68	1,04	-4,59
Mittel	2,48	0,05	3,94	0,37	54,7	-4,02	31,5	-11,59	25,7	-7,48	1,01	-7,04

## B. Flusseisen von Phönix.

1,0	2,95	-4,22	3,64	-2,67	69,0	10,93	27,5	-12,70	20,0	-15,25	0,72	-18,18
1,5	3,01	-2,27	3,60	-3,75	68,4	9,97	26,8	-14,92	22,2	-5,93	0,80	-9,09
2,0	3,03	-1,62	3,63	-2,94	69,4	11,58	30,3	-3,81	26,6	12,71	0,97	10,23
2,5	2,96	-3,90	3,67	-1,87	63,2	1,61	30,8	-2,22	24,3	2,97	0,89	1,14
3,0	3,08	0,00	3,74	0,00	62,2	0,00	31,5	0,00	23,6	0,00	0,88	0,00
3,5	3,27	6,17	3,76	0,53	59,5	-4,34	32,8	4,13	26,5	12,29	1,00	13,64
4,0	3,16	2,60	3,77	0,80	58,5	-5,95	32,6	3,49	24,9	5,51	0,94	6,82
4,5	3,14	1,95	3,71	-0,80	59,0	-5,14	33,8	7,30	24,8	5,01	0,92	4,55
5,0	3,03	-1,62	3,68	-1,60	60,8	-2,25	38,2	21,27	29,5	25,00	1,09	23,86
Mittel	3,07	-0,31	3,69	-1,37	63,3	1,82	31,6	0,28	24,7	4,70	0,91	3,66

Resultate der Zerreißproben mit Normal-Flachstäben.

Mittelwerthe nebst Werthänderung in 0/0, bezogen auf den Normalstab  $b : c = 3,0$ .

II. Werder'sche Maschine.

Befestigung mit gebohrten Köpfen auf Stahlbolzen.

Ver- hältniss $b : s$	Streckgrenze		Zugfestigkeit		Contraction		Dehnung (Breitseite)				Qualitätscoefficient nach Tetmajer	
	$t$ pro $cm^2$	$\sigma$ Werth- änderung in 0/0	$t$ pro $cm^2$	$\beta$ Werth- änderung in 0/0	0/0	$\varphi$ Werth- änderung in 0/0	pro 10 cm		pro 20 cm		$c$ cm t	Werth- änderung in 0/0
							$\lambda_1$	Werth- änderung in 0/0	$\lambda_2$	Werth- änderung in 0/0		

A. Flusseisen von Hörde.

1,0	2,55	4,94	4,05	2,27	59,3	4,22	26,9	-20,65	23,3	-13,38	0,94	-11,32
1,5	2,46	1,23	4,01	1,26	60,6	6,50	30,0	11,50	25,9	-3,72	1,04	-1,89
2,0	2,41	-0,82	3,96	0,00	55,3	-2,81	28,8	-15,04	23,4	-13,01	0,93	-12,26
2,5	2,42	-0,41	3,97	0,25	53,5	-5,98	32,4	-4,42	26,3	-2,23	1,05	-0,94
3,0	2,43	0,00	3,96	0,00	56,9	0,00	33,9	0,00	26,9	0,00	1,06	0,00
3,5	2,64	8,64	4,09	3,28	32,5	-42,88	24,6	-27,43	21,2	-21,19	0,87	-17,92
4,0	2,71	11,52	4,04	2,02	51,1	-10,19	32,6	-3,83	26,0	-3,35	1,05	-0,94
4,5	2,78	14,40	4,10	3,54	46,8	-17,75	33,6	-0,88	26,3	-2,23	1,08	1,89
5,0	2,70	11,11	3,03	1,77	36,5	-35,85	33,1	-2,36	26,5	-1,49	1,07	0,94
Mittel	2,56	5,25	4,02	1,39	52,5	-7,73	31,4	-7,34	25,6	-4,93	1,03	-3,07

B. Flusseisen von Phönix.

1,0	2,85	-8,65	3,60	-1,10	71,5	12,60	26,8	-15,19	23,1	-7,23	0,83	-8,79
1,5	3,08	-1,28	3,67	0,82	68,8	8,85	29,4	-6,96	22,7	-8,83	0,84	-7,69
2,0	3,00	3,85	3,66	0,55	67,1	5,67	31,6	0,00	25,2	1,20	0,92	1,10
2,5	2,87	-8,01	3,67	0,82	63,7	0,81	29,5	-6,65	22,5	-9,64	0,88	-8,79
3,0	3,12	0,00	3,64	0,00	63,5	0,00	31,6	0,00	24,9	0,00	0,91	0,00
3,5	3,21	2,88	3,64	0,00	64,3	1,26	34,2	8,23	24,9	0,00	0,91	0,00
4,0	2,97	-4,81	3,66	0,55	60,6	-4,57	32,6	3,16	23,4	-6,02	0,86	-5,49
4,5	3,20	2,56	3,70	1,65	61,3	-3,46	35,7	12,97	27,7	11,24	1,02	-12,09
5,0	3,29	5,45	3,67	0,82	63,0	-0,79	36,8	16,46	27,7	11,24	1,02	12,09
Mittel	3,07	1,75	3,66	0,46	64,9	2,15	32,0	1,84	24,7	-0,89	0,90	-0,61

Aus vorstehenden Zusammenstellungen geht nun hervor, dass

1. die Mohr & Federhaff und Werder'schen Festigkeitsmaschinen fast übereinstimmende Resultate liefern. Die erstgenannte, langsamer arbeitende Maschine gibt etwas kleinere Festigkeitszahlen, dagegen etwas grössere Werthe für das durchschnittliche Mass der Einschnürungen und die Dehnungsverhältnisse. Unter sonst gleichen Umständen gibt die Befestigung der Flachstäbe auf Bolzen etwas höhere Werthe für Festigkeit, Contraction und Dehnung als diejenige der stählernen Klemmbacken in gefraisten Nuthen. Die Unterschiede sind indessen nicht wesentlich.

2. Die auf den Breitseiten und den Schmalseiten der gleichen Zerreib-Flachstäbe erhobenen Dehnungsverhältnisse sind ungleichwerthig. Zuzufolge Nachstreckung im Bruchmomente fällt die procentuale Dehnung gemessen auf den Schmalseiten etwas grösser aus, als diejenige der Breitseiten. Der Unterschied wächst mit wachsendem Verhältnisse der Querschnittsabmessungen des Probestabes.

3. Vorliegende Versuchsreihen lösen die Frage des Einflusses der Form und Querschnittsabmessungen der Probestäbe auf den Ausfall der Zerreibversuche nicht endgültig. Immerhin geht aus denselben hervor, dass

4. Aenderungen der Zugfestigkeit und der Einschnürungen des Flusseisens (Constructionsqualität) bei Rundeisen von 1,0 bis 2,5 cm Schaftstärke und Flach-eisen innerhalb den Verhältnissen der Querschnittsabmessungen (Breite: Stärke) von  $b:c = 1,0$  und  $5,0$  nicht wahrzunehmen sind, dass

5. die Dehnungen nach Bruch mit abnehmender Stärke der Rundstäbe, sowie mit abnehmendem Verhältnisse der Querschnittsabmessungen, mehr oder weniger gesetzmässig abnehmen. In den meisten Fällen, wo unsere Zahlenreihen etwelche Widersprüche im gesetzmässigen Verlaufe der Aenderungen der Dehnungsverhältnisse aufweisen, sind dieselben durch gleichzeitig mehrfache Contractionserschein-



absolut:  $\Delta l = 20 \lambda_o = 2 \cdot (\Delta l_2 - \Delta l_1) \dots 3)$

oder in %:  $\lambda = 10 \cdot (\Delta l_2 - \Delta l_1) \dots 4)$

Unter Anwendung der Formeln 1) und 2) auf die Ergebnisse unseres Versuchsmaterials erhält man

#### A. für Rundstäbe; Phönix-Eisen.

Bei einem Stabdurchmesser von:  $d = 1,0 = 1,5 = 2,0 = 2,5 \text{ cm.}$

Im Mittel aus 4 Versuchen:  $\Delta l_o = 0,68 \quad 1,31 \quad 1,56 \quad 1,95 \text{ cm.}$

" " " 4 "  $\lambda_o = 0,23 \quad 0,23 \quad 0,22 \quad 0,23 \text{ cm.}$

#### B. für Rundstäbe; Hörde-Eisen.

Bei einem Stabdurchmesser von:  $d = 1,0 = 1,5 = 2,0 = 2,5 \text{ cm.}$

Im Mittel aus 4 Versuchen:  $\Delta l_o = 0,77 \quad 1,15 \quad 1,49 \quad 1,88 \text{ cm.}^*)$

" " " 4 "  $\lambda_o^{**}) = 0,24 \quad 0,23 \quad 0,23 \quad -^*)$

#### C. für Flachstäbe; Phönix-Eisen.

Bei einem Verhältnisse  $b : s \dagger) = 1,0 \quad 1,5 \quad 2,0 \quad 2,5 \quad 3,0 \quad 3,5 \quad 4,0 \quad 4,5 \quad 5,0$

Im Mittel a. 4 Versuchen:  $\Delta l_o^{**}) = 0,74 \quad 0,92 \quad 1,02 \quad 1,30 \quad 1,46 \quad 1,56 \quad 1,54 \quad 1,60 \quad 1,78 \text{ cm.}$

" " " 4 "  $\lambda_o^{**}) = 0,19 \quad 0,17 \quad 0,19 \quad 0,18 \quad 0,17 \quad 0,18 \quad 0,17 \quad 0,18 \quad 0,20 \text{ cm.}$

#### D. für Flachstäbe; Hörde-Eisen.

Bei einem Verhältnisse  $b : s = 1,0 \quad 1,5 \quad 2,0 \quad 2,5 \quad 3,0 \quad 3,5 \quad 4,0 \quad 4,5 \quad 5,0$

Mittel a. 6 Versuchen:  $\Delta l_o = 0,73 \quad 0,82 \quad 1,15 \quad 1,32 \quad 1,51 \quad 1,52 \quad 1,50 \quad 1,46 \quad 1,60 \text{ cm.}$

" " 6 "  $\lambda_o = 0,20 \quad 0,21 \quad 0,19 \quad 0,20 \quad 0,19 \quad 0,19 \quad 0,19 \quad 0,19 \quad 0,19 \text{ cm.}$

Vorstehende Zusammenstellungen sind beredete Argumente für die Unhaltbarkeit des zur Zeit herrschenden Verfahrens der Qualitätsbestimmung der Metalle vom Boden der Zerreißversuche, sofern nicht für bestimmte Formen und Grössen der Querschnittsflächen gleichzeitig auch bestimmte Messlängen normirt werden. Diese für die gewählten Normal-Zerreißstäbe zu ermitteln, bildet eine der Aufgaben der Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden.

Uns scheint es rationeller, die Methode der Qualitätsbestimmung von allen lokalen Einflüssen zu befreien und speziell

\*) Mittel aus 2 Versuchen; wegen mehrfachen Contractionen sind die Ergebnisse der Zerreißproben mit Hörde-Rundstäbe von 2,5 cm. Stärke überhaupt unbrauchbar.

†)  $b : s =$  Breite : Stärke.

\*\*\*) Beim Mittelziehen sind extreme Werthe, bedingt durch verwalzte Blasen, bezw. körnige Einlagerungen etc. gestrichen worden.

bei den Zerreißproben die Dehnung nach Bruch durch die Bruchdehnung bestimmt nach der Formel:

$$\Delta l = 2 [\Delta l_2 - \Delta l_1] \text{ oder in } \% : \lambda = 10 [\Delta l_2 - \Delta l_1]$$

zu ersetzen und diese in Rechnung zu bringen. Dieses Verfahren hätte offenbar nicht allein den Vortheil einer exactern, von der Materialverschiedenheit, von Zufälligkeiten der Form und der Grösse der Querschnittsflächen der Zerreißstäbe unabhängigen Bestimmungsweise der massgebenden Faktoren; es bietet vielmehr auch die Möglichkeit durch Wahl passender Messlängen (an Stelle der von uns gewählten 10 und 20 cm) die Länge der Probestäbe überhaupt abzumindern, wodurch einerseits die Erstellung tadelloser Versuchskörper erleichtert, anderseits ihre Kosten reduziert würden.

Die Frage der Ermittlung der den unterschiedlichen Normal-Zerreißstäben entsprechenden Messlängen lässt sich zunächst auf zweifachem Wege lösen. Da für die Normalstabformen die lokalen Streckungen  $\Delta l_o$ , für das betreffende Material in unserem Falle Flusseisen (Constructionsqualität), überdies die Bruchdehnung pro Längeneinheit  $\lambda_o$  ermittelt sind, so kann man zunächst diejenige Messlänge ( $x$  cm) suchen, welche eine Gesamtdéhnung = der massgebenden, für die massgebenden Versuchstäbe erhobenen Déhnungen liefert. Bezeichnet:

$\Delta l_2$  die Déhnung nach Bruch für den massgebenden Normalstab und 20 cm Messlänge, so wird für jeden andern Stab

$$x \lambda_o + \Delta l_o = \Delta l_2 \text{ d. h. } x = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_o}{\lambda_o}$$

betragen, worin nach wie vor

$\Delta l_o$  die dem Stabe eigenthümliche lokale Déhnung,

$\lambda_o$  die dem Material entsprechende Bruchdehnung pro Längeneinheit bedeutet. Die auf die Länge  $x$  cm erhobene Déhnung nach Bruch  $\Delta x = \Delta l_2$  liefert sodann ein procentuales Déhnungsmass:

$$\lambda_x = \lambda_2 = \frac{\Delta x}{20} \cdot 100 = \frac{\Delta l_2}{20} \cdot 100 = 5 \cdot \Delta x.$$

Rationeller erscheint folgender Weg:

Bezeichnet:

$\Delta l_o$  bzw.  $\Delta l_o'$  die lokale Dehnung eines beliebigen bzw. des massgebenden Normal-Zerreissstabes;

$\lambda_o$  die Bruchdehnung des Materials pro Längeneinheit des Versuchsstabes, so wird dessen Dehnung nach Bruch ausgedrückt durch:

$$\Delta l = \Delta l_o + x \lambda_o \dots \dots \dots 5)$$

Da nun  $\Delta l$  bezüglich der Messlänge  $x$  cm das gleiche procentuale Dehnungsmass ergeben soll als die auf 20 cm Länge gemessene Verlängerung  $\Delta l_2$  des massgebenden Normalstabes, so ist:

$$\frac{\Delta l}{x} = \frac{\Delta l_2}{20} \text{ und weil überdies } \Delta l_2 = \Delta l_o' + 20 \lambda_o$$

beträgt, so erhält man:

$$\Delta l = \Delta l_o' \frac{x}{20} + x \lambda_o \dots \dots \dots 6)$$

Aus der Gleichsetzung der Gleichungen 5) und 6) ergibt sich schliesslich:

$$x = 20 \frac{\Delta l_o}{\Delta l_o'} \dots \dots \dots 7)$$

Unter zu Grundelegung vorstehender Formel und der massgebenden Normal-Zerreissstäbe

mit 2,0 cm Durchmesser für die Rundstäbe,

mit einem Querschnittsverhältniss  $b:c = 3$  f. d. Flachstäbe,

haben wir unsere Versuchsergebnisse berechnet und erhielten schliesslich folgende, auf ganze cm abgerundete Messlängen:

#### A. Rundstäbe.

Schaftstärke:	$d = 1,0$	1,5	2,0	2,5 cm.
Messlänge:	$x = 10$	16	20	25 cm.

#### B. Flachstäbe.

Querschn.-Verhältnisse $b:c =$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Messlänge . . . . . $x =$	10	12	15	18	20	20	20	21	23 cm.

Folgende Zusammenstellung gibt eine Uebersicht über die Art der Uebereinstimmungen der Dehnungsverhältnisse für die variablen Messlängen der Zerreissstäbe:





## Druckfehler-Verzeichniss.

- Auf Seite 31, 5. Zeile: statt „auf Seite 15“ ist zu setzen „auf Seite 23“.
- „ „ 33 u. 34, im Kopfe der Tabellen: statt „Verkürzungen“ ist zu setzen „Verlängerungen“.
- „ „ 37, 12. Zeile: statt „Seite 16“ ist zu setzen „Seite 26“.
- „ „ 43, 5. Zeile: „ „Seite 4“ „ „ „ „Seite 12“.
- „ „ 56, 4. Zeile: „ „Seite 52“ „ „ „ „Seite 60“.
- „ „ 151 u. 161 in den Columnen „beobachtete Richtung der Durchbiegung“ sind die *Winkel-Eisen* ( $\perp\perp$ ) um  $90^\circ$  zu drehen ( $\frac{\perp}{\perp}$ ).
- „ „ 295 in der Columne „Contraction ist das Mittel „ $0,16$ “ in „ $-0,16$ “ zu verändern.
- „ „ ist statt „Bezeichnet man *erstere*“ zu setzen „Bezeichnet man *letztere*“.
- „ „ 302 u. 303 ist statt „b:c“ zu setzen „b:s“.

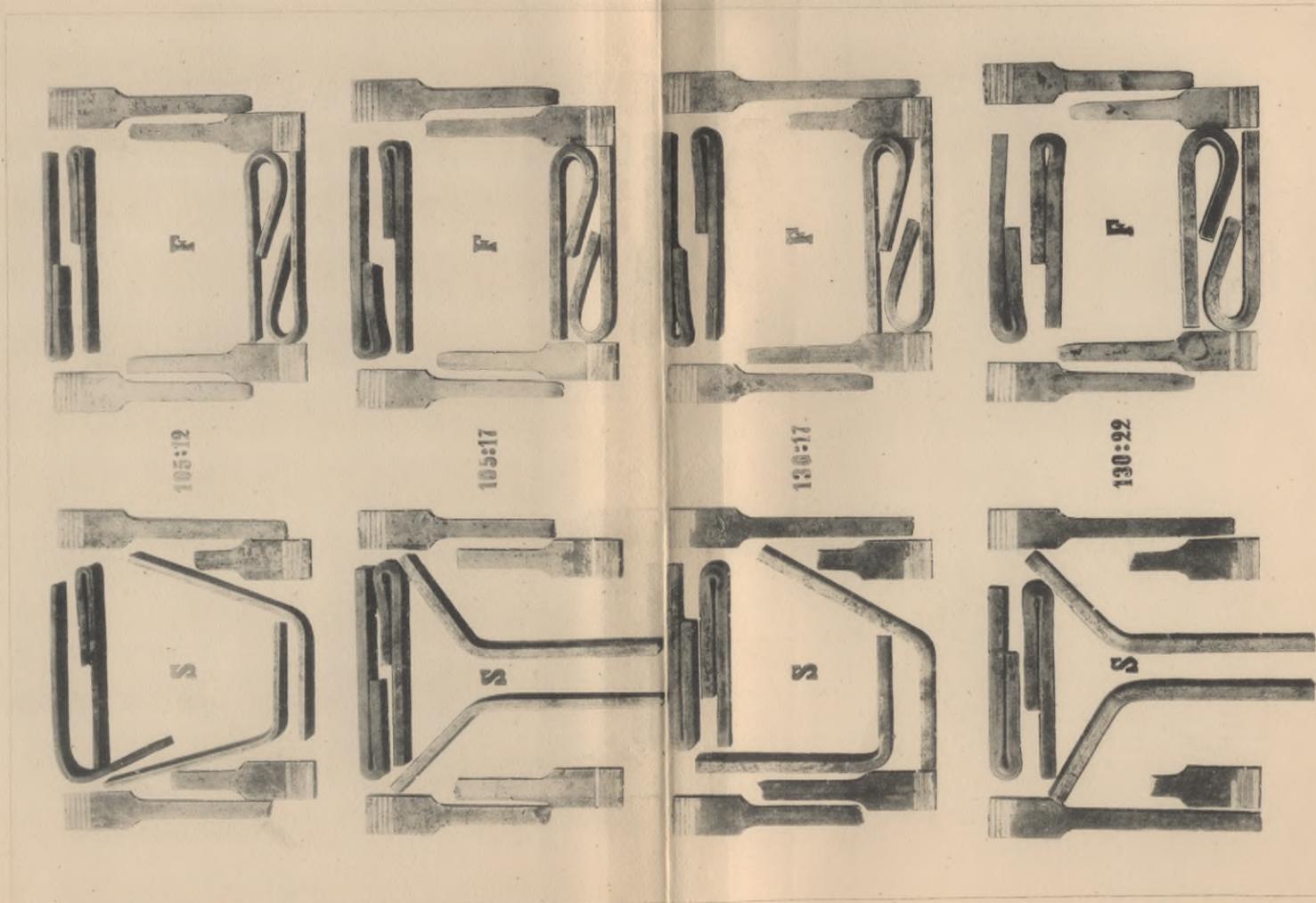




Darstellung einiger Zerreis-, Kalt- und Rothbruchproben.

Winkelisen, Material von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. I.



F = Flusseisen.

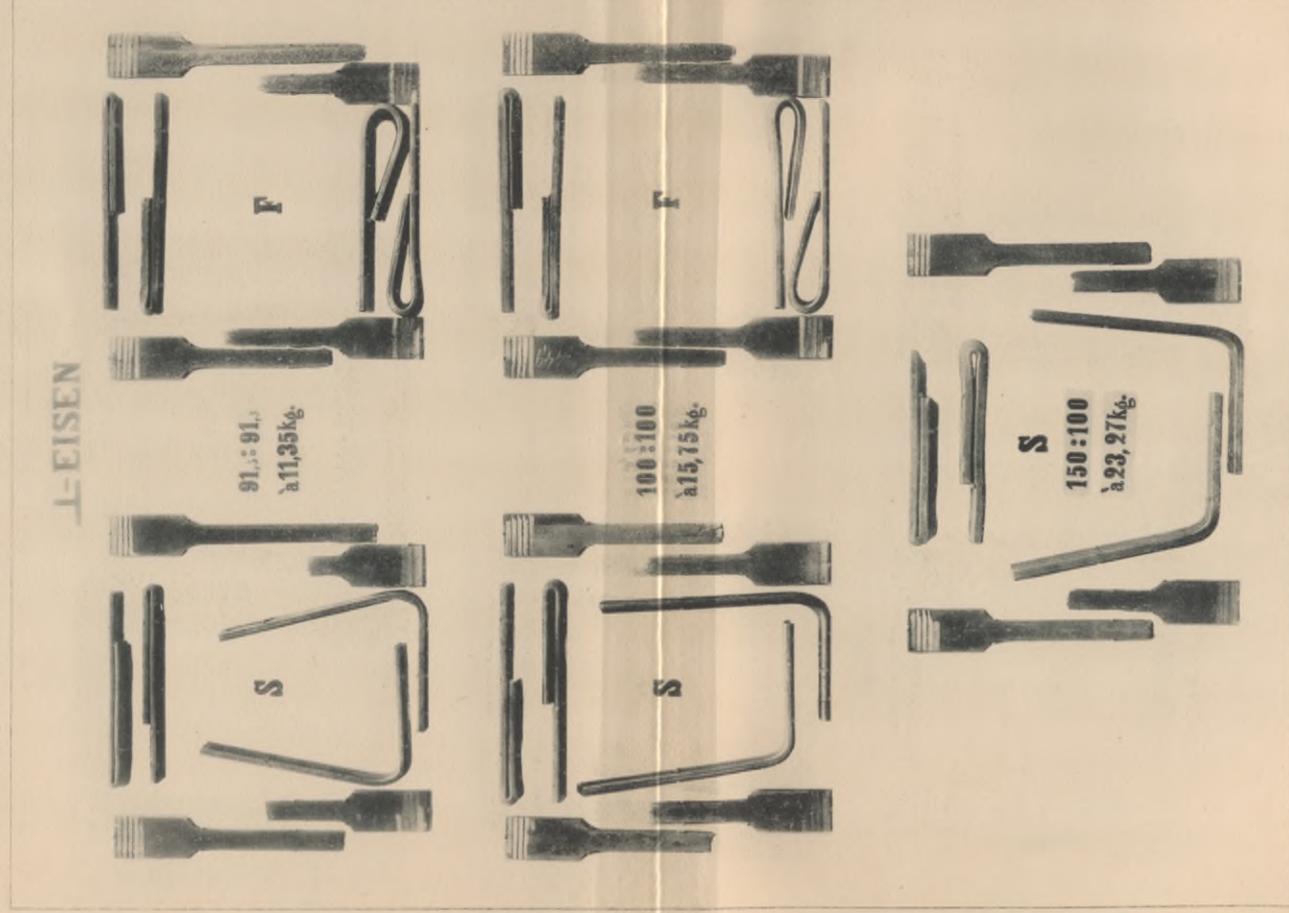
S = Schweisseisen.





Darstellung einiger Zerzeiss-, Kalt- & Rothbruchproben.

T-Eisen; Material von de Wendel & Comp., Hayange. Taf. II.



F = Flusseisen.

S = Schweisseisen.

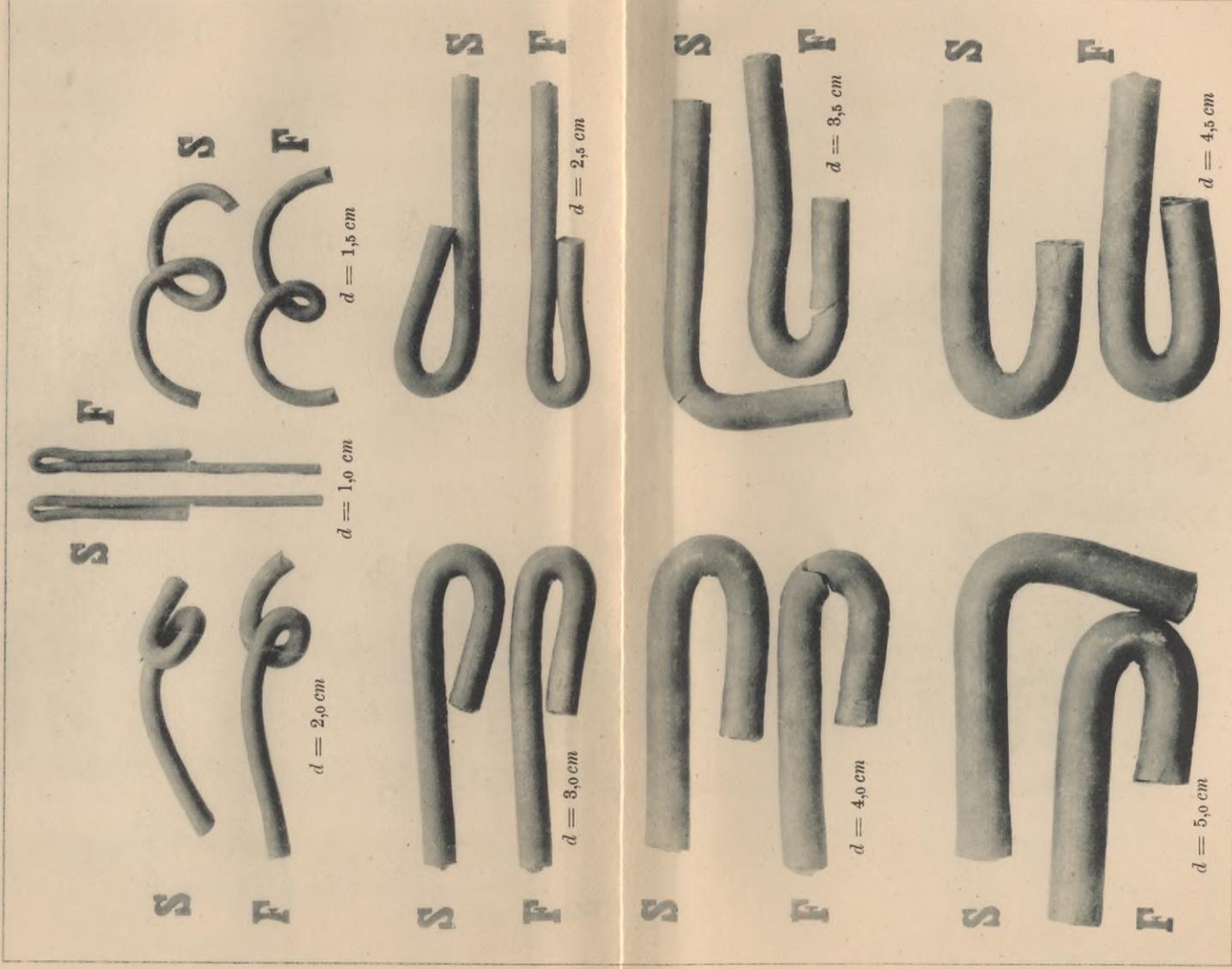




Darstellung einiger Kaltbruchproben.

Rundeisen; Material von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. III.



**F** = Flussweissen.

**S** = Schweisseisen.

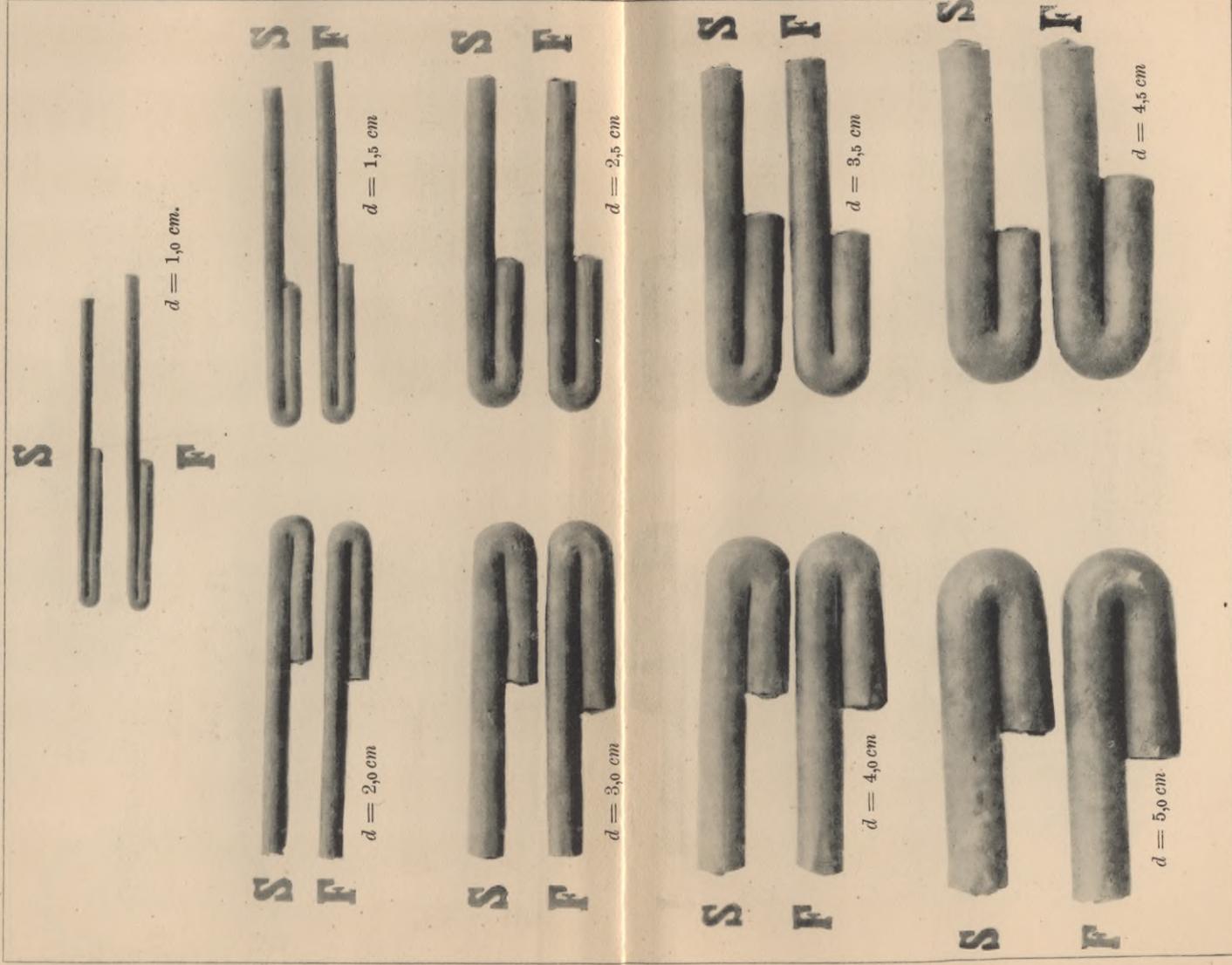




# Warmbruchproben.

Rundeisen von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. IV.



F = Flusseisen.

S = Schweisseisen.

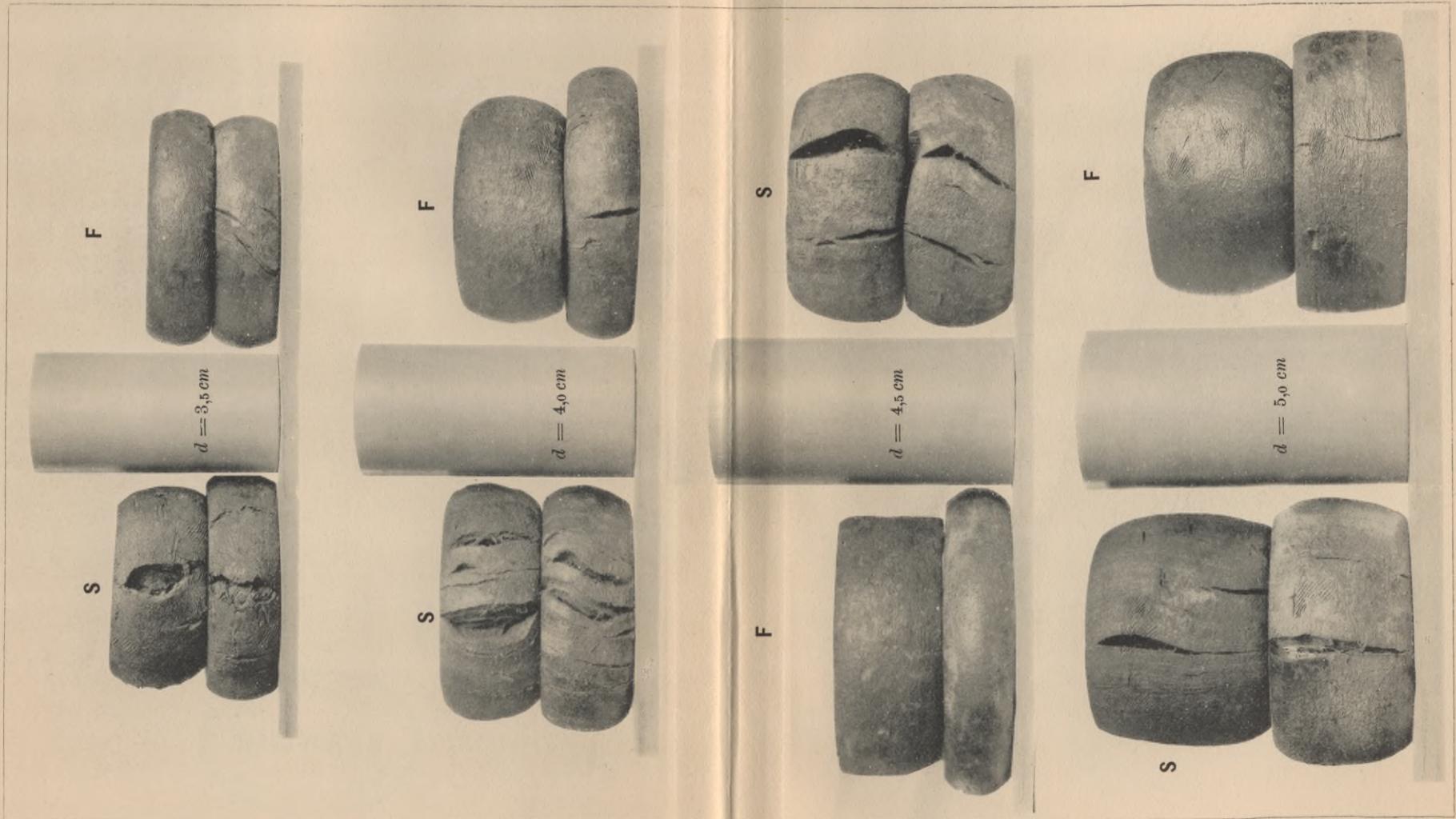




# Stauchproben

Rundeisen von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. V.



F = Flusseisen.

S = Schweisseisen.

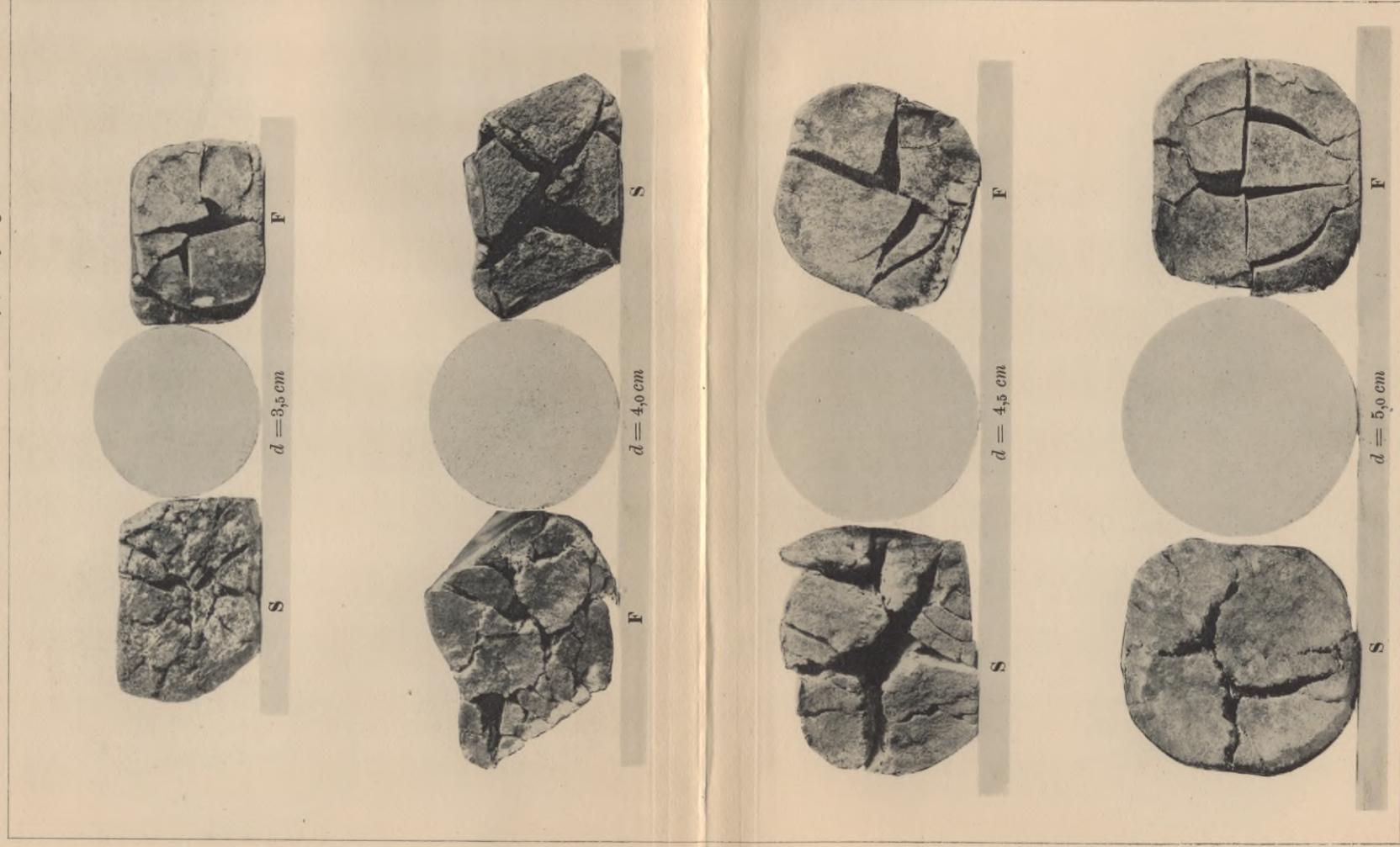




# Darstellung einiger Kaltschmiedeproben

Material von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. VI.

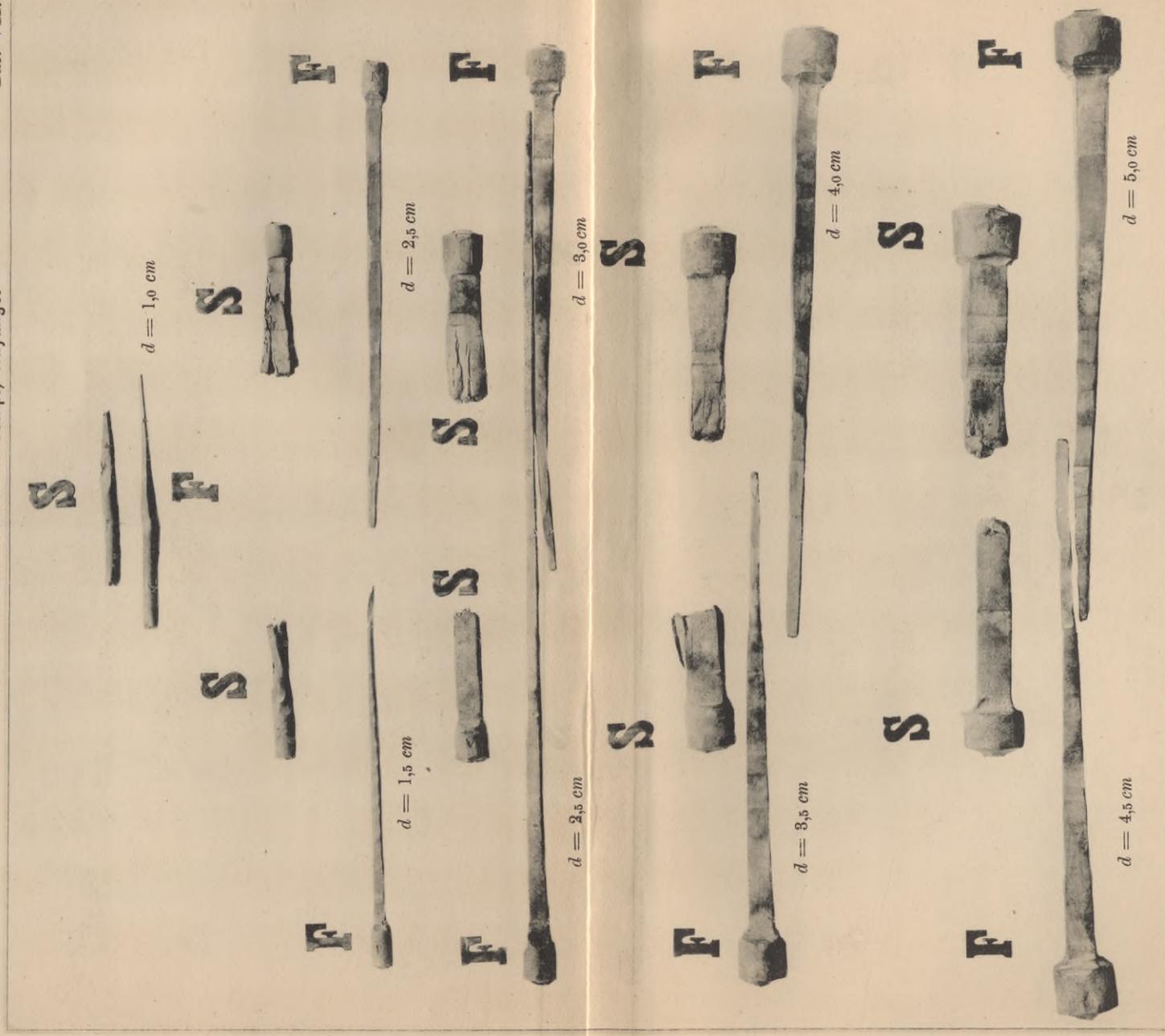






Warm Schmiedepfen.  
Rundeisen von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. VII.



F = Flusseisen. S = Schweisseisen.

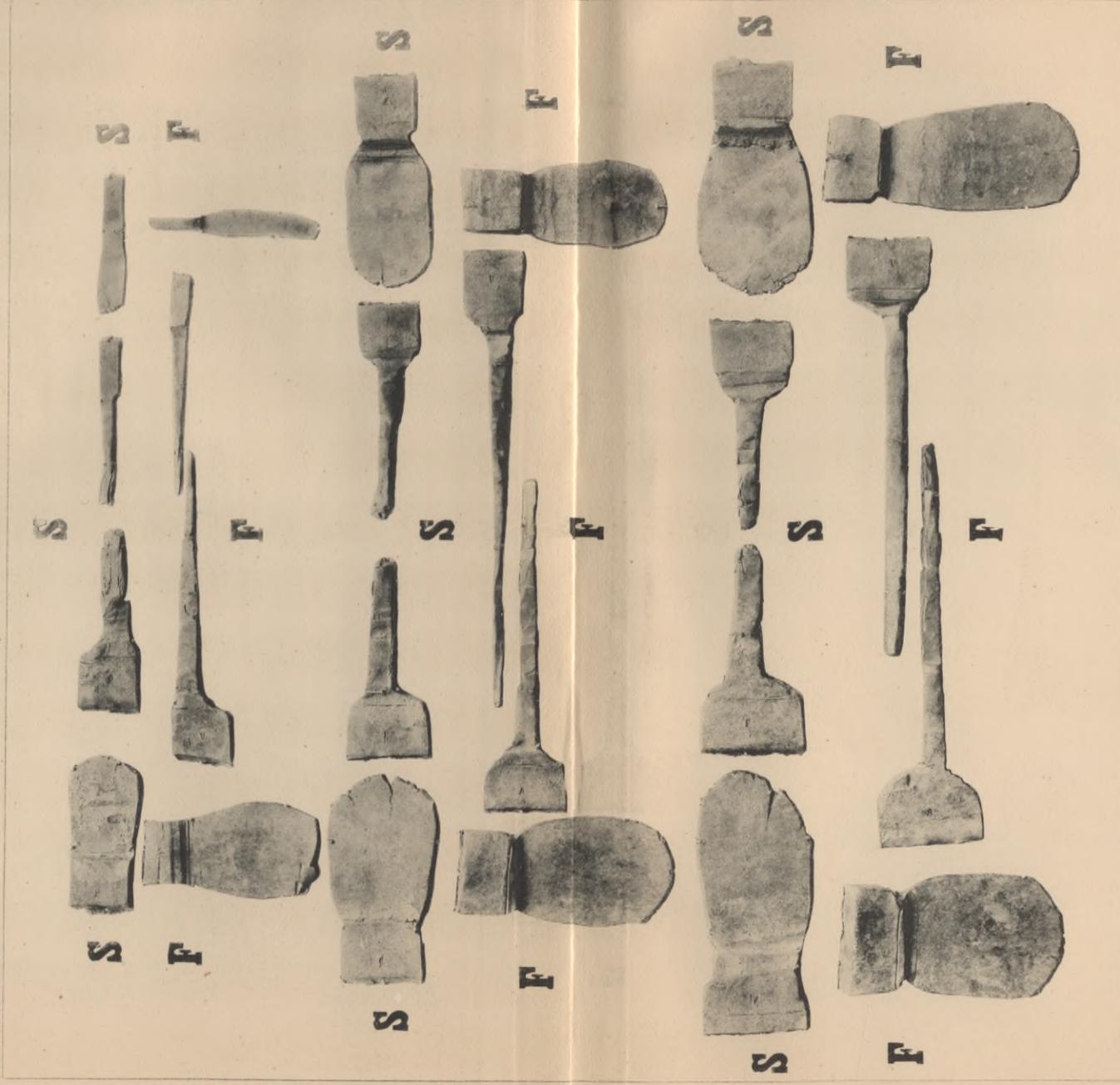




Warmausbreite- & Schmiedproben.

Stabeisen von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. VIII.



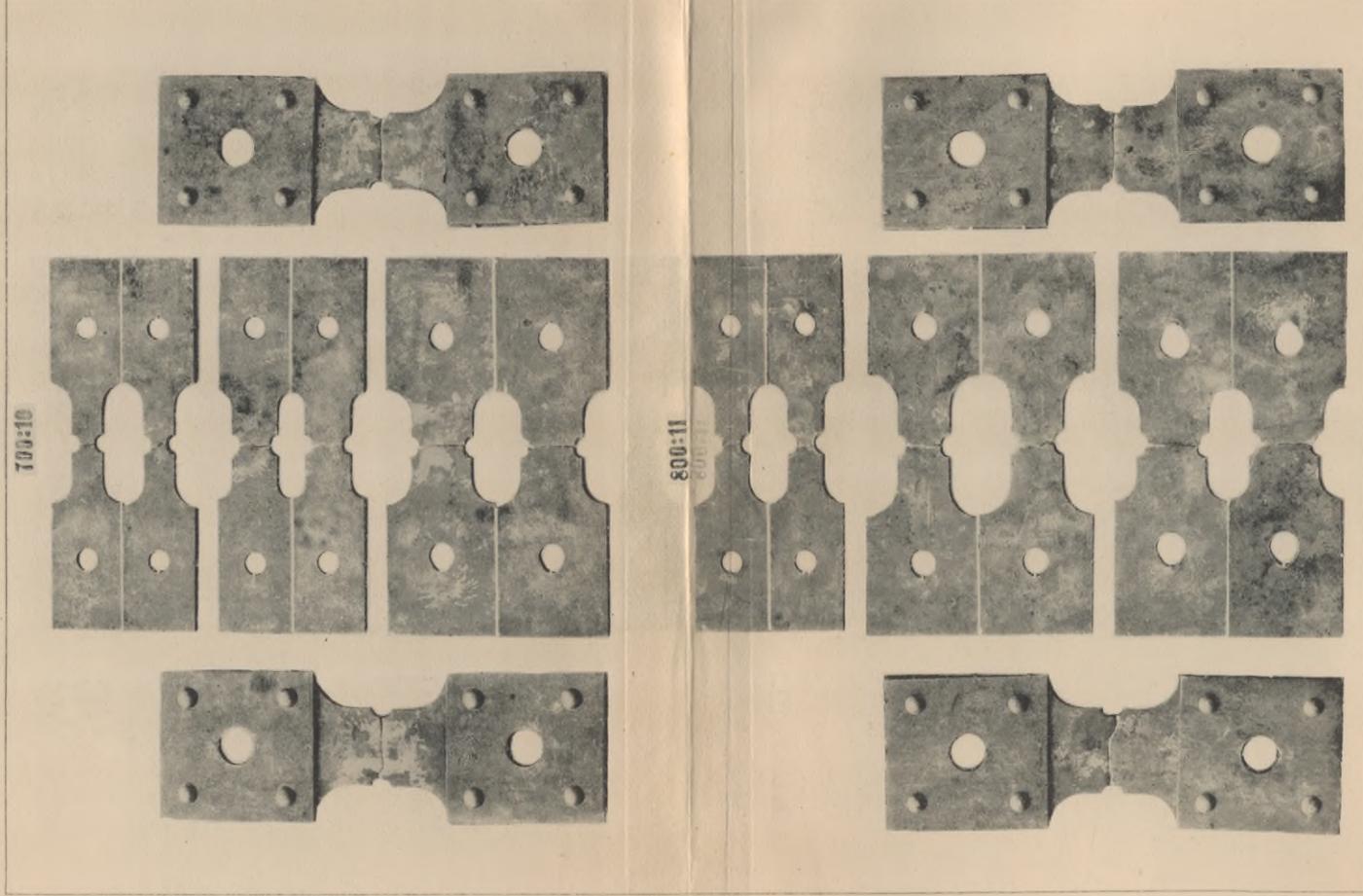
F = Flusseisen. S = Schweisseisen.





**Darstellung einiger Lochungsproben.**

Ausgeführt an Blechen von de Wendel & Comp., Hayange. Taf. IX.



Schweisseisen.



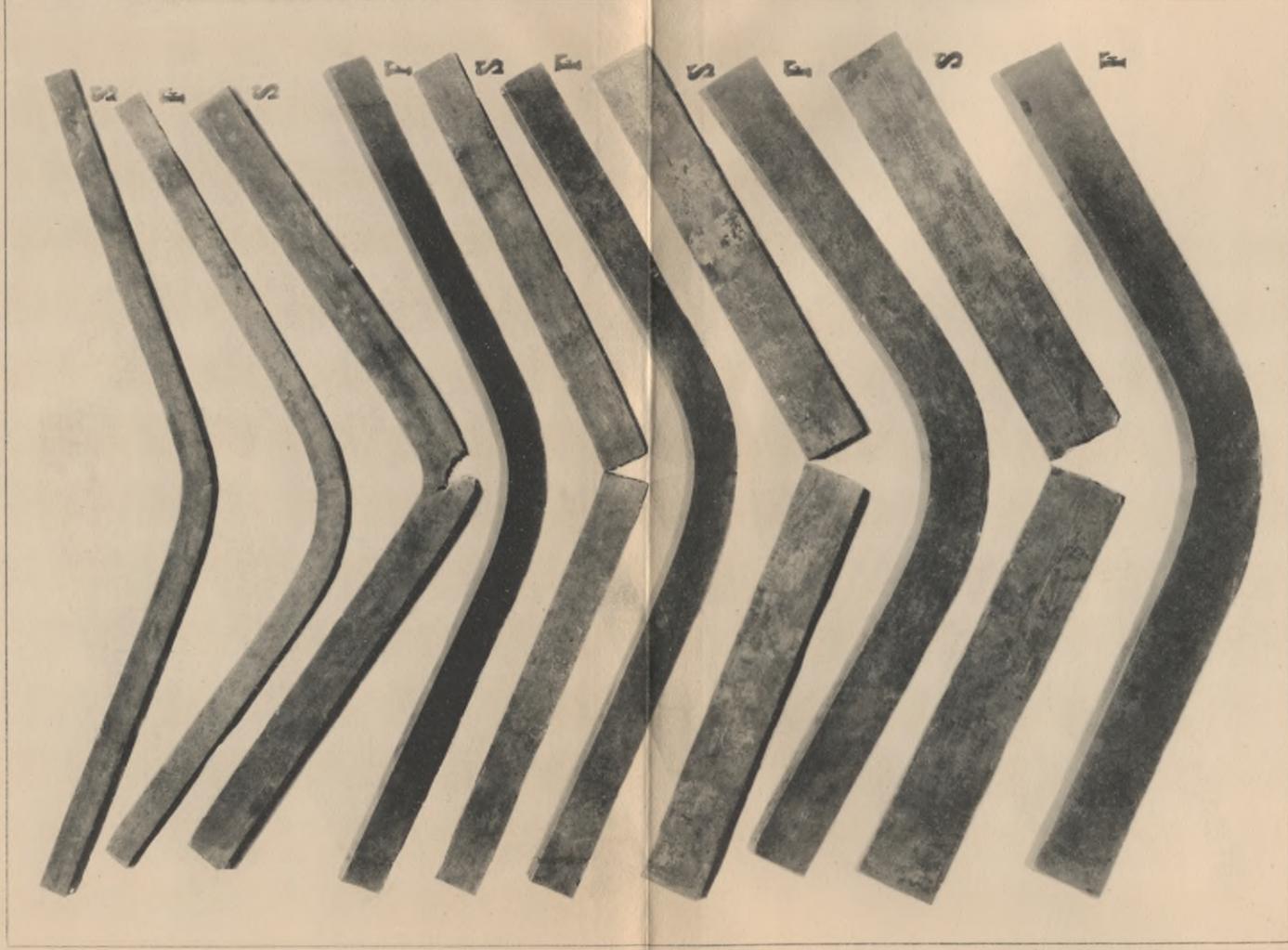


## Schlagproben

mit absichtlich beschädigten Stabeisenabschnitten.

Material von de Wendel & Comp., Hayange.

Taf. X.

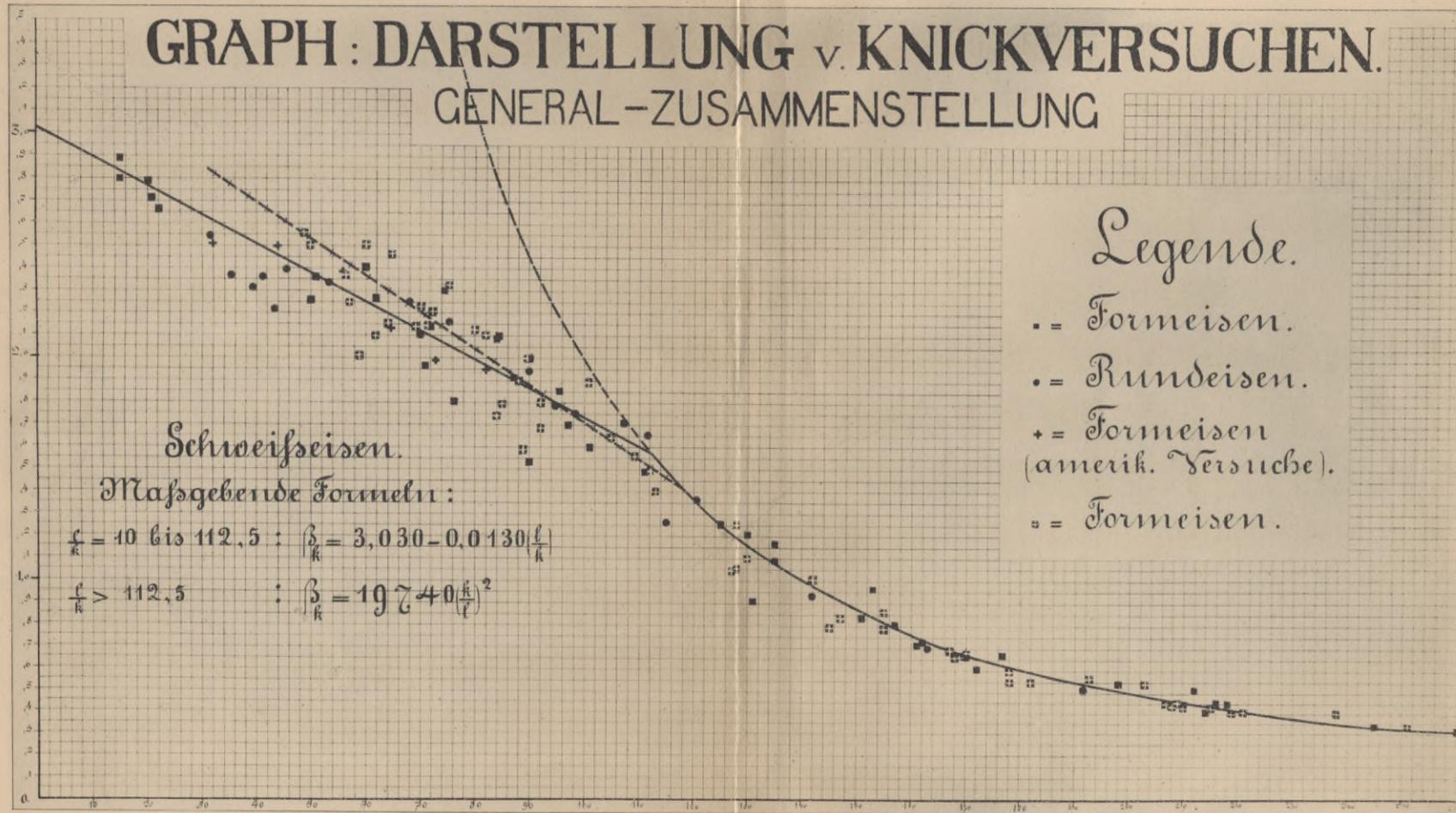


F = Flusseisen.

S = Schweißeisen.













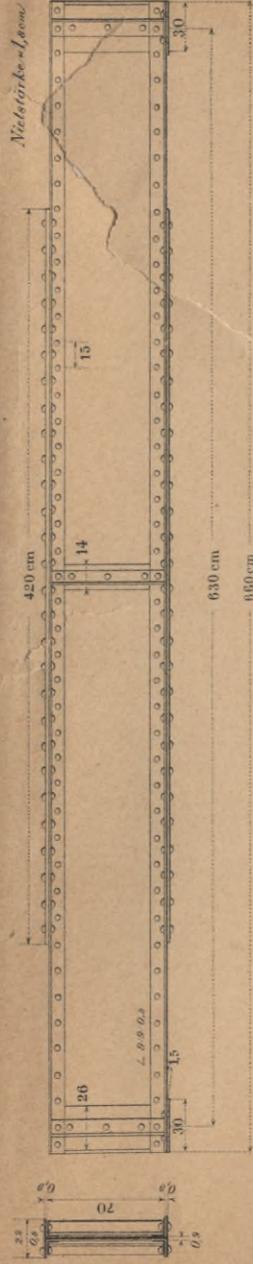
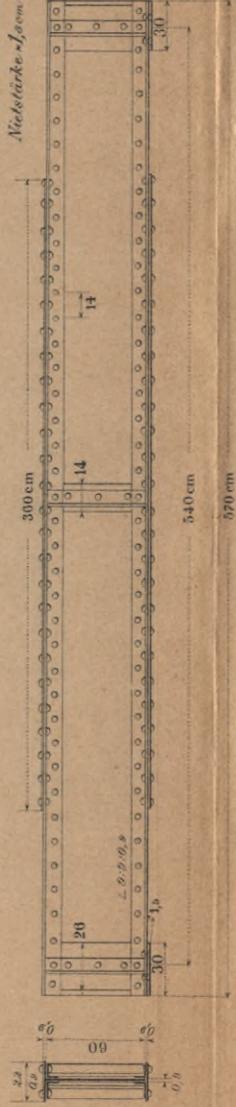
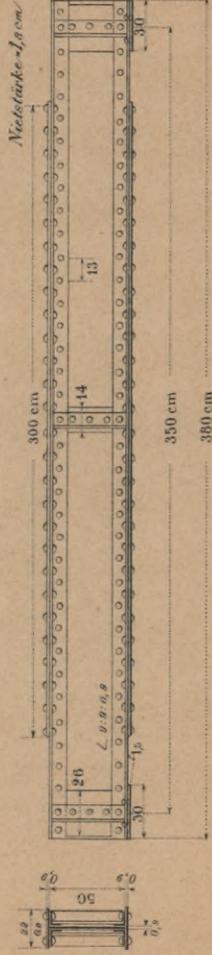
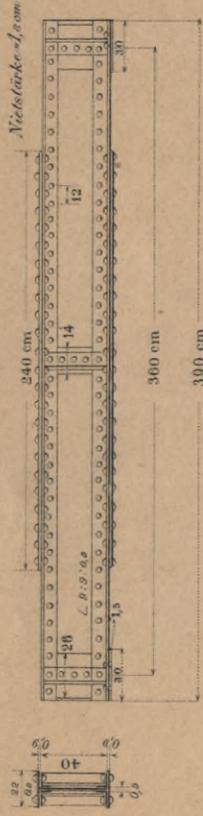




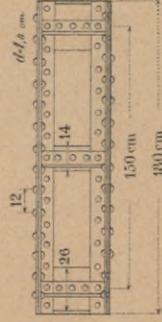
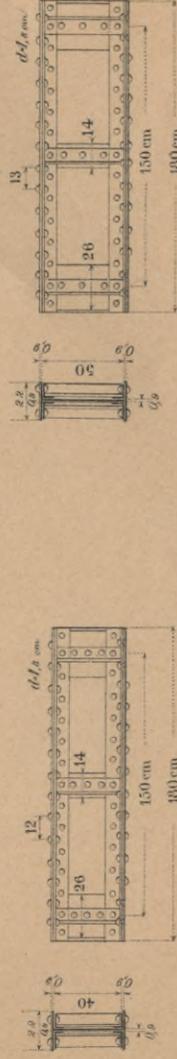
# DARSTELLUNG DER BLECHBALEN.

Taf. XII.

## Biegeproben.

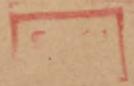


## Schlagproben.



Maßstab=1:40.

86-5



2000

POLITECHNIKA KRAKOWSKA  
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

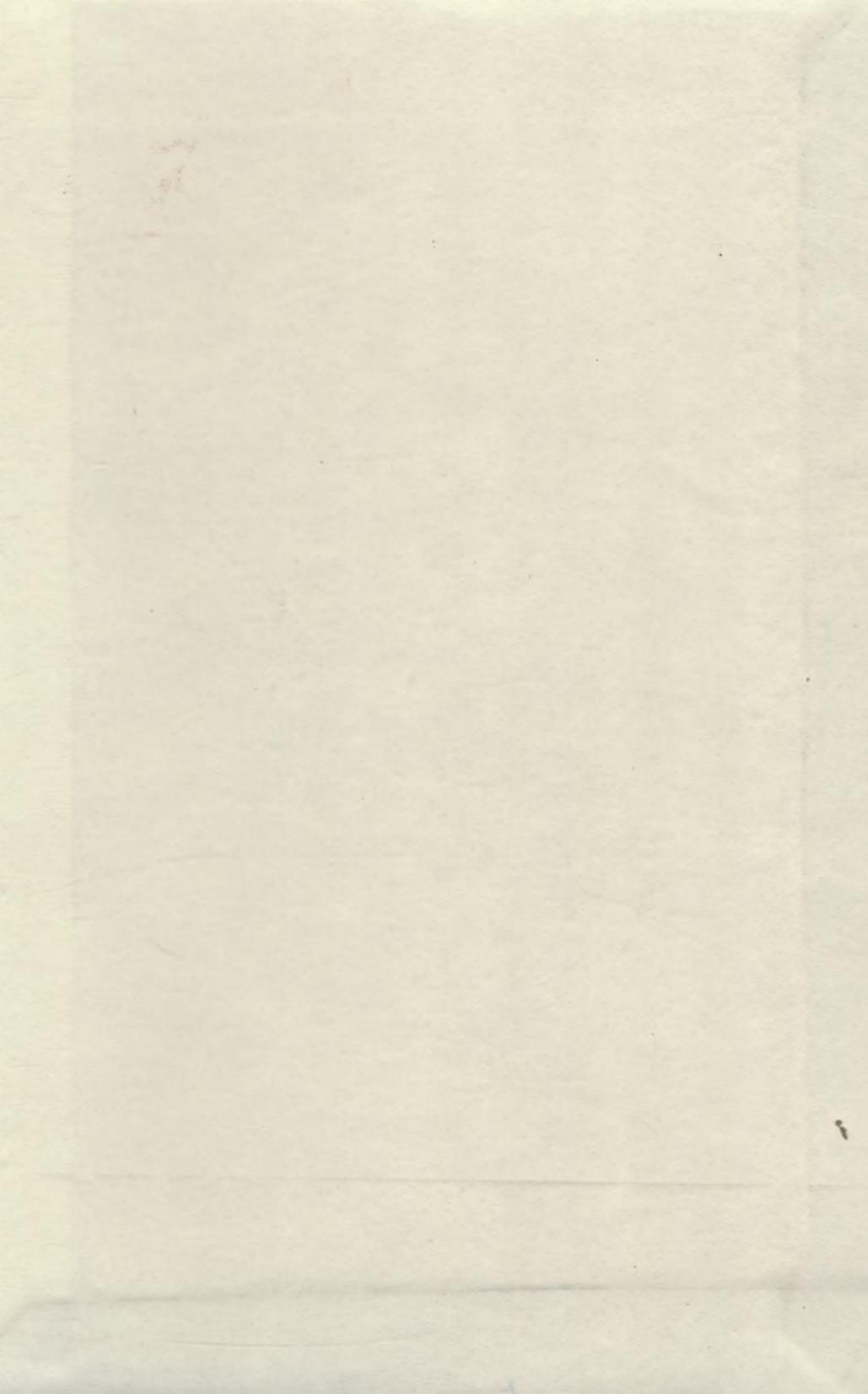
~~II 5212~~  
L. inw.

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294702



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-351664**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294702

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-351934**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315785

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-351935**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315786

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-351936**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315787