



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300713

- XXII. Heft: Verhandlungen der in Dresden (1866) und Berlin (1890) abgehaltenen Conferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktions-Materialien. — Nachruf von A. Martens. Mit 1 Portrait in Lichtdruck. VIII u. 164 S. Preis M. 12.—
- XXIII. Heft: Verhandlungen der in Wien im Jahre 1893 abgehaltenen Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktions-Materialien. Bearbeitet von Prof. H. Gollner und Prof. A. Martens. Mit einer Tafel in Steindruck. 111 S. Preis M. 9.—
- XXIV. Heft: Die Biegeelastizität der Steinbalken. Belastungsversuche an einem Tonnenflechtwerkdache. Versuche über die Ausschläge schnell umlaufender Wellen. Mit 16 Abbildungen im Text, 2 Lichtdr. und 3 lithographischen Tafeln. 56 S. Preis M. 12.—
- XXV. Heft: Dauerversuche von Bauschinger, ausgeführt in den Jahren 1886—1893. Prüfung der Werderschen Festigkeitsmaschine. Knickversuche mit Winkel-eisen. Härteversuche. Mit 13 Abbildungen im Text und 4 lithographirten Tafeln. 48 S. Preis M. 10.—
- XXVI. Heft: I. Festigkeit und Abnützbarkeit von Hartsteinen. — II. Festigkeitsversuche mit Eisenbahn-Wagen-Kuppelungen. — III. Ueber die Biegefestigkeit gekrümmter Stäbe. Mit 1 Abbildung im Text und 2 lithographischen Tafeln. 43 S. Preis M. 8.—
- XXVII. Heft: I. Abhängigkeit der Bruchgefahr von der Art des Spannungszustandes. — II. Prüfung einer gusseisernen Säule auf Ausknicken. — III. Das elastische Verhalten des Erdbodens. — IV. Probe-Belastung von Decken. Mit 6 Abbildungen im Text, 4 Stein- u. 2 Lichtdrucktafeln. 43 Seiten. 1900. Preis M. 12.—
- XXVIII. Heft: I. Versuche über Elastizität und Festigkeit von Gusseisen. — II. Ueber die Abhängigkeit der Härteziffer von der Grösse der Druckfläche und dem Krümmungshalbmesser. — III. Druckversuche mit Wasserkissen. Mit 14 Abbildungen im Text und 4 Steintafeln. 48 Seiten. 1902. Preis M. 10.—





# MITTHEILUNGEN

AUS DEM

# MECHANISCH-TECHNISCHEN LABORATORIUM

DER

**K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE MÜNCHEN.**

GEGRÜNDET VON J. BAUSCHINGER.

NEUE FOLGE.

HERAUSGEGEBEN VON

**AUGUST FÖPPL.**

DER GANZEN REIHE SECHSUNDZWANZIGSTES HEFT.

INHALT:

I. FESTIGKEIT UND ABNÜTZBARKEIT VON HARTSTEINEN. — II. FESTIGKEITSVERSUCHE MIT EISENBAHN-  
WAGEN-KUPPELUNGEN. — III. ÜBER DIE BIEGUNGSFESTIGKEIT GEKRÜMMTER STÄBE.

*F. Nr. 20 775*

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT UND 2 LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.



MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.

1898.

*7. 10.*  
*22.*

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315051



J.X.47/1898

# MITTHEILUNGEN

AUS DEM

# MECHANISCH-TECHNISCHEN LABORATORIUM

DER

## K. TECHNISCHEN HOCHSCHULE MÜNCHEN.

GEGRÜNDET VON J. BAUSCHINGER.

NEUE FOLGE.

HERAUSGEGEBEN VON

### AUGUST FÖPPL.

DER GANZEN REIHE SECHSUNDZWANZIGSTES HEFT.

INHALT:

I. FESTIGKEIT UND ABNÜTZBARKEIT VON HARTSTEINEN. — II. FESTIGKEITSVERSUCHE MIT EISENBAHNWAGEN-KUPPELUNGEN. — III. ÜBER DIE BIEGUNGSFESTIGKEIT GEKRÜMMTER STÄBE.

*F. Förstl 20 775*

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT UND 2 LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.



MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER.

1898.

*49.16 / 22*



## I. Festigkeit und Abnützbarkeit von Hartsteinen.

Seit der bis zum Ende des Jahres 1888 gehenden Veröffentlichung Bauschingers im 18. Hefte dieser „Mitteilungen“ über die Ergebnisse von Druck- und von Schleifversuchen, die im hiesigen Laboratorium mit Hartsteinwürfeln angestellt wurden, sind viele Versuche nach dem gleichen Verfahren, meist im Auftrage der Bruchbesitzer, öfters aber auch auf Veranlassung von Baubehörden u. s. w. durchgeführt worden. Auch die Ergebnisse dieser neueren Versuche dürften von allgemeinem Interesse sein, vor allem schon deshalb, weil die Ergebnisse eines Einzelversuchs erst durch den Vergleich mit den in sehr vielen anderen Fällen gefundenen Ziffern ihren Werth erhalten. Sehr häufig wird daher von den Auftraggebern nach Empfang des Prüfungszeugnisses der Wunsch geäußert, eine Uebersicht über die bei der Prüfung ähnlicher Gesteinsarten früher ermittelten Festigkeits- und Abnützbarkeitszahlen zu erlangen, und es ist hierbei schon öfters als misslich empfunden worden, dass eine derartige Zusammenstellung für die nach dem Jahre 1888 angestellten Versuche nicht zugänglich war.

Soweit es sich hierbei nur um die Druckfestigkeit handelt, kann zur Ergänzung allerdings auch das aus anderen Versuchsanstalten hervorgegangene reichhaltige Erfahrungsmaterial zu Rathe gezogen werden. Bei den Abnützbarkeitsversuchen ist dies aber anders. Abgesehen davon, dass Versuche dieser Art überhaupt nicht in so grosser Zahl ausgeführt oder wenigstens veröffentlicht wurden, als Druckversuche, hängen auch die Ergebnisse eines Schleifversuchs in hohem Grade von der Art der Bedienung der Schleifmaschine ab, so dass die an verschiedenen Orten erhaltenen Ziffern nicht ohne weiteres vergleichbar mit einander sind. Das von Bauschinger eingeführte Schleifverfahren setzt ein gut eingeschultes Personal voraus, das den als Schleifmittel dienenden Schmirgel immer genau in der gleichen Weise aufbringt und wieder

entfernt. Es ist daher bei der Ausführung solcher Versuche von Wichtigkeit, dass nicht nur immer dieselbe Maschine nach den gleichen Vorschriften verwendet wird, sondern dass sie auch von denselben Personen bedient wird. Bei den hier zu veröffentlichen Versuchen trifft dies zu. Sie wurden sämmtlich von Herrn Assistent Klebe mit Unterstützung des im April 1888 in den Dienst des Laboratoriums eingetretenen Laboratoriumdieners Gradel vorgenommen.

Um die Vergleichbarkeit der Versuche, die sich auf eine lange Reihe von Jahren erstrecken, nicht in Frage zu stellen, habe ich es auch streng vermieden, selbst irgend eine Aenderung in der Versuchsausführung zu veranlassen. Das Verfahren ist demnach genau so geblieben, wie es von Bauschinger im 11. Hefte der „Mitteilungen“ beschrieben wurde. Es wird daher genügen, wenn ich hier nur einige ganz summarische Angaben darüber mache. Gewöhnlich werden die Hartsteinwürfel, die dem Versuche unterworfen werden sollen, in einer Kantenlänge von 5 bis 6 cm mit der Diamantsäge aus dem Blocke herausgeschnitten; bei weicheren Steinen genügt auch eine möglichst genaue Bearbeitung mit den gewöhnlichen Steinmetzwerkzeugen. Die Würfel werden paarweise, jeder unter einem Drucke von 30 kg, in die Maschine eingespannt und nach je 10 Umläufen der Schleifscheibe werden 10 gr Naxos-Schmirgel Nr. 3 aufgegeben. Nach 100 Umläufen werden beide Steine mit einander vertauscht und nach 200 Umläufen werden sie aus der Maschine genommen und gewogen. Dann wird der Versuch noch zweimal in derselben Weise wiederholt, wobei jedesmal andere Flächen dem Abschleifen ausgesetzt werden. Das Mittel des Gewichtsverlustes für 200 Umdrehungen aus den drei Versuchen bildet das Mass für die Abnützbarkeit, vorausgesetzt, dass der Radius den von Bauschinger gewählten Normalwerth von 49 cm hatte. Im anderen Falle werden

die Gewichtsverluste nach der von Bauschinger empirisch festgestellten Umrechnungstabelle auf den Normalradius reduziert. Mit Hilfe des durch Ausmessen der Probestücke ermittelten spezifischen Gewichts wird der in dieser Weise bestimmte Schleifverlust auch noch dem Volumen nach angegeben.

Zur Controlle dafür, dass sich im Laufe der Jahre keine Aenderung in der Handhabung des Verfahrens eingestellt hat und auch zur Controlle des Schmirgels u. s. f. wird von Zeit zu Zeit ein Schleifversuch mit einem Steine angestellt, dessen Abnützbarkeit von früher her bekannt ist. Seit vielen Jahren wird dazu der Nabburger Granit verwendet, ein Stein, der sich von Anfang an durch gute Uebereinstimmung zwischen den aus verschiedenen Versuchen gewonnenen Ziffern ausgezeichnet hatte. Die betreffenden Normalsteine werden sorgfältig aufbewahrt, da es bei einem Neubezuge zweifelhaft wäre, ob die physikalischen Eigenschaften genau die gleichen geblieben wären.

Nach Beendigung des Schleifversuchs werden die Probestücke auf zwei gegenüber liegenden Seitenflächen mit einem Diamanten abgedreht und zwischen gusseisernen Platten, von denen eine um ein Kugelgelenk beweglich ist, zerdrückt.

In der Tabelle lasse ich die Versuche nach der Zeit der Prüfung aufeinander folgen. Eine Trennung nach Felsarten schien mir nicht angezeigt, namentlich deshalb, weil nicht in allen Fällen dafür gebürgt werden kann, dass das Gestein petrographisch richtig benannt wurde. Gewöhnlich wurden vielmehr die Bezeichnungen der Antragsteller ohne weitere Prüfung angenommen und nur wenn ein Zweifel an der Richtigkeit der Bezeichnung nahe lag, wurde zur näheren Bestimmung das Urtheil eines Mineralogen erbeten. Wenn eine solche fachmännische Begutachtung gerade nicht zu erlangen war, liess man es auch häufig bei der allgemeinen Bezeichnung als „Hartstein“ o. dgl. bewenden.

Die Angabe des Prüfungsjahres in der Zusammenstellung scheint mir von Wichtigkeit zu sein, nicht nur weil der Tod Bauschingers und der Uebergang des Laboratoriums an meine Leitung in die Versuchsperiode fällt, sondern namentlich weil auch die physikalischen Eigenschaften des Gesteins beim weiteren Abbau der Brüche zuweilen stark wechseln. In einem Falle trat dies besonders deutlich hervor: man erhielt ganz andere Festigkeits- und Abnützungswerthe als einige Jahre vorher, mit einem Materiale, das angeblich (und aller Wahrschein-

lichkeit nach auch thatsächlich) aus demselben Fundorte stammte. Für den Leiter eines Laboratoriums ist es immer peinlich, wenn zwei erheblich von einander abweichende Prüfungszeugnisse, die sich anscheinend auf dasselbe Material beziehen, einander gegenüber gestellt werden, weil dadurch der Verdacht geweckt wird, dass die Versuche nicht mit hinreichender Sorgfalt durchgeführt worden seien. Es war mir daher bei jenem aussergewöhnlichen Vorkommnisse sehr angenehm, dass sich schon aus den weit von einander abweichenden Werthen der spezifischen Gewichte, bei deren Ermittlung unmöglich ein Irrthum vorgekommen sein konnte, der zweifellose Nachweis dafür erbringen liess, dass die beiden unter der gleichen Bezeichnung eingelieferten Materialien in Wirklichkeit physikalisch durchaus von einander verschieden waren.

Nach dieser Erfahrung halte ich die Angabe des Prüfungsjahres, die wohl so ziemlich in allen Fällen mit der Gewinnungszeit zusammenfallen dürfte und die Angabe des spezifischen Gewichtes für eine durchaus nothwendige Ergänzung zur Kennzeichnung des Gesteins neben der Angabe des Fundortes. Ausserdem kann auch das spezifische Gewicht von jedermann mit den einfachsten Hilfsmitteln ermittelt werden und ich möchte daher den Baubeamten und sonstigen Interessenten, die auf Grund eines Laboratoriums-Zeugnisses ein Steinmaterial verwenden wollen, dringend empfehlen, ab und zu einen Wägungsversuch mit den angelieferten Steinen anstellen zu lassen, um sich davon zu überzeugen, ob das spezifische Gewicht mit der Angabe im Zeugnisse übereinstimmt. Als Regel darf dabei angesehen werden, dass ein höheres spezifisches Gewicht mit einer grösseren Festigkeit zusammenfällt, falls die Steine in der That aus demselben Bruche stammen. Bei Steinen von verschiedener Herkunft gilt dies natürlich durchaus nicht und auch sonst können, wie ausdrücklich bemerkt werden möge, gelegentlich Ausnahmen von dieser Regel vorkommen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass auch öfters Sandsteine, die nicht als Hartsteine betrachtet werden können, auf Abnützbarkeit geprüft und in die Tabelle aufgenommen wurden. Die Schleifversuche mit künstlichen Steinen, Trottoirplatten u. dgl. habe ich dagegen nicht in die Tabelle aufgenommen; diese sollen bei einer späteren Gelegenheit veröffentlicht werden.

Nach diesen Vorbemerkungen wird die nachfolgende Tabelle ohne weiteres verständlich sein.

Tabelle.

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnutzung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr.	Desgl. umgerechnet auf Volumen ccn		
3609	1889 Februar	6 Granitwürfel vom Bruch oberer Abendberg, Granitwerk Zeitlhof, Gotteszell; feinkörnig	a	2,61	49	13,1	5,0	1820	—
			b	2,61	„	14,1	5,4	1830	—
			c	2,62	„	12,8	4,9	1790	—
			d	2,61	„	13,6	5,2	2005	—
			e	2,60	„	12,7	4,9	1990	—
			f	2,61	„	13,0	5,0	2000	—
3610	1889 Februar	6 dgl. vom mittleren Abendberg; grobkörnig	a	2,64	49	11,1	4,2	1460	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,645	„	11,7	4,4	1470	„ „
			c	2,63	„	11,9	4,5	1310	„ „
			d	2,67	„	11,9	4,5	1590	„ „
			e	2,64	„	13,4	5,1	1580	„ „
			f	2,64	„	12,4	4,7	1495	„ „
3634	1889 März	2 Basaltwürfel aus Bischoffsheim	a	3,01	49	10,2	3,4	3030	Gleichmässiger Bruch.
			b	3,01	„	10,7	3,5	3230	„ „
3628	1889 März	4 Dioritwürfel von dunkler braunrother Farbe, einges. vom Bauamt Landau	a	2,695	45	11,7	4,3	2600	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,70	„	10,6	3,9	2440	Adriges Stück.
			c	2,68	„	11,5	4,3	2220	Sehr adriges Stück.
			d	2,70	„	11,4	4,2	2680	Einige Adern enthaltend.
3627	1889 März	4 Würfel aus rothem Granit, eingesendet vom Bauamt Landau	a	2,62	45	8,7	3,3	1950	Adrig. Durchgang von Einfluss.
			b	2,63	„	8,6	3,3	2100	Gleichmässiger Bruch.
			c	2,64	„	8,3	3,1	2280	„ „
			d	2,65	„	8,0	3,0	2030	„ „
3637	1889 März	1 Granitwürfel aus Deggendorf		2,625	45	10,1	3,8	1385	Gleichmässig zerdrückt.
3638	1889 März	1 Granitwürfel aus Egg		2,64	45	12,5	4,7	1660	Gleichmässig zerdrückt.
3670	1889 April	4 Granitwürfel aus Deggendorf, die ersten beiden von hellerer, die letzten von dunklerer Sorte	a	2,59	45	10,7	4,1	1500	Gleichmässig zerdrückt.
b			2,585	„	11,7	4,5	1665	„ „	
3671			a	2,58	„	11,7	4,5	1630	„ „
	b	2,59	„	11,2	4,3	1645	„ „		
3734	1889 August	7 Granitwürfel von Blaubeurg, Gregnitzbruch	a	2,64	45	14,5	5,5	1270	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,67	„	14,1	5,3	1420	„ „
			c	2,68	„	14,0	5,2	1290	„ „
			d	2,62	„	13,8	5,3	1230	„ „
			e	2,62	„	14,2	5,4	1245	„ „
			f	2,63	„	13,8	5,2	1180	„ „
			g	2,66	„	14,4	5,4	1270	„ „
3735	1889 August	7 dgl., Kössinebruch bei Nemorg im Fichtelgebirge	a	2,64	45	12,5	4,7	1320	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,645	„	11,8	4,5	1460	„ „
			c	2,605	„	11,5	4,4	1230	„ „
			d	2,65	„	11,9	4,5	1200	„ „
			e	2,645	„	12,0	4,5	1540	„ „
			f	2,63	„	12,5	4,75	1330	„ „
			g	2,63	„	13,2	5,0	1260	„ „
3758	1889 Sept.	6 Hartsteinwürfel vom Grinten, Bruch Bürzberg im Allgäu	a	2,695	45	24,9	9,2	2030	Von dunkler Farbe mit Stich ins Grüne.
			b	2,72	„	28,8	10,6	2030	Dunkelgrau.
			c	2,73	„	25,7	9,4	1950	Etwas einseitig; ungleichmässig.
			d	2,72	„	26,1	9,6	2170	—
			e	2,68	„	28,3	10,6	1480	Mit weissen Adern durchzogen, Bruch etwas einseitig, nach einer unverbundenen Schichte zu.
			f	2,73	„	27,9	10,2	1810	Mit weissen Adern durchzogen Bruch gleichmässig.

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bzw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr.	Desgl. umgerechnet auf Volumen cm		
3871	1890 März	6 Kohlensandsteinwürfel von Essena/Ruhr.	a	2,525	49	8,7	3,4	1050	⊥ Lager; bläulich.
			b	2,52	"	11,7	4,6	1195	⊥ Lager; z. Th. gelb, z. Th. bläulich.
			c	2,54	"	12,9	5,1	1025	⊥ Lager; grösstentheils bläul.
			d	2,48	"	10,0	4,0	910	Lager; gelb.
			e	2,535	"	12,3	4,8	1100	" "
			f	2,53	"	12,7	5,0	1090	" "
3857	1890 April	6 Würfel aus grau-weissem Murgthal-Sandstein von Lichtenthal in Baden; ziemlich feinkörnig	a	2,21	49	44,9	20,3	Von	Die Druckfestigkeit wurde nicht an den geschliffenen Würfeln, sondern an 6 andern derselben Sorte ermittelt.
			b	2,20	"	46,3	21,0	648	
			c	2,34	"	49,4	21,1	bis	
			d	2,38	"	46,2	19,4	741	
			e	2,20	"	43,7	19,9		
			f	2,37	"	44,6	18,8		
3890	1890 April	6 Würfel aus grauem Granit, eingeliefert vom Stadtbauamte München	a	2,67	49	9,3	3,5	1740	—
			b	2,67	"	9,7	3,6	1760	—
			c	2,66	"	10,2	3,8	1810	—
			d	2,68	"	10,5	3,9	1720	—
			e	2,655	"	9,5	3,6	1735	—
			f	2,67	"	9,3	3,5	1720	—
3891	1890 April	6 Granitwürfel von Vilshofen	a	2,66	49	7,8	2,9	1735	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,66	"	8,1	3,0	1860	" "
			c	2,67	"	7,4	2,8	1715	" "
			d	2,68	"	7,1	2,6	1740	" "
			e	2,66	"	8,3	3,1	1730	" "
			f	2,65	"	7,3	2,7	1745	" "
3892	1890 April	6 Granitwürfel von Neuhaus a. Inn	a	2,695	49	8,0	3,0	1780	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,70	"	8,7	3,2	1750	Gleichmässig; sehr zersplittert.
			c	2,695	"	8,2	3,0	1835	Gleichmässig zerdrückt.
			d	2,70	"	8,0	3,0	1770	" "
			e	2,71	"	8,7	3,2	1740	" "
			f	2,70	"	8,3	3,1	1810	" "
3893	1890 April	6 Porphyr-Würfel aus Branzoll, Südtirol	a	2,61	49	8,0	3,1	2360	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,60	"	7,7	3,0	2220	Enthält einen unverbund. Durchgang.
			c	2,585	"	7,1	2,7	2260	Gleichmässig zerdrückt.
			d	2,60	"	7,3	2,8	2325	" "
			e	2,61	"	7,3	2,8	2275	" "
			f	2,575	"	7,0	2,7	2240	" "
3899	1890 Mai	6 Würfel aus hellem Granit von Kittlmühl bei Passau	a	2,60	49	11,6	4,5	1790	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,58	"	10,8	4,2	1750	" "
			c	2,585	"	10,8	4,2	1720	" "
			d	2,56	"	11,7	4,6	1840	" "
			e	2,61	"	11,0	4,2	1710	" "
			f	2,59	"	10,9	4,2	1795	" "
3984	1890 Juli	4 Sandsteinwürfel vom Steinbruch Buchhorn, Amt Weinsberg bei Heilbronn, Farbe: gelb.	a	2,03	55	88,6	43,6	298	⊥ zum Lager zerdrückt.
			b	2,00	"	96,9	48,4	294	⊥ " " "
			c	1,98	"	94,4	47,7	278	" " "
			d	2,01	"	89,6	44,6	275	" " "
In der Abnützung parallel oder ⊥ Lager ist kein merkbarer Unterschied.									
3985	1890 Juli	4 Sandsteinwürfel vom Rossberg bei Gross-Heubach im Mainthal; Farbe roth.	a	2,16	55	63,1	29,2	619	⊥ zum Lager zerdrückt.
			b	2,20	"	64,3	29,2	641	⊥ " " "
			c	2,24	"	58,8	26,25	640	" " "
			d	2,24	"	62,5	27,5	675	" " "
In der Abnützung    oder ⊥ Lager ist kein merkbarer Unterschied.									

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bez. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduc. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr.	Desgl. umgerechnet auf Volumen ccm		
3999	1890 Sept.	4 Würfel aus grünem Sandstein von Gebr. Henneh, Reistenhausen, Bruch Ullstadt in Mittelfranken	a	2,17	55	44,1	20,3	Von	Zwischen der Abnützung    u. ⊥ Lager ist kein merkbarer Unterschied.
			b	2,10	"	54,9	26,1	324	
			c	2,16	"	49,5	22,9	bis	
			d	2,15	"	45,7	21,3	426	
4000 bis 4002	1890 Sept.	3 Hartsteinsorten zu je 2 Würfeln, eingesendet von der Kreisbauinspektion Molsheim i. Elsass. — 4000 a und b Quarzsandstein von Hauss, 4001 a u. b Grauwacke von Schirmeck Sandstein aus dem Bruch oberhalb Champenay	a	2,35	55	8,5	3,62	1415	Normale Bruchformen.
			b	2,43	"	7,6	3,13	1400	
			a	2,55	"	12,8	5,02	1895	
			b	2,61	"	13,1	5,02	1850	
			a	2,29	"	20,1	8,8	660	
			b	2,30	"	19,1	8,3	660	
4008	1890 Oktober	6 Granitwürfel aus dem Bruche Röthenbach, Station Reuth bei Erbdorf	a	2,71	55	11,4	4,2	1680	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,75	"	11,8	4,3	1670	
			c	2,73	"	11,4	4,2	1370	
			d	2,70	"	12,0	4,4	1600	
			e	2,72	"	10,8	4,0	1745	
			f	2,74	"	11,4	4,2	1660	
	1890 Oktober	4 Würfel aus rothem Sandstein, Steinbruch Ebenhaid im Mainthal	a	—	55	53,9	—	—	Spezifisches Gewicht und Druckfestigkeit wurde für dieses Material nicht ermittelt.
			b	—	"	54,1	—	—	
			c	—	"	48,2	—	—	
	1890 Oktober	4 Würfel aus rothem Sandstein von Wertheim im Mainthal	a	—	55	49,6	—	—	" "
			b	—	"	50,6	—	—	
			c	—	"	44,3	—	—	
d			—	"	45,6	—	—		
1890 Oktober	4 Würfel aus rothem Sandstein aus dem Bruch Rauenberg des Steinbruchbesitzers Henneh in Reistenhausen	a	—	55	34,8	—	—	" "	
		b	—	"	37,5	—	—		
		c	—	"	38,8	—	—		
		d	—	"	39,5	—	—		
1890 Oktober	4 Würfel aus rothem Sandstein aus dem Bruch Bestenhaid des vorigen Besitzers	a	—	55	35,8	—	—	" "	
		b	—	"	39,7	—	—		
		c	—	"	33,4	—	—		
		d	—	"	32,7	—	—		
4029	1890 Nov.	3 Hartsteinwürfel aus dem Steinbruch Wackenbach	a	2,68	55	6,7	2,5	1380	Grünlich gefärbt. Von röthlicher Farbe. Farbe zwischen beiden vorigen.
			b	2,66	"	6,7	2,5	1340	
			c	2,695	"	6,8	2,5	1320	
4032	1890 Dez.	3 Würfel aus Grauwacke von Molsheim aus dem Steinbruch Schirmeck Wackenbach längs der Strasse	I	2,67	55	6,5	2,4	1580	Sämmtliche Probestücke von feinen Adern durchzogen, durch welche die Druckfestigkeit beeinflusst sein kann.
			II	2,67	"	6,4	2,4	1690	
			III	2,655	"	7,3	2,7	1890	
4033	1890 Dez.	2 Würfel aus dem gleichen Gestein und aus demselben Bruch von der Nordseite des Bruches	IV	2,665	"	7,8	2,9	1890	Druckfestigkeit beeinflusst sein kann.
			V	2,66	"	8,2	3,1	1810	
4093	1891 Februar	6 Würfel aus Basalt aus dem Bruch Bobenhausen in Oberhessen	a	3,06	49	7,9	2,6	2815	Nicht vollständig zerdrückt, aber dem Bruch sehr nahe. Gleichmässig zerdrückt. Wie bei Exemplar a. Gleichmässig zerdrückt.
			b	3,05	"	7,8	2,6	2910	
			c	3,07	"	7,5	2,4	2960	
			d	3,07	"	8,1	2,6	3000	
			e	3,08	"	7,8	2,5	2890	
			f	3,07	"	8,5	2,8	2800	
4122	1891 April	6 Würfel aus Granit von Stamsried, geliefert von Gebr. Hack & Dorner in Nürnberg und Stamsried	a	2,72	45	9,6	3,5	1960	Gleichmässig zerdrückt. Enthält grosse Quarzstücke.
			b	2,74	"	8,9	3,2	2000	
			c	2,73	"	9,7	3,5	1810	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr.	Desgl. umge- rechnet auf Vo- lumen cem		
4122	1891 April	6 Würfel aus Granit von Stamsried, ge- liefert von Gebr. Hack & Dorner in Nürnberg und Stamsried.	d	2,74	45	10,4	3,8	2190	Wie der vorige. Ebenso wie der vorige. " "
			e	2,74	"	8,2	3,0	1960	
			f	2,75	"	8,4	3,0	1910	
4147	1891 Mai	6 Würfel aus Trachit von Heusenstamm	a	2,42	45	18,7	7,7	1690	Gleichmässig zerdrückt. " " " " " " " " " "
			b	2,42	"	18,6	7,7	1780	
			c	2,425	"	17,3	7,1	1930	
			d	2,40	"	18,6	7,7	1800	
			e	2,425	"	18,6	7,7	1620	
			f	2,35	"	17,8	7,6	1690	
4156	1891 Mai	6 Würfel aus Hartstein von Meissen- heim a/Gl. Melaphyr aus dem Gemeindebruch Lauteracker (Pfalz)	a	2,60	45	17,7	6,8	1880	Gleichmässig zerdrückt. " " " " " " " " " "
			b	—	"	19,4	—	1880	
			c	2,61	"	17,3	6,6	1820	
			d	2,61	"	18,3	7,0	1730	
			e	2,62	"	18,0	6,9	1800	
			f	—	"	16,7	—	1620	
4170	1891 Juli	6 Würfel aus blauem Granit von Teisnach, Sorte I	a	2,69	45	10,7	4,0	2150	Gleichmässig zerdrückt. " " " " " " " " " " " "
			b	2,68	"	10,5	3,9	2450	
			c	2,69	"	10,3	3,8	2070	
			d	2,69	"	10,0	3,7	2000	
			e	2,68	"	10,5	3,9	2080	
			f	2,72	"	10,6	3,9	2240	
			Mittel	..	2,69	10,4	3,9	2165	
4171	1891 Juli	6 Würfel aus blauem Granit von Teisnach, Sorte II	a	2,68	45	11,1	4,1	1950	Gleichmässig zerdrückt. " " " " " " " " " " " "
			b	2,70	"	11,3	4,2	1860	
			c	2,69	"	12,0	4,5	1930	
			d	2,69	"	11,4	4,2	1850	
			e	2,70	"	11,3	4,2	1780	
			f	2,70	"	12,2	4,5	1870	
			Mittel	..	2,69	11,5	4,3	1870	
4172	1891 Juli	6 Würfel aus blauem Granit von Teisnach, Sorte III	a	2,69	45	10,6	3,9	1920	Gleichmässig zerdrückt. " " " " " " " " " " " "
			b	2,69	"	11,0	4,1	1820	
			c	2,69	"	9,9	3,7	1960	
			d	2,69	"	10,8	4,0	1900	
			e	2,67	"	10,3	3,8	1980	
			f	2,69	"	11,1	4,1	2020	
			Mittel	..	2,69	10,6	3,9	1930	
4274	1891 Nov.	4 Hartsteinwürfel, Zeichen I, eingesendet von E. Flessa in Münchberg	a	2,82	49	11,0	3,9	2400	— — — —
			b	2,82	"	10,5	3,7	2730	
			c	2,80	"	10,5	3,7	2500	
			d	2,82	"	10,2	3,6	2430	
4275	1891 Nov.	4 Hartsteinwürfel, Zeichen II, eingesendet von E. Flessa in Münchberg	a	2,93	49	8,2	2,8	2600	— — — —
			b	2,94	"	8,4	2,8	2520	
			c	2,94	"	7,4	2,5	2590	
			d	2,93	"	8,3	2,8	2390	
4314A	1892 Januar	4 Würfel aus Blauberger Granit, aus einem Strassenpflasterstein geschnitten	a	2,66	49	10,2	3,8	1375	Die Bruchstücke aller drei Pflastersteine haben ziemlich das gleiche Aussehen, ein Unterschied im Korn ist kaum bemerkt. Sie sind alle ziemlich glim- merreich.
			b	2,63	"	11,1	4,2	1570	
			c	2,65	"	9,9	3,7	1520	
			d	2,63	"	11,5	4,4	1530	
4314B	1892 Januar	4 Würfel aus Blauberger Granit, aus einem Strassenpflasterstein geschnitten	a	2,59	49	17,5	6,7	1140	
			b	2,62	"	17,9	6,6	1250	
			c	2,61	"	17,6	6,7	1100	
			d	2,63	"	17,8	6,8	1200	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr.	Desgl. umge- rechnet auf Volumen cm		
4314C	1892 Januar	4 Würfel aus Blauberger Granit, aus einem Strassenpflasterstein geschnitten	a	2,64	49	10,2	3,9	1560	Die Bruchstücke aller 3 Pflaster- tersteine haben ziemlich das gleiche Aussehen, ein Unterschied im Korn ist kaum bemerkbar. Sie sind alle ziemlich glimmer- reich.
			b	2,60	"	11,4	4,4	1440	
			c	2,63	"	10,8	4,1	1620	
			d	2,64	"	10,6	4,0	1460	
4332	1892 Januar	3 Würfel aus Grauwaacke vom Kiwifelsen bei Metzval, Kreis Colmar	a	2,79	55	10,1	3,6	2240	Exemplar c von hellerer Farbe als a und b.
			b	2,79	"	8,9	3,2	2020	
			c	2,69	"	8,5	3,3	2115	
4324	1892 Januar	6 Würfel aus Quarz-Porphyr von Beute- grund, Kreis Neurode, Grafschaft Glatz	a	2,58	55	6,3	2,4	2830	—
			b	2,59	"	5,8	2,2	2840	
			c	2,59	"	5,4	2,1	2730	
			d	2,59	"	6,0	2,3	2440	
			e	2,59	"	6,4	2,5	2375	
			f	2,59	"	5,9	2,3	2675	
4337	1892 Februar	6 Würfel aus Sandstein von Schlettstadt, von rother Farbe, Steinbruch Hahnen- berg	a	2,53	55	6,8	2,7	1660	⊥ Lager zerdrückt. ⊥ " " ⊥ " "    " "    " "    " "
			b	2,53	"	6,0	2,4	1650	
			c	2,52	"	6,1	2,4	1640	
			d	2,52	"	6,3	2,5	1500	
			e	2,52	"	6,5	2,6	1500	
			f	2,54	"	5,8	2,3	1840	
4406	1892 April	3 Würfel aus Hartstein, Grauwaacke, von sog. Kolbenfels bei Metzval, Kreis Colmar	a	2,805	55	8,8	3,1	1730	—
			b	2,80	"	7,8	2,8	1840	
			c	2,78	"	7,7	2,8	1950	
4451	1892 Juni	6 Würfel aus Hartstein von Klein-Stein- heim	a	2,83	49	34,2	12,1	1300	—
			b	2,81	"	36,3	12,9	1220	
			c	2,84	"	35,2	12,4	1300	
			d	2,88	"	36,1	12,5	1300	
			e	2,83	"	40,2	14,2	1280	
			f	2,85	"	41,3	14,5	1360	
4493	1892 Sept.	6 Würfel aus weissgrauem Sandstein von Kottenbrunn (Franken)	a	2,21	49	52,1	23,6	—	Die Druckfestigkeit des Ma- terials an 6 anderen Probe- stücken ermittelt liegt zwi- schen 640—671 kg pro qcm.
			b	2,21	"	54,9	24,8	—	
			c	2,23	"	54,0	24,2	—	
			d	2,20	"	43,6	19,8	—	
			e	2,23	"	47,8	21,4	—	
			f	2,21	"	49,1	22,2	—	
4498	1892 Sept.	6 Würfel aus weissgrauem feinkörnigen Sandstein von Ueschersdorf	a	2,08	49	55,9	26,9	—	Die Druckfestigkeit des Ma- terials an 6 anderen Probe- stücken ermittelt liegt zwi- schen 661—701 kg pro qcm.
			b	2,08	"	55,3	26,6	—	
			c	2,09	"	53,9	25,8	—	
			d	2,07	"	53,2	25,6	—	
			e	2,04	"	63,6	31,2	—	
			f	2,08	"	57,6	27,7	—	
4507	1892 Sept.	6 Würfel aus blauem Granit von Blauberg	a	2,67	49	11,4	4,3	—	Die Druckfestigkeit des Ma- terials wurde an 6 andren Probestücken des gleichen Ge- steines ermittelt und zu 1250 bis 1360 kg pro qcm gefunden.
			b	2,69	"	12,7	4,7	—	
			c	2,69	"	14,2	5,3	—	
			d	2,68	"	11,6	4,3	—	
			e	2,68	"	13,6	5,1	—	
			f	2,69	"	13,1	4,9	—	
4555	1892 Nov.	6 Würfel aus röthlichem Melaphyr vom Rammelsbacher-Kopf bei Kusel.	a	2,57	49	9,4	3,6	1530	Gleichmässig zerdrückt. " " " " " " " " " "
			b	2,585	"	9,1	3,5	1430	
			c	2,595	"	9,4	3,6	1570	
			d	2,58	"	10,2	3,9	1400	
			e	2,59	"	11,1	4,3	1390	
			f	2,61	"	11,7	4,5	1370	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bez. w. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umge- rechnet auf Volumen ccm		
4581	1892 Dez.	6 Würfel aus Diorit von Albersweiler	a	2,705	49	16,3	—	1620	
			b	2,72	"	16,6	—	1540	
			c	2,79	"	12,9	—	1480	
			d	2,71	"	14,6	—	1675	
			e	2,83	"	12,3	—	1830	
			f	2,79	"	12,6	—	1845	
	1893 Februar	1 Würfel aus Baierfelder Keupersandstein		2,17	49	26,1	—	—	
						26,9	—	—	
		1 Würfel aus Cordeler Buntsandstein		2,01	"	28,1	—	—	
						31,2	—	—	
		2 Würfel aus Cottaer Quadersandstein	a	2,05	"	23,2	—	—	
			b	1,99	"	22,9	—	—	
						37,7	—	—	
						48,1	—	—	
		1 Würfel aus Eggenstädter Dyas Sandstein		1,89	"	30,4	—	—	
				49,7	—	—			
1 Würfel aus Heilbronner Sandstein		2,11	"	33,2	—	—			
				30,6	—	—			
1 Würfel aus Pfälzer Sandstein		2,22	"	23,5	—	—			
				21,1	—	—			
1 Würfel aus Remberger Sandstein		2,05	"	57,0	—	—			
				51,8	—	—			
2 Würfel aus Strassburger Sandstein	a	2,12	"	23,0	—	—			
				25,8	—	—			
	b	2,16	"	24,0	—	—			
				26,9	—	—			
1 Würfel aus Rochlitzer Porphyrtuff		1,83	"	13,4	—	—			
				13,2	—	—			
1 Würfel aus Ummendorfer Kreidesandstein		1,99	"	27,2	—	—			
				33,9	—	—			
4611	1893 März	6 Würfel aus Büchelberger Granit, blaugraue Sorte	a	2,62	45	12,2	4,7	1370	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,61	"	11,7	4,5	1420	
			c	2,62	"	13,8	5,3	1420	
			d	2,64	"	14,6	5,5	1490	
			e	2,615	"	12,3	4,7	1520	
			f	2,64	"	15,0	5,7	1490	
4612	1893 März	6 Würfel aus Büchelberger Granit, gelbe Sorte	a	2,62	45	14,2	5,4	1280	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,61	"	14,1	5,4	1370	
			c	2,60	"	15,7	6,0	1385	
			d	2,62	"	16,2	6,2	1360	
			e	2,62	"	13,4	5,2	1410	
			f	2,61	"	14,8	5,7	1445	
4621	1893 März	6 Würfel aus rothem Granit von Stockstadt a/Main, vom Steinmetz mit Hammer und Meissel bearbeitet	a	2,62	49	10,2	3,9	1320	Diese Würfel wurden aus grösseren Rohsteinen mit Meissel und Hammer herausgearbeitet.
			b	2,63	"	11,1	4,2	1210	
			c	2,61	"	10,3	3,9	1275	
			d	2,60	"	10,0	3,8	1400	
			e	2,61	"	11,1	4,2	1260	
			f	2,62	"	10,2	3,9	1200	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umge- rechnet auf Vo- lumen ccm		
4634	1893 März	6 Würfel aus rothem Granit von Stock- stadt a/Main, aus einem grösseren Strassenpflasterstein mittelst der Dia- mantsäge geschnitten	a	2,62	49	10,1	3,8	1850	Diese Würfel wurden auf der Diamantsäge aus Roh- steinen geschnitten.
			b	2,62	"	10,1	3,8	1790	
			c	2,61	"	10,2	3,9	1780	
			d	2,62	"	10,0	3,8	1760	
			e	2,62	"	9,8	3,7	1810	
			f	2,62	"	10,1	3,8	1860	
	1893 April	6 Würfel aus weissem Sandstein von Berg- heim im Elsass	a	2,44	55	9,2	3,8	1340	} Zum Lager zerdrückt. } Bruch gleichmässig.
			b	2,46	"	8,6	3,5	1340	
			c	2,44	"	9,1	3,7	1340	
			d	2,43	"	8,2	3,4	1230	
			e	2,45	"	8,6	3,5	1330	
			f	2,46	"	9,0	3,7	1370	
4649	1893 Mai	4 Würfel aus grauem Granit von Gebr. Hack & Dorner in Nürnberg und Cham	a	2,62	55	12,9	4,9	1440	
			b	2,63	"	12,6	4,8	1390	
			c	2,63	"	14,0	5,3	1380	
			d	2,61	"	13,5	5,2	1330	
4728	1893 August	6 Würfel aus Granit von Teisnach aus dem Steinbruch Oberbergingen	a	2,68	55	9,3	3,5	1760	
			b	2,68	"	8,9	3,3	1620	
			c	2,70	"	9,3	3,4	1760	
			d	2,68	"	9,9	3,7	1550	
			e	2,68	"	9,8	3,6	1640	
			f	2,69	"	10,4	3,9	1580	
4730	1893 Sept.	3 Würfel aus blauem Granit von Cham	a	2,63	55	9,2	3,5	1440	
			b	2,63	"	9,0	3,4	1520	
			c	2,62	"	8,5	3,2	1470	
4731	1893 Sept.	6 Würfel aus Granit von dem Spessart, Granitwerke Aschaffenburg	a	2,78	55	9,5	3,4	1370	
			b	2,77	"	9,9	3,6	1310	
			c	2,78	"	9,5	3,4	1430	
			d	2,77	"	10,0	3,6	1320	
			e	2,765	"	9,5	3,4	1380	
			f	2,78	"	9,8	3,5	1400	
4738	1893 Sept.	6 Granitwürfel aus dem Steinbruch Sengen- bühl der bayr. Granitgewerkschaft „Regensburg“	a	2,63	55	14,1	5,4	1355	
			b	2,63	"	14,4	5,5	1490	
			c	2,65	"	13,5	5,1	1550	
			d	2,65	"	13,8	5,2	1540	
			e	2,63	"	13,6	5,2	1580	
			f	2,62	"	12,8	4,9	1560	
4737	1893 Sept.	6 Würfel aus Blauberger Granit von der bayr. Granitgewerkschaft „Regens- burg“	a	2,66	55	12,7	4,8	1310	
			b	2,65	"	12,6	4,8	1230	
			c	2,675	"	11,8	4,4	1300	
			d	2,64	"	12,1	4,6	1230	
			e	2,66	"	12,0	4,5	1215	
			f	2,665	"	11,7	4,4	1275	
4766	1893 Nov.	6 Würfel aus röthlichem sogenannten Haibacher Granit	a	2,56	49	9,8	3,8	1770	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,625	"	10,0	3,8	2110	
			c	2,60	"	9,8	3,8	1980	
			d	2,57	"	9,8	3,8	1920	
			e	2,61	"	10,4	4,0	1740	
			f	2,59	"	9,5	3,7	1900	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umge- rechnet auf Vo- lumen cm		
4767	1893 Nov.	6 Würfel aus Basalt von Ramstadt, Grossh. Hessen	a	3,20	49	9,5	3,0	2190	Für 6 Würfel einer zweiten Serie von Probestücken desselben Ge- steines, aber geschlosseneren Ge- füges, wurden Druckfestigkeiten von 3420—3970 kg pro qcm erhalten. Für 6 Probestücke einer dritten Serie desselben Gesteines, aber größeren Gefüges, ergaben sich Druckfestig- keiten von 2350—2980 kg pro qcm.
			b	3,04	"	9,9	3,3	2320	
			c	3,07	"	9,7	3,2	2340	
			d	3,22	"	9,7	3,0	2190	
			e	3,05	"	9,6	3,1	2450	
			f	3,20	"	9,4	2,9	2300	
4791	1893 Dez.	6 Würfel aus Basalt von Marborn	a	2,92	49	13,1	4,5	2430	Gleichmässig zerdrückt. " " Enthält eine glasige Stelle. Gleichmässiger Bruch. " " " "
			b	2,92	"	13,6	4,6	2410	
			c	2,85	"	13,7	4,8	2620	
			d	2,93	"	13,7	4,7	2440	
			e	2,91	"	13,2	4,5	2450	
			f	2,92	"	12,7	4,4	2500	
4794	1894 Januar	6 Würfel aus Vogesen-Granit aus den Brüchen der Gemeinde Stossweiler	a	2,61	49	9,6	3,7	1810	Gleichmässiger Bruch. " " " " " " " " " "
			b	2,63	"	9,2	3,5	1750	
			c	2,63	"	9,8	3,7	1880	
			d	2,63	"	9,3	3,5	1880	
			e	2,63	"	9,5	3,6	1850	
			f	2,63	"	9,8	3,7	1830	
4795	1894 Januar	6 Würfel aus Basalt von Hohenzell bei Schlüchtern in Hessen	a	2,92	49	12,7	4,3	2960	Normaler Bruch. " " " " " " " " " "
			b	2,91	"	12,5	4,3	2910	
			c	2,92	"	12,5	4,3	2910	
			d	2,92	"	12,6	4,3	2990	
			e	2,92	"	12,4	4,2	2990	
			f	2,91	"	12,6	4,3	3020	
4797	1894 Januar	2 Würfel aus Granit des Kerberschen Granitwerks Büchelberg, dem Stein- bruch im Ilzthal entstammend.	a	2,65	49	8,0	3,0	2410	Sehr feinkörnig, von blauer Farbe.
			b	2,65	"	8,0	3,0	2400	
4798	1894 Januar	Granit aus den Vilshofener Brüchen		2,65	"	7,0	2,6	2220	Feinkörnig, dunkelblau.
4799		Derselbe, vom Lagerplatz		2,66	"	7,7	2,9	2260	Mit vielen Glimmerplättchen.
4800		Derselbe, Musterstein		2,65	"	7,4	2,8	2530	Feinkörnig, dunkelblau.
4801		Zeinrieder Granit		2,66	"	8,1	3,0	2170	Mittelfeinkörnig, blau, quarzreich.
4802		Derselbe vom Lagerplatz		2,655	"	7,2	2,7	2080	Glimmerreiches Stück.
4803		Musterstein des Granites		2,65	"	7,8	2,9	2060	Mittelfeinkörnig, blau.
4804		Granit aus den Brüchen bei Cham vom Lagerplatz	a	2,63	"	9,4	3,6	1920	Blau, quarzeich. Ebenso.
			b	2,63	"	8,8	3,3	2000	
4805		Aus denselben Brüchen, mittelfeinkörnig, grau-gelb		2,60	"	11,0	4,2	1680	—
4806		Granit von Blaiberg aus den Nabburger Brüchen	a	2,64	"	7,8	2,9	1640	Mittelfeinkörnig, blau. Ebenso.
			b	2,63	"	7,9	3,0	1590	
4807		Eben daher	a	2,64	"	8,1	3,1	1920	Grobkörnig mit rothem Feldspat. " " " "
			b	2,64	"	7,6	2,9	1730	
4808		Granit von Blaiberg, Blaiberger Brüche	a	2,66	"	9,2	3,5	1740	Feinkörnig, hellblau. Desgleichen. Desgleichen.
			b	2,63	"	9,7	3,7	1500	
			c	2,66	"	9,4	3,5	1630	
4809		Blaiberger Granit	a	2,64	"	11,6	4,4	1660	Feldspatreich. Desgleichen.
			b	2,65	"	11,1	4,2	1810	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen	
					mit dem Radius von cm	reduc. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. unge- rechnet auf Vo- lumen ccm			
4812	1894 Januar	6 Stück Würfel von je 5,5 cm Kantenlänge aus Porphyrtuff von Hohensachsen in Baden, Steinbruch Wachenberg, Gemeinde Weinheim	a	2,35	49	15,1	6,4	1340	Gleichmässiger Bruch.	
			b	2,34	"	14,7	6,3	1360	" "	
			c	2,37	"	14,2	6,0	1310	" "	
			d	2,37	"	12,9	5,4	1240	" "	
			e	2,36	"	12,9	5,5	1210	" "	
			f	2,37	"	13,5	5,7	1200	" "	
4825	1894 Februar	12 Sandsteinwürfel von Kleinblittersdorf	von weisser Farbe	a	2,03	55	82,5	40,6	476	⊥ zum Lager zerdrückt.
				b	2,04	"	79,7	39,1	483	⊥ " " "
				c	2,04	"	87,3	42,8	355	∥ " " "
4826	1894 Februar		rothe Steine	a	2,09	55	87,3	41,8	524	⊥ " " "
				b	2,10	"	87,9	41,8	491	⊥ " " "
				c	2,10	"	89,7	42,7	389	∥ " " "
4827	1894 Februar		grau-weiss	a	2,09	55	77,3	37,0	524	⊥ " " "
				b	2,09	"	71,0	34,0	540	⊥ " " "
				c	2,08	"	81,5	39,2	372	∥ " " "
4828	1894 Februar		grünlicher Stein	a	2,10	55	91,4	43,5	499	⊥ " " "
				b	2,10	"	97,1	46,2	542	⊥ " " "
				c	2,09	"	97,7	46,7	395	∥ " " "
4841	1894 Februar	6 Würfel aus Basalt vom Eichelkopf bei Breitenborn		a	2,98	49	8,3	2,8	3200	Gleichmäss. Bruch, dichtes Gefüge.
				b	2,99	"	8,1	2,7	3150	" " " "
				c	3,00	"	7,9	2,6	3270	" " " "
				d	2,99	"	8,1	2,7	3180	" " " "
				e	2,99	"	8,1	2,7	3200	" " " "
				f	2,99	"	8,1	2,7	3320	" " " "
4902	1894 Mai	4 Probesteine aus Grauwacke von Lautenbach, Kreis Gebweiler		a	2,804	49	10,6	3,8	3050	—
				b	2,805	"	8,0	2,9	3070	—
				c	2,82	"	12,8	4,3	3240	—
				d	—	"	8,5	—	—	Für die Druckfestigkeitsbestimmung unbrauchbares Stück.
4909	1894 Mai	4 Würfel aus Granit von Allmunzen		a	2,645	49	10,1	3,8	2420	Normaler Bruch.
				b	2,65	"	9,6	3,6	2380	" "
				c	2,65	"	10,9	4,1	2410	" "
				d	2,64	"	10,1	3,8	2400	" "
4910	1894 Mai	6 Würfel aus dem Gemeindebruch Mittel-Gründau in Hessen		a	2,84	49	10,2	3,6	2910	Normaler Bruch.
				b	2,83	"	10,0	3,5	3060	—
				c	2,80	"	8,1	2,9	3020	—
				d	2,82	"	8,2	2,9	3110	—
				e	2,82	"	8,5	3,0	3140	—
				f	2,81	"	8,0	2,8	3170	—
4916	1894 Mai	6 Würfel aus Basalt von Calbach		a	2,99	49	10,1	3,4	2950	—
				b	2,99	"	10,6	3,5	3010	—
				c	3,00	"	10,7	3,6	3020	—
				d	2,99	"	10,7	3,6	2920	—
				e	2,98	"	10,1	3,4	2930	—
				f	2,97	"	9,7	3,3	2940	—
4933	1894 Juni	6 Würfel aus Granit aus dem Steinbruch im Gemeindewalde Klein-Zimmern bei Darmstadt		a	2,66	49	7,3	2,7	2490	Normaler Bruch, gut geschlossenes Gefüge, ziemlich grobkörnig.
				b	2,66	"	7,3	2,7	2370	
				c	2,66	"	7,3	2,7	2500	
				d	2,65	"	7,3	2,7	2510	
				e	2,65	"	7,7	2,9	2490	
				f	2,65	"	7,6	2,9	2480	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umgerechnet auf Volumen ccm		
5055	1894 August	6 Basaltwürfel von Düdelheim in Oberhessen	a	2,94	49	13,5	4,6	3240	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,94	"	15,0	5,1	3230	" "
			c	2,94	"	13,9	4,7	3250	" "
			d	2,94	"	14,0	4,8	3120	" "
			e	2,93	"	12,7	4,3	3330	" "
			f	2,95	"	14,3	4,8	3280	" "
5070	1894 Sept.	6 Würfel aus Hartstein von Bitschweiler	a	2,64	49	7,5	2,8	3150	Gleichmässiger Bruch
			b	2,64	"	7,3	2,8	3220	—
			c	2,62	"	7,4	2,8	3190	—
			d	2,63	"	7,8	3,0	3170	Mit verzweigten feinen Adern.
			e	2,57	"	7,6	2,9	3330	—
			f	2,66	"	7,4	2,8	3300	—
5093	1894 Dez.	6 Würfel aus Basalt von Marborn bei Schlüchtern in Hessen	a	2,93	49	8,9	3,0	3240	—
			b	2,93	"	8,7	3,0	3290	—
			c	2,93	"	8,4	2,9	3260	—
			d	2,95	"	8,3	2,8	3280	—
			e	2,93	"	8,4	2,9	3340	—
			f	2,92	"	8,7	3,0	3230	—
5094	1894 Dez.	6 Würfel aus Basalt von Calbach, Steinbruchbesitzer Ernst Gerhardt, Steinbruch Rodenbach bei Altenstadt	a	3,04	49	9,4	3,1	2990	—
			b	3,04	"	9,3	3,1	3160	—
			c	3,05	"	9,4	3,1	3220	—
			d	3,05	"	9,3	3,0	3230	—
			e	3,04	"	9,2	3,0	3220	—
			f	3,03	"	9,5	3,1	3220	—
5107	1894 Dez.	2 Probestücke mit unregelmässiger Gestalt mit ca. 6 × 6 cm grosser Schleiffläche aus Grauwacke, von Gebweiler	a	2,80	49	8,0	2,8	3240	Die Festigkeit wurde an Würfeln von 5 cm Kantenlänge ermittelt, die man aus den Rohsteinen herausgeschnitten hatte.
			b	2,78	"	10,6	3,8	2470	
5114	1895 Januar	6 Würfel aus Quarzsandstein von Rufach	a	2,52	49	6,2	2,5	2000	⊥ zum Lager zerdrückt.
			b	2,51	"	6,4	2,5	1930	⊥ " " "
			c	2,51	"	6,6	2,6	1920	⊥ " " "
			d	2,51	"	6,8	2,7	1960	" " "
			e	2,51	"	6,7	2,7	1930	" " "
			f	2,52	"	6,4	2,5	1960	" " "
5116	1895 Januar	2 Hartsteine von Stanislai in je 2 Plättchen mit 7 × 5 bezw. 6 × 6 cm grosser Schleiffläche und in je 2 Würfel von 5 cm Kantenlänge zerschnitten	blau- { a	2,65	49	12,6	4,7	2390	—
			grau { b	2,65	"	12,8	4,8	2270	
			gelb- { c	2,48	"	10,8	4,3	1970	
			grau { d	2,48	"	11,6	4,7	1960	
5187	1895 März	6 Würfel aus hellem Hauzenberger Granit	a	2,62	55	10,8	4,1	1860	Gleichmässiger Bruch,
			b	2,61	"	9,5	3,7	1690	" "
			c	2,60	"	10,3	4,0	1820	" "
			d	2,61	"	10,1	3,9	1780	" "
			e	2,62	"	9,6	3,7	1730	" "
			f	2,61	"	9,7	3,7	1760	" "

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umgerechnet auf Volumen ccm		
5188	1895 März	6 Würfel aus dunklem Hauzenberger Granit	a	2,61	55	8,4	3,2	1810	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,64	"	9,2	3,5	1790	" "
			c	2,63	"	8,7	3,3	1850	" "
			d	2,62	"	8,3	3,2	1955	" "
			e	2,63	"	8,5	3,2	1980	" "
			f	2,64	"	8,6	3,3	1970	" "
5283	1895 Juni	6 Würfel aus röthlichem Hartstein von Weinheim in Baden	a	2,55	55	5,0	2,0	3140	Farberöthl., ziempl. gleichmässig.
			b	2,54	"	4,8	1,9	3370	Wie der vorige.
			c	2,61	"	5,0	1,9	3190	Wie der vorige.
			d	2,56	"	4,9	1,9	3100	Farbe ins bläul. spielend, mit gelb. mantelförm. Einspreng.
			e	2,56	"	4,9	1,9	3110	Wie Exemplar a.
			f	2,55	"	5,0	2,0	3270	
5297	1895 Juni	6 Würfel aus Porphyrr von Dossenheim in Baden	a	2,44	55	7,6	3,1	1920	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,44	"	7,2	2,9	2010	" "
			c	2,42	"	7,5	3,1	1810	" "
			d	2,41	"	7,4	3,1	1860	" "
			e	2,45	"	7,5	3,1	1860	" "
			f	2,42	"	7,25	3,0	1790	" "
1895 Oktober	6 Stück Würfel aus Serpentin von Wurlitz	a	2,67	55	7,7	2,9	1810	Mit Adern und Stichen durchzogen	
		b	2,67	"	7,3	2,7	1980	Wie das vorige.	
		c	2,72	"	8,1	3,0	2590	Fehlerfreies Stück	
		d	2,67	"	7,9	3,0	2170	" "	
		e	2,68	"	8,2	3,1	2590	" "	
		f	2,67	"	8,5	3,2	2600	" "	
5372	1895 Oktober	6 Würfel aus Phonolith von Nieder-Rottweil	a	2,49	49	10,6	4,3	2310	Die Würfel sind zum Theil mit Adern und Stichen durchzogen, wodurch sich Abweichungen in der Druckfestigkeit ergeben.
			b	2,53	"	9,3	3,7	1710	
			c	2,53	"	11,0	4,3	2100	
			d	2,54	"	12,6	5,0	1760	
			e	2,54	"	12,9	5,1	2290	
			f	2,54	"	13,5	5,3	—	
5373	1895 Oktober	6 Würfel aus Phonolith von Oberschaffhausen	a	2,49	49	12,3	4,9	2070	Normaler Bruch.
			b	2,49	"	12,9	5,2	1710	Einige Stiche im Würfel.
			c	2,51	"	11,3	4,5	2020	Normaler Bruch.
			d	2,48	"	12,9	5,2	1650	Fehlerhaftes Stück.
			e	2,49	"	10,0	4,0	2140	Normaler Bruch.
			f	2,49	"	12,3	5,0	2050	" "
5371	1895 Oktober	6 Würfel von je 5,5 cm Kantenlänge aus Porphyrr von Weinheim in Baden	a	2,58	49	4,7	1,8	2170	Normaler Bruch.
			b	2,58	"	4,9	1,9	2190	" "
			c	2,57	"	4,9	1,9	2160	" "
			d	2,52	"	5,5	2,2	2300	" "
			e	2,53	"	6,3	2,5	1830	Stück mit Adern durchzogen.
			f	2,58	"	4,7	1,8	1680	Wie das vorige.
5406	1895 Dez.	6 Würfel von je 5,5 cm Kantenlänge aus Diorit von Wunweiler, Pfalz	a	2,79	55	11,1	4,0	2400	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,78	"	11,0	4,0	2350	" "
			c	2,75	"	13,0	4,7	2280	" "
			d	2,78	"	10,5	3,8	2650	" "
			e	2,77	"	11,7	4,2	2360	" "
			f	2,78	"	12,6	4,5	2260	" "
5407	1895 Dez.	6 Würfel von 5,5 cm Kantenlänge aus Basalt, Steinbruch Wölfersberg bei Brauerschwend, Post Renzendorf, Oberhessen	a	2,78	55	9,1	3,3	2630	—
			b	2,79	"	9,6	3,4	2580	—
			c	2,80	"	9,0	3,2	2450	—
			d	2,78	"	9,5	3,4	2480	—
			e	2,79	"	9,7	3,5	2380	—
			f	2,80	"	9,0	3,2	2585	—

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bez. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. unge-rechnet auf Volumen cm		
5417	1896 Januar	6 Würfel aus Melaphyr von Kaiserslautern, Steinbruch Rothselberg bei Essweiler	a	2,69	55	6,7	2,5	2550	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,68	"	6,7	2,5	2530	" "
			c	2,68	"	6,8	2,5	2350	" "
			d	2,69	"	6,6	2,4	2310	" "
			e	2,69	"	6,7	2,5	2230	" "
			f	2,69	"	6,4	2,4	2210	" "
5434	1896 Februar	6 Würfel aus Granit von Thannstein, Reg.-Bez. Neunburg	a	2,65	55	8,4	3,2	1470	Einige Stücke glimmerreich, im allgemeinen gut geschlossen.
			b	2,64	"	8,4	3,2	1410	
			c	2,65	"	8,1	3,0	1345	
			d	2,65	"	8,3	3,1	1360	
			e	2,65	"	8,1	3,0	1660	
			f	2,645	"	7,9	3,0	1710	
5457	1896 März	6 Würfel von 5,5 cm Kantenlänge aus rötlichem Granit von Albersweiler, Pfalz	a	2,66	49	5,8	2,2	2430	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,65	"	5,7	2,1	2595	" "
			c	2,66	"	6,0	2,3	2380	" "
			d	2,65	"	5,7	2,1	2260	" "
			e	2,66	"	5,7	2,1	2320	" "
			f	2,67	"	5,9	2,2	2350	" "
5463	1896 April	6 Würfel von 5,5 cm Kantenlänge aus Diorit von Kohlhübel bei Winnweiler	a	2,73	49	14,0	5,1	2100	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,74	"	14,5	5,3	2060	" "
			c	2,73	"	14,8	5,4	2160	" "
			d	2,73	"	15,1	5,5	2110	" "
			e	2,73	"	13,8	5,0	2080	" "
			f	2,73	"	14,8	5,4	2010	" "
5475	1896 April— Mai	6 Würfel aus Hartstein von Schweissweiler	a	2,675	55	10,4	3,9	2280	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,675	"	10,1	3,8	2250	" "
			c	2,675	"	10,5	3,9	2290	" "
			d	2,66	"	10,0	3,8	2230	" "
			e	2,655	"	10,3	3,9	2310	" "
			f	2,66	"	9,9	3,7	2130	" "
5489	1896 April	6 Granitwürfel von Almunzen im Ilzthal	a	2,65	49	8,3	3,1	2140	Von blauer Farbe, gleichmässig.
			b	2,65	"	9,1	3,4	2040	Wie der vorige.
			c	2,65	"	8,3	3,1	2145	Farbe etwas heller.
			d	2,64	"	8,2	3,1	2070	Wie der vorige.
			e	2,66	"	7,8	2,9	2130	Farbe etwas gelblich.
			f	2,645	"	8,0	3,0	2080	Wie Exemplar a:
5490	1896 April	6 Granitwürfel aus den Brüchen Fürstenzell im Rotthal, Granitwerk Büchlberg, Passau	a	2,71	49	8,4	3,1	1610	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,71	"	8,6	3,2	1600	" "
			c	2,68	"	8,6	3,2	1650	" "
			d	2,69	"	8,7	3,2	1650	" "
			e	2,69	"	8,1	3,0	1580	" "
			f	2,68	"	8,2	3,1	1670	" "
5519	1896 Juli	6 Würfel aus Melaphyr von Lauterecken, Rheinpfalz	a	2,57	49	12,2	4,7	1470	Bruch gleichmässig.
			b	2,57	"	12,5	4,9	1500	" "
			c	2,56	"	12,7	5,0	1440	" "
			d	2,57	"	12,8	5,0	1500	" "
			e	2,58	"	11,7	4,5	1170	Bruch ungleichmässig.
			f	2,58	"	12,1	4,7	1360	" "
5521	1896 Juli	6 Würfel aus Dolerit von Alterberg bei Lauterbach	a	2,88	49	12,9	4,5	2390	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,88	"	12,4	4,3	2350	" "
			c	2,90	"	12,5	4,3	2300	" "
			d	2,91	"	13,1	4,5	2340	" "
			e	2,89	"	12,5	4,3	2380	" "
			f	2,89	"	12,4	4,3	2360	" "

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bzw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro cm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr.	Desgl. umge- rechnet auf Vo- lumen cm		
5531	1896 Juli	4 Würfel aus Granit aus den Kerberschen Brüchen im Ilzthal bei Passau	a	2,62	49	7,7	2,9	2050	Feinkörnig, hellblau. Wie der vorige. Feinkörnig, gelblich. Wie der vorige.
			b	2,62	"	7,5	2,9	2040	
			c	2,63	"	8,1	3,1	2170	
			d	2,62	"	8,2	3,1	2020	
5533	1896 Juli	6 Würfel aus Granit von Vilshofen. Für Strassenpflasterzwecke an das Stadt- bauamt München vor ca. 40 Jahren geliefert	a	2,63	49	6,8	2,6	2290	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,63	"	6,9	2,6	2220	
			c	2,63	"	7,1	2,7	2260	
			d	2,63	"	7,0	2,7	2420	
			e	2,63	"	6,8	2,6	2540	
			f	2,63	"	6,9	2,6	2260	
5534	1896 Juli	6 Würfel desselben Gesteines, jüngste Lieferung	a	2,63	49	6,7	2,5	2250	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,63	"	6,7	2,5	2220	
			c	2,63	"	7,0	2,7	2250	
			d	2,63	"	6,8	2,6	2170	
			e	2,63	"	6,9	2,6	2230	
			f	2,62	"	6,6	2,5	2230	
5535	1896 Juli	6 Würfel aus Neuhauser Granit	a	2,67	49	7,5	2,8	2010	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,67	"	7,8	2,9	2080	
			c	2,69	"	7,6	2,8	2130	
			d	2,69	"	7,6	2,8	2280	
			e	2,69	"	7,5	2,8	2040	
			f	2,67	"	7,6	2,8	2150	
5536	1896 Juli	6 Würfel aus Schärddinger Granit	a	2,66	49	7,9	3,0	1830	Mittelfeinkörnig. Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,66	"	7,9	3,0	1800	
			c	2,67	"	7,9	3,0	1770	
			d	2,66	"	7,6	2,9	1810	
			e	2,66	"	7,7	2,9	1840	
			f	2,67	"	7,9	3,0	1780	
5537	1896 Juli	6 Würfel aus Ilzthaler Granit	a	2,63	49	7,3	2,8	2330	Sehr feinkörn., fest geschloss.
			b	2,63	"	7,0	2,7	2330	
			c	2,64	"	7,2	2,7	2280	
			d	2,64	"	7,4	2,8	2160	
			e	2,65	"	7,5	2,8	2090	
			f	2,63	"	7,3	2,8	2180	
5538	1896 Juli	6 Würfel aus Teisnacher Granit	a	2,64	49	9,6	3,6	1890	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,64	"	9,9	3,7	1800	
			c	2,64	"	9,7	3,7	1800	
			d	2,63	"	9,5	3,6	1780	
			e	2,64	"	9,2	3,5	1790	
			f	2,65	"	9,5	3,6	1920	
5539	1896 Juli	6 Würfel aus Quarzporphyr von Südtirol	a	2,60	49	5,2	2,0	2470	Farbe dunkelbraun; festge- schlossenes gleichmässiges Material.
			b	2,59	"	5,4	2,0	2480	
			c	2,60	"	5,1	2,0	2480	
			d	2,59	"	5,2	2,0	2610	
			e	2,59	"	5,1	2,0	2560	
			f	2,60	"	5,1	2,0	2420	
5540	1896 Juli	6 Würfel aus Syenit aus der Oberpfalz	a	2,78	49	9,7	3,5	2050	Feinkörnig, dunkelfarbig.
			b	2,78	"	10,1	3,6	2210	
			c	2,77	"	9,5	3,4	1960	
			d	2,77	"	9,2	3,3	2000	
			e	2,77	"	9,4	3,4	1990	
			f	2,77	"	9,1	3,3	1990	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umge- rechnet auf Vo- lumen ccm		
5588	1896 Sept.	6 Würfel aus Basalt von Heimertseck bei Ehringshausen, Oberhessen	a	2,88	49	11,4	4,0	2800	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,89	"	12,6	4,4	2870	" "
			c	2,89	"	11,9	4,1	2890	" "
			d	2,89	"	11,9	4,1	2730	" "
			e	2,89	"	11,8	4,0	2900	" "
			f	2,91	"	12,2	4,2	2950	" "
5600	1896 Oktober	6 Würfel aus Granit des Granitwerkes Aschaffenburg	a	2,64	49	7,1	2,7	2060	
			b	2,64	"	7,3	2,8	1890	
			c	2,63	"	7,7	2,9	2190	
			d	2,64	"	7,9	3,0	2080	
			e	2,64	"	7,2	2,7	2230	
			f	2,64	"	7,4	2,8	1950	
5602	1896 Oktober	6 Würfel aus Basalt vom Basaltwerk Engelthal, Oberhessen	a	2,80	49	9,3	3,3	2910	
			b	2,80	"	9,5	3,4	2880	
			c	2,85	"	10,1	3,5	2850	
			d	2,82	"	10,1	3,6	2980	
			e	2,82	"	9,4	3,3	2950	
			f	2,84	"	9,8	3,4	2990	
5604	1896 Oktober	6 Würfel aus Granit von Gefrees, Bruch auf dem Reutberg	a	2,61	49	10,7	4,1	1690	Hellgrau, Feinkörnig.
			b	2,63	"	10,1	3,8	1760	" "
			c	2,62	"	9,9	3,8	1790	" "
			d	2,63	"	10,2	3,9	1740	" "
			e	2,63	"	10,1	3,8	1740	" "
			f	2,63	"	10,3	3,9	1700	" "
5618	1896 Nov.	6 Würfel aus Granit vom Kaisersbach- thal bei Klingenstein, Rheinpfalz	a	2,69	49	7,2	2,7	1630	
			b	2,66	"	7,1	2,7	1640	
			c	2,66	"	7,1	2,7	1670	
			d	2,68	"	7,1	2,6	1640	
			e	2,69	"	7,3	2,7	1570	
			f	2,69	"	7,1	2,6	1560	
5619	1896 Nov.	6 Würfel aus Granit von Enzendobl	a	2,63	49	7,1	2,7	2000	
			b	2,63	"	6,7	2,5	2030	
			c	2,64	"	7,1	2,7	2000	
			d	2,64	"	7,0	2,7	1960	
			e	2,62	"	6,9	2,6	1850	
			f	2,62	"	7,0	2,7	1970	
5634	1896 Dez.	4 Würfel aus Granit aus den Brüchen der Fichtelgebirgs-Granitwerke, sog. Waldstein-Plattengranit	a	2,61	55	9,6	3,7	—	
			b	2,62	"	9,5	3,6	—	
			c	2,61	"	9,6	3,7	—	
			d	2,62	"	9,6	3,7	—	
5643	1896 Dez.	6 Würfel aus Forster-Basalt, Bezirksamt Frankenthal	a	2,80	55	11,2	4,0	2100	
			b	2,81	"	11,2	4,0	2100	
			c	2,81	"	11,0	3,9	2050	
			d	2,80	"	10,8	3,9	2180	
			e	2,80	"	10,3	3,7	2170	
			f	2,80	"	10,1	3,6	2210	
5644	1896 Dez.	6 Würfel aus Limburger Hartbasalt	a	2,96	55	8,5	2,9	2700	
			b	2,95	"	8,9	3,0	2670	
			c	2,96	"	8,3	2,8	2760	
			d	2,96	"	8,2	2,8	2610	
			e	2,97	"	8,9	3,0	2720	
			f	2,96	"	8,7	2,9	2620	

Lab.-Nr.	Prüfungsjahr und Monat	Material und Fundort, bezw. Einsender	Exemplar	Spezifisches Gewicht	Abnützung für 200 Umdrehungen der Gusseisenscheibe			Druckfestigkeit kg pro qcm	Bemerkungen
					mit dem Radius von cm	reduz. auf 49 cm Radius Mittel aus 3 Messungen gr	Desgl. umgerechnet auf Volumen ccm		
5645	1896 Dez.	6 Würfel aus Albersweiler Granit	a	2,64	55	6,3	2,4	2280	
			b	2,64	"	6,4	2,4	2280	
			c	2,64	"	6,4	2,4	2110	
			d	2,66	"	6,2	2,3	2110	
			e	2,65	"	6,0	2,3	2250	
			f	2,66	"	5,9	2,2	2340	
5646	1896 Dez.	6 Würfel aus Donnersberger Diorit	a	3,03	55	7,8	2,6	1810	
			b	3,04	"	7,6	2,5	1940	
			c	3,04	"	7,5	2,5	1910	
			d	3,06	"	7,7	2,5	1840	
			e	3,04	"	7,7	2,5	2050	
			f	3,03	"	7,9	2,6	2060	
5697	1897 Februar	6 Würfel aus Schönbrunner Sandstein, Bruch Schönbrunn bei Ebelsbach	a	2,17	60	39,8	18,3	—	Druckfestigkeit des Materials an 12 Würfeln von 7 cm Kantenlänge ermittelt.
			b	2,18	"	39,0	17,9	—	
			c	2,17	"	41,6	19,2	—	
			d	2,18	"	38,2	17,5	—	
			e	2,17	"	43,2	19,9	—	
			f	2,18	"	37,9	17,4	—	
5729	1897 März	6 Würfel aus Diorit von Winnweiler	a	2,78	60	9,5	3,4	2780	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,78	"	9,5	3,4	2940	
			c	2,78	"	9,4	3,4	2770	
			d	2,77	"	9,7	3,5	2830	
			e	2,77	"	9,5	3,4	2930	
			f	2,78	"	9,6	3,4	2790	
5850	1897 Nov.	6 Würfel aus Hornstein von den Unterfränkischen Granitwerken	a	2,53	60	5,0	2,0	2490	Gleichmässiger Bruch.
			b	2,49	"	4,9	2,0	2510	
			c	2,48	"	4,9	2,0	2530	
			d	2,49	"	4,9	2,0	2420	
			e	2,52	"	4,7	1,9	2550	
			f	2,51	"	4,6	1,8	2550	
5841	1897 Dez.	6 Würfel aus Granit von Fürstendobl, Randsteine	a	2,52	49	17,0	6,7	1160	
			b	2,54	"	15,6	6,1	1150	
			c	2,53	"	14,3	5,6	1180	
			d	2,52	"	14,8	5,9	1070	
			e	2,51	"	16,2	6,4	1060	
			f	2,54	"	15,8	6,2	1090	
5842	1897 Dez.	6 Würfel aus Granit von Fürstendobl, für Strassenpflastersteine	a	2,53	49	11,4	4,5	1370	
			b	2,56	"	10,4	4,1	1350	
			c	2,57	"	11,1	4,3	1390	
			d	2,56	"	10,3	4,0	1320	
			e	2,56	"	11,5	4,5	1340	
			f	2,58	"	11,2	4,3	1510	
5848	1897 Dez.	6 Würfel aus röthlichem Granit von Stockstadt a/M.	a	2,61	49	9,4	3,6	1930	Gleichmässig zerdrückt.
			b	2,62	"	8,8	3,4	2110	
			c	2,60	"	8,8	3,4	2090	
			d	2,61	"	9,0	3,4	2070	
			e	2,60	"	9,1	3,5	2200	
			f	2,61	"	9,3	3,6	2230	
5858	1898 Januar	6 Würfel aus Basalt der Triebendorfer Basaltgewerkschaft Wiesau.	a	3,09	49	8,8	2,8	3190	Gleichmässig zerdrückt.
			b	3,08	"	8,4	2,7	3230	
			c	3,09	"	9,3	3,0	3190	
			d	3,05	"	9,3	3,0	3170	
			e	3,09	"	9,2	3,0	3110	
			f	3,06	"	8,9	2,9	3170	

## II. Festigkeitsversuche mit Eisenbahnwagen-Kuppelungen.

Im Auftrage des vom Vereine Deutscher Eisenbahnverwaltungen zur Berathung der neuerdings dringlich gewordenen Frage der Verstärkung der Eisenbahnwagenkuppelungen eingesetzten Ausschusses wurde im Herbste 1897 eine grössere Zahl von Zugversuchen mit solchen Kuppelungen im hiesigen Laboratorium vorgenommen. Diese Versuche können nach verschiedenen Richtungen hin ein über die Kreise der Eisenbahn-Fachleute hinaus reichendes Interesse in Anspruch nehmen. Namentlich liefern sie einen wertvollen Aufschluss über die Festigkeit von Zughaken, also über eine Frage, die bis in die neueste Zeit hinein strittig ist. Auf die Verwerthung der Ergebnisse nach dieser Richtung hin werde ich im nächsten Aufsätze zurückkommen. Hier beschränke ich mich auf die Wiedergabe der Beobachtungen.

Geprüft wurden 22 Kuppelungen, die von 8 verschiedenen Eisenbahnverwaltungen geliefert waren. Sofern die von einer einzelnen Verwaltung eingesandten Kuppelungen nach Material, Construction und Herstellungsverfahren unter einander übereinstimmten, wurden je 2 Stück geprüft. In einigen Fällen wurden aber von derselben Verwaltung Kuppelungen eingesendet, die in wesentlichen Punkten von einander abwichen. Die Zahl der Versuche wuchs hierdurch von 16 auf 22 an und bei 4 Fällen fehlt es an einem Parallelversuche, weil nur je 1 Stück derselben Art vorhanden war. Ich erwähne noch, dass die bei den Zugversuchen übrig gebliebenen Kuppelungen später in den Werkstätten der k. ungarischen Staats-eisenbahn in Budapest Schlagversuchen unterworfen wurden. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden mir zwar von dem genannten Ausschusse freundlichst mitgetheilt; von einer Verwerthung der hierbei gemachten Beobachtungen in dieser Abhandlung muss ich aber natürlich absehen.

Von erheblichem Werthe für die Beurtheilung der Zugversuche sind die von den Verwaltungen gemachten Angaben über das Herstellungsverfahren und über die Beschaffenheit des zu den Kuppelungen verwendeten Materials. Ich werde diese Angaben in jedem Falle der Wiedergabe der im hiesigen Laboratorium vorgenommenen Versuche vorausschicken. Feinmessungen zur Ermittlung der Proportionalitätsgrenze und der Streckgrenze des Materials waren von den Einsendern nicht vorgenommen worden. Man musste aber Werth darauf legen, diese Grenzen kennen zu lernen, weil nur so in Verbindung mit den im vorigen Hefte der „Mittheilungen“ veröffentlichten Dauerversuchen Bauschingers eine Abschätzung darüber ermöglicht wurde, welchen Lasten die Kuppelungen bei

der sehr oft wiederholten Beanspruchung, die sie im Eisenbahnbetriebe erfahren, etwa gewachsen sein dürften. Da besondere Probestäbe aus dem gleichen Material nicht zur Verfügung standen, liess ich nach dem Bruche der Kuppelung die starken Schäfte, in die die Zughaken behufs Einspannung in die Festigkeitsmaschine ausliefen, auf einen kleineren Querschnitt abhobeln und stellte an den so gewonnenen Probestäben Elasticitätsmessungen mit dem Bauschingerschen Spiegelapparate an. Auch die Resultate dieser Messungen werde ich in den folgenden Zusammenstellungen jedesmal angeben. Die Bruchbelastungen dieser abgehobelten Stäbe sind freilich in manchen Fällen durch Schweissstellen beeinflusst, auf die es bei dem Hauptversuche nicht ankam und die daher vorher nicht vermieden zu werden brauchten. Proportionalitäts- und Streckgrenze können aber durch diesen Umstand kaum merklich gefälscht sein. Freilich ist andererseits zu beachten, dass das Material der Probestäbe für die Elasticitätsmessungen nicht mehr ganz im ursprünglichen Zustande war, da es schon bei dem vorausgegangenen Versuche mit der ganzen Kuppelung und zwar in einigen Fällen über die Proportionalitätsgrenze hinaus gespannt worden war. Ich werde in jedem Falle angeben, wie gross die Spannung war, unter der es vorher gestanden hatte. Da die Zeit, die seit der ersten Belastung verstrich, auf das Verhalten bei einem zweiten Versuche von Einfluss ist, bemerke ich noch, dass zwischen beiden Versuchen stets einige Wochen lagen.

Die Gestalt der Kuppelungen ist aus den Zeichnungen auf Tafel I zu entnehmen. Die dort mit den Buchstaben a bis q bezeichneten Maasse wurden vor dem Versuche an jeder Kuppelung durch unmittelbare Messung festgestellt, da sie oft erheblich von einander abwichen. Diese Nachmessungen noch weiter auszudehnen, hätte zu viel Arbeit verursacht und es schien zunächst auch nicht nöthig. Freilich zeigte sich später, dass in dem einzigen Falle, bei der ein Bügelauge ausriss und zwar bei der kleinsten Bruchlast von 23,0 t, die überhaupt beobachtet wurde, das Auge erheblich schwächer war, als es nach der Normalzeichnung sein sollte. Der äussere Durchmesser sollte nämlich 70 mm betragen, während er in Wirklichkeit nur 62—63 mm betrug. Die Durchmesser der Laschenaugen wurden gemessen, und es wurde vorausgesetzt, dass jene der Bügelaugen gleichgross seien. Sonst traf dies wohl auch zu, im vorliegenden Falle aber nicht. Bei allen sonst vorgekommenen Brüchen sind indessen die zugehörigen massgebenden Stärken von vornherein durch Messung festgestellt gewesen.

Die in den Zeichnungen mit 1—9 bezeichneten Strecken wurden nicht allein bei Beginn des Versuches, sondern wiederholt nach Erreichung verschiedener Belastungsstufen gemessen. Dies geschah, um ein Urtheil darüber zu gewinnen, von welcher Last ab die Ueberschreitung der Streckgrenze an jeder Messstrecke angenommen werden konnte. Freilich ist nicht ausgeschlossen, dass die Streckgrenze des Materials auch schon vorher an irgend einer Stelle erreicht wurde, ohne dass sich dies in den vorgenommenen Messungen aussprechen konnte. Die Versuche nahmen aber ohnehin schon sehr viel Zeit in Anspruch und man musste sich daher, um die Arbeit nicht noch mehr anschwellen zu lassen, damit begnügen, nur die am wichtigsten erscheinenden Messungen auszuführen.

Die Ausführung dieser Messungen erfolgte in einfachster Weise mit Hilfe eines Stangenzirkels. Man war bei ihrer Vornahme durch das Gestell der Werderschen Maschine, in der die Versuche ausgeführt wurden, ziemlich behindert. Trotz aller Mühe, die darauf verwendet wurde, kann daher die Genauigkeit, mit der die Messungen erfolgten, nicht höher als auf einige Zehntel-Millimeter geschätzt werden.

In den folgenden Zusammenstellungen gebe ich alle in dieser Weise vorgenommenen Messungen wieder. Jene Messung, von der angenommen wurde, dass durch sie eine Ueberschreitung der Streckgrenze innerhalb der zugehörigen Messstrecke angezeigt würde, ist durch fetten Druck kenntlich gemacht. Mit Rücksicht auf die vorher erwähnte Unsicherheit der gemessenen Längen bis auf einige Zehntel-Millimeter konnte man öfters im Zweifel sein, wohin die Streckgrenze zu verlegen sei. Ein anderer Beurtheiler wird sie in diesen Fällen vielleicht etwas verschieben; im Ganzen wird aber das Bild dadurch nur unerheblich geändert werden können.

Nach diesen Vorbemerkungen lasse ich die Resultate der Versuche folgen.

#### A. Kuppelung aus der Werkstätte von F. Ringhoffer in Smichow bei Prag, eingesendet

vom k. k. österr. Eisenbahnministerium in Wien.

a) Angaben des Einlieferers über Herstellungsverfahren, Material u. s. f.

1. **Z u g h a k e n.** Material: sehniges Schweisseisen. Für den Zughaken wird Quadrateisen (90×90 mm), für die Herstellung der Probestücke (des grösseren Auges wegen) jedoch Quadrateisen (120×120 mm) verwendet. Das Quadrateisen wird zunächst an entsprechender Stelle eingeballt und abgestreckt im Gesenk zuerst annähernd auf die dimensionirte Form gebracht. Alsdann wird die

Spitze des Hakens umgebogen, worauf zum Schlusse der Haken in ein zweites Gesenk zur vollständigen Formgebung eingeschlagen wird.

2. **S p i n d e l.** Material: Schweisseisen (Feinkorn) rund, 47 mm. Die Spindel erhält linkes und rechtes Schnürlgewinde. Beim Zusammentreffen des linken und rechten Gewindes wird die Spindel rund eingedreht. Ueber diese Stelle wird sodann das Scharnier des Schwengels warm aufgezogen und auf der Schlagpresse in den Auslauf und in die nebenliegenden Gewindegänge eingepresst, so dass ein Verdrehen des Scharniers auf der Spindel unmöglich wird. Nach dem Aufschrauben der Kuppelungsmuttern werden die beiden Endringe aufgesteckt und kalt vernietet.

3. **S p i n d e l m u t t e r.** Die Kuppelungsmuttern wurden aus Quadrateisen, 60×60 mm (Feinkorn) hergestellt, indem der bolzenartige Ansatz der Mutter in einem für den Vierkant ausgesparten Gesenke abgesetzt und ausgeschlagen wird.

4. **L a s c h e n.** Material: sehniges Schweisseisen, flach, 80×30 mm. Das Flacheisenstück wird auf die nöthige Länge und Dicke ausgestreckt und die Köpfe im Gesenke ausgeschlagen und später gebohrt.

5. **B ü g e l.** Material: sehniges Schweisseisen, flach, 75×30 mm. Das Flacheisenstück wird mit Berücksichtigung der Bügeldicke 28—35 mm rund abgestreckt und die Enden im Gesenk zu Köpfen ausgeschlagen. Nach Bohrung der Köpfe und weiterer Appretur werden die Bügel im warmen Zustand über die linksgängige Spindel Mutter gebogen und ausgerichtet.

Die aus demselben Material erzeugten und zerrissenen Probestäbe ergaben:

Festigkeit:	Spindelmaterial = 41,3	Zughakenmaterial = 36,1.
Contraction:	„ = 34,1	„ = 40,8.
Dehnung:	„ = 20,0	„ = 26,0.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Zughakenshafte hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1700 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1440 atm.

Streckgrenze = 1870 atm.

Elasticitätsmodul = 2 173 000 atm.

Bruchbelastung = 2610 atm.

Bruch ungleichmässig, zur Hälfte sehnig, zur anderen Hälfte feinkörnig, glänzend; anscheinend Schweissstelle. An einer zweiten Stelle äusserlich tief eingerissen.

Contraction: wegen des sehr ungleichmässigen Querschnitts nicht ermittelt.

Dehnung: auf 10 cm ursprüngliche Länge 8,1%.

c) Querschnittsmaasse in mm.

a = 36,0; b = 13,6; c = 36,0; d = 73,2; e = 28,8;  
 f = 33,0; g = 36,0; h = 71,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 49,4; m = 87,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 102,0;  
 q = 50,0;

d) Zugversuch mit der ganzen Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Maasstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
10	270,0	270,0	280,2	100,0	120,0	200,0	200,4	280,3	280,3
15	270,1	270,1	280,2	99,9	120,1	200,1	200,6	280,4	280,6
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,2	99,9	120,1	200,1	200,6	280,4	280,5
16	270,2	270,2	280,2	99,7	120,2	200,2	200,7	280,5	280,5
17	270,2	270,2	280,4	99,6	120,2	200,3	200,8	280,6	280,7
18	279,2	270,2	280,5	99,4	120,2	200,3	200,9	280,7	281,0
0	270,0	270,0	280,0	99,9	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
18	270,2	270,2	280,5	99,5	120,2	200,4	201,0	280,7	281,0
19	270,3	270,3	280,6	99,3	120,3	200,6	201,3	280,7	281,4
20	270,4	270,3	280,6	99,0	120,4	200,6	201,5	280,8	281,5
21	270,4	270,4	280,6	98,8	120,5	200,9	201,7	280,9	281,6
0	270,0	270,0	280,0	99,3	120,1	200,0	200,0	280,0	280,0
21	270,4	270,4	280,6	98,8	120,5	200,9	201,8	280,9	281,7
22	270,4	270,4	280,7	98,5	120,8	200,9	201,9	281,3	282,2
23	270,5	270,5	282,2	97,9	121,0	200,9	202,0	282,5	284,0
24	270,5	270,5	283,0	97,4	121,3	200,9	202,0	283,6	284,7
0	270,0	270,0	282,3	98,0	120,5	200,0	200,8	282,8	283,5
24	270,5	270,5	283,0	97,3	121,3	201,0	202,0	284,0	284,7
25	270,7	270,7	283,5	96,8	121,8	201,1	202,1	284,4	285,3
26	270,8	270,8	284,0	96,0	122,4	201,2	202,2	284,9	285,8
27	270,9	270,9	284,5	95,3	123,0	201,2	202,4	286,0	286,2
0	270,2	270,1	283,7	96,1	122,1	200,2	200,9	285,0	285,1
27	270,9	270,9	284,5	95,2	123,0	201,2	202,3	286,1	286,3
28	271,0	270,0	285,0	94,8	123,6	201,2	202,4	287,0	287,5
29	271,1	271,6	285,6	94,0	125,0	201,3	202,5	288,0	288,7
30	271,3	272,2	286,5	93,5	125,8	201,4	203,0	288,9	290,2
31	272,0	273,1	287,2	92,9	128,1	201,5	203,3	289,9	291,8
32	272,4	274,5	288,4	92,0	129,4	201,6	203,7	290,5	293,0
34	273,0	277,0	290,8	90,8	132,9	201,7	204,6	293,5	297,2
36	276,2	279,1	293,2	89,2	137,0	202,2	205,3	297,5	301,3
38	278,1	281,2	297,5	87,5	141,2	202,8	206,2	303,0	306,6

39,5 Tonnen Belastung führen den Bruch des Hakens herbei.

Bruch an der Angriffstelle sehnig, nach dem Scheitel zu körnig.

Noch einmal eingespannt unter Benützung eines Bolzens.

Der Bruch der Kuppelung erfolgt nun durch Ausreißen eines Mutterzapfens zunächst den Laschen unter einer Last von 41,4 Tonnen.

## B. Kuppelung von der Grazer Wagen- und Waggon-Fabrik-Gesellschaft, vorm. Joh. Weitzer in Graz,

eingesendet vom k. k. österr. Eisenbahnministerium in Wien.

a) Angabe des Einlieferers über Herstellungsverfahren, Material u. s. f.

1. Z u g h a k e n. Derselbe wird aus Quadrasteisen (100 mm) erzeugt und hiervon ein Stück von 300 mm Länge zuerst auf der Hakenseite ausgestreckt, gebogen, dann in ein Gesenke geschlagen, abgeputzt und damit ist der Haken fertig. Hierauf wird, um das Auge zu machen, das Schmiedestück vom Haken weg angesetzt und dann das andere Ende in ein Gesenke von der Form des Auges geschlagen.

2. S p i n d e l. Erzeugt aus 52 mm Rundeisen in der Länge von ca. 450 mm, wird dieses in der Mitte gestaucht und an dieser Stelle das Scharnier des Kuppelschwengels mittelst Gesenke aufgeschweisst; hierauf wird das Schmiedestück links und rechts auf die hohe Dimension ausgestreckt.

3. S p i n d e l m u t t e r. Das hierzu bestimmte Quadrasteisen (65 mm) wird links und rechts angesetzt und dieses Schmiedestück in ein der fertigen Form entsprechendes Gesenke eingeschlagen.

4. L a s c h e n. Dieselben werden aus Flacheisen 90×40 mm durch Strecken und Schmieden auf die vorgeschriebene Dimension in der Mitte und nachherige Fertigstellung der Augen durch Schmieden im Gesenke angefertigt.

5. B ü g e l. Das hierzu verwendete Flacheisen 80×40 mm wird in der Mitte auf die erforderliche Dimension ausgeschmiedet, die beiden Enden in ein den Augen entsprechendes Gesenke eingeschlagen, hierauf die Appretur vorgenommen und dann auf die Mitte gebogen.

F e s t i g k e i t. Die aus demselben Material erzeugten und zerrissenen Probestücke ergaben:

Festigkeit: Spindelmaterial = 36,2 Zughakenmaterial = 35,8.  
 Contraction: „ = 52,0 „ = 51,6.  
 Dehnung: „ = 28,8 „ = 26,0.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Zughakenschaften hergestellten Probestabe.

Vorhergegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1290 atm.

Proportionalitätsgrenze nicht sicher ausgesprochen, vielleicht durch einen systematischen Versuchsfehler etwas verdeckt; wahrscheinlich bei 1680 atm.

Streckgrenze = 2080 atm.

Elasticitätsmodul = 2 154 000 atm.

Bruchbelastung = 3420 atm.

Bruch sehnig, zackig, etwas spaltig, anscheinend Schweißstelle.

Contraction = 30 0/0.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 26,2 0/0.

c) Querschnittsmaasse in mm.

a = 36,0; b = 14,0; c = 85,5; d = 70,0; e = 29,0;

f = 34,8; g = 35,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;

l =  $\begin{cases} 48,5 \\ 51,0 \end{cases}$ ; m = 88,0; n = 27,6; o = 26,5; p = 96,5;

q = 50,0.

d) Zugversuch mit der ganzen Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Maassstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	260,0	100,0	120,2	200,0	200,0	260,0	260,0
5	270,0	270,0	260,0	99,9	120,3	200,0	200,0	260,0	260,0
10	270,0	270,0	260,0	99,9	120,3	200,0	200,3	260,0	260,0
15	270,1	270,1	260,1	99,5	120,4	200,0	200,7	260,6	260,5
0	270,0	270,0	260,0	100,0	120,2	200,0	200,0	260,0	260,0
15	270,1	270,1	260,1	99,4	120,4	200,0	200,7	260,7	260,5
16	270,1	270,1	260,1	99,3	120,5	200,0	201,2	261,3	260,6
17	270,2	270,2	260,3	99,2	120,5	200,0	201,4	261,3	260,8
18	270,2	270,2	260,5	99,1	121,0	200,0	201,6	262,2	261,0
0	270,0	270,0	260,2	99,7	120,3	200,0	200,7	261,7	260,5
18	270,2	270,2	260,5	99,0	120,9	200,0	201,6	262,3	261,0
19	270,2	270,2	260,5	98,8	121,1	200,0	201,8	262,8	261,4
20	270,2	270,2	260,8	98,5	121,2	200,0	201,9	263,6	261,9
21	270,3	270,3	261,5	98,0	121,3	200,0	202,0	265,0	262,5
0	270,0	270,0	261,2	98,7	120,5	200,0	201,0	264,0	262,0
21	270,3	270,3	261,7	98,0	121,3	200,0	202,0	265,3	262,6
22	270,4	270,4	262,5	97,5	121,4	200,1	202,5	266,8	264,0
23	270,5	270,5	263,8	96,8	121,5	200,1	202,7	268,3	265,0
24	270,6	270,6	264,3	96,0	123,0	200,3	202,9	269,3	266,5
0	270,1	270,1	263,8	96,7	122,4	200,0	201,7	268,2	265,7
24	270,6	270,6	264,3	96,0	123,0	200,4	203,1	269,5	266,6
25	271,4	270,7	265,2	95,0	124,0	200,6	203,5	270,6	268,0
26	272,2	270,9	266,0	94,0	126,0	200,6	203,9	272,0	270,0
27	273,0	271,5	267,1	93,2	127,8	200,8	204,2	274,2	272,5
0	272,2	270,9	266,5	94,0	127,0	200,2	203,2	273,3	271,6
27	273,2	271,6	267,4	93,2	128,0	200,9	204,3	274,7	272,6
28	273,9	272,4	268,5	92,5	129,9	201,2	204,7	276,5	274,3
29	274,5	272,7	269,3	91,6	130,8	201,5	205,2	278,8	277,5
30	275,5	273,4	270,3	90,6	132,5	201,8	205,5	281,4	280,5
31	276,7	274,0	272,5	90,0	134,2	202,6	205,8	285,0	285,2

32 t Belastung werden nahezu getragen, dann erfolgt der Bruch der Kuppelung durch Abbiegen des Mutterzapfens am Sitz von Lasche Nr. 1; gleichzeitig auch durch Ausschlitzen des Auges der Lasche Nr. 2.

### C. Kuppelung von der Nesseldorfer Wagenbau-Fabrik-Gesellschaft,

eingesendet vom k. k. österr. Eisenbahnministerium in Wien.

a) Angabe des Einlieferers über Herstellungsverfahren, Material u. s. f.

1. Z u g h a k e n. Der Zughaken wird aus 100 mm Quadrateisen aus einem Stück angefertigt; es wird zuerst

vom Schmiede der Hakenheil abgestreckt, gebogen und dann das ganze Stück im Gesenke gefertigt, vom Schlosser gefeilt, angekörnt und gebohrt.

2. S p i n d e l. Die Kuppelungsspindel wird vom Schmied aus 70 mm Rundeisen zuerst etwas flach geschmiedet, der Bund angesetzt, beide Seiten abgestreckt, dann mit neuer Hitze im Gesenk ausgeschlagen und ausgerichtet, vom Schlosser befeilt, angekörnt und auf den Maschinen gedreht, gebohrt und mit Gewinden versehen.

3. S p i n d e l m u t t e r n. Die Spindelmuttern werden vom Schmiede aus 65 mm Quadrateisen im Gesenke abgeschmiedet und von Hand ausgerichtet, vom Schlosser befeilt, und auf der Maschine gedreht, gebohrt und mit Gewinden versehen.

4. L a s c h e n. Die Laschen werden vom Schmiede aus Flacheisen 85×30 mm abgestreckt und die Köpfe mit neuer Hitze im Gesenke ausgeschlagen, vom Schlosser befeilt, gekörnt und gebohrt.

5. B ü g e l. Der Bügel wird vom Schmiede aus Flacheisen 80×30 mm abgestreckt und die Köpfe im Gesenke ausgearbeitet, vom Schlosser befeilt, gekörnt und gebohrt und zuletzt warm gebogen auf die Mutter gesetzt.

6. B o l z e n. Der Bolzen wird aus Rundeisen durch Aufstauchen des Kopfes herausgeschmiedet, gedreht und gebohrt.

7. S c h w e n g e l. Der Schwengel wird aus 38 mm Quadrateisen abgestreckt, mit neuer Hitze im Gesenke ausgeschlagen und gleichzeitig der Schlitz eingepresst, vom Schlosser befeilt, gekörnt und dann gebohrt.

8. B o l z r i n g e. Die Bolzringe werden aus Flacheisen 20×10 mm zusammengerollt, geschweisst, gedreht und gebohrt.

9. S p i n d e l r i n g e. Die Spindelringe werden aus Flacheisen 20×10 mm zusammengerollt, geschweisst, gedreht und gebohrt.

Festigkeitsproben. Die aus demselben Material erzeugten und zerrissenen Probestäbe ergaben:

Festigkeit: Spindelmaterial = 35,0 Zughakenmaterial = 35,9.

Contraction: „ = 58,9 „ = 56,0.

Dehnung: „ = 28,8 „ = 30,3.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Zughakenshafte hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1440 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1440 atm.

Streckgrenze = 1840 atm.

Elasticitätsmodul = 2 215 000 atm.

Bruchbelastung = 3220 atm.

Bruch sehnig, mit einigen Körnchen, rau und zackig, mit einer schwarzblauen ungeschweissten Stelle.

Contraction = 13,0‰.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 13,9‰.

c) Querschnittsmaasse in mm.

a = 36,0; b = 14,0; c = 35,0; d = 70,0; e = 28,5;  
f = 31,5; g = 35,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
l = 50,0; m = 87,5; n = 28,0; o = 27,5; p = 95,3;  
q = 50,0;

d) Zugversuch mit der ganzen Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Maassstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	198,2	198,2	289,2	289,2
5	270,0	270,0	280,1	100,0	120,0	198,5	198,5	289,9	289,3
10	270,0	270,0	280,3	99,9	120,2	198,8	198,7	290,0	289,6
15	270,1	270,1	280,6	99,6	120,4	199,1	199,3	290,2	289,7
0	270,0	270,0	280,1	100,0	120,1	198,5	198,3	289,7	289,2
15	270,1	270,1	280,5	99,5	120,4	199,0	199,4	290,5	289,8
16	270,1	270,1	280,5	99,3	120,6	199,1	199,7	290,3	289,8
17	270,2	270,2	280,7	98,9	120,9	199,2	199,9	291,0	289,9
18	270,2	270,3	281,1	98,1	121,1	199,5	199,3	291,2	289,9
0	270,0	270,0	280,5	98,6	120,5	198,4	198,6	290,1	289,6
18	270,3	270,3	281,1	98,0	121,2	199,4	199,8	291,2	289,8
19	270,3	270,3	281,3	97,1	121,3	199,7	199,9	291,2	291,1 <sup>2</sup>
20	270,3	270,3	281,4	96,2	121,4	199,9	200,0	291,5	290,4
21	270,5	270,5	281,3	95,3	121,6	200,0	200,2	292,0	290,9
0	270,0	270,0	281,3	96,1	120,9	199,2	199,2	291,0	289,5
21	270,5	270,5	281,9	95,2	121,5	200,0	200,4	292,0	290,5
22	270,7	270,7	282,1	94,7	121,9	200,2	200,3	292,4	290,7
23	272,0	270,8	282,6	94,1	122,0	200,8	200,5	293,7	290,8
24	273,3	271,5	283,3	93,2	122,3	201,0	200,7	294,7	291,3
0	272,8	271,0	282,8	93,9	121,3	200,3	199,6	293,7	290,0
24	273,5	271,8	283,6	93,1	122,4	201,3	200,8	294,9	291,7
25	274,0	272,3	284,1	92,5	122,6	201,3	201,0	295,7	292,4
26	275,5	273,4	284,9	91,7	122,9	201,8	201,3	296,3	293,0
27	276,6	274,5	285,7	90,9	123,3	202,2	201,4	297,9	294,0
0	276,2	274,0	285,2	91,6	122,8	200,9	200,2	296,7	292,8
27	276,9	274,8	286,0	90,7	123,4	202,0	201,4	298,0	294,2
28	277,0	275,1	286,8	90,2	124,1	202,2	201,8	298,9	295,3
29	279,1	276,9	288,2	88,9	124,8	202,6	201,9	300,6	296,3
30	280,4	278,2	289,3	88,2	126,0	202,7	202,3	302,0	297,7

Mit 31,9 Tonnen erfolgt der Bruch des Hakens.

Bruch feinkörnig, glänzend, mit kleiner sehniger Stelle nahe dem Scheitel. Hierauf wird der Haken ausgeschaltet und die Kuppelung mit Hilfe eines Bolzens von neuem eingespannt. Der Bruch erfolgt jetzt in der Lasche bei 35,9 Tonnen Belastung. Bruch rauh, mattgrau.

## D. Kuppelung von der Witkowitz Bergbau- und Eisenhüttengewerkschaft,

eingesendet vom k. k. österr. Eisenbahnministerium in Wien.

a) Angabe des Einlieferers über Herstellungsverfahren, Material u. s. f.

1. H a k e n. Hierzu wurde Flacheisen von den Dimensionen 135×80 genommen. Der Haken wurde vorge Streckt, gebogen und in zweitheiliges Gesenk geschlagen, dann wurde die zweite Seite abgestreckt und das Auge fertig geschmiedet.

2. S c h r a u b e n s p i n d e l. Diese ist nicht aus Rundeisen, sondern wegen des Ansatzes für den Schwengel aus Flacheisen von den Dimensionen 75×56 hergestellt worden, da Schweisse zu vermeiden sind. Nach beiden Seiten wurde das Material gestreckt und gerundet, ebenso wurde der Ansatz für den Schwengel ein wenig abgestreckt und fertig geschmiedet.

3. L a s c h e n. Das hierzu verwendete Material ist Flacheisen von den Dimensionen 90×30. Die Augen wurden geschmiedet und dann das Material abgestreckt.

4. B ü g e l. Dieser ist hergestellt aus Flacheisen 70×30. Die Augen wurden geschmiedet, dann das Material abgestreckt und gerundet.

5. M u t t e r n. Hierzu wurde Quadrateisen 65×65 verwendet und die beiden Zapfen abgestreckt.

Festigkeitsproben. Die aus demselben Material erzeugten und zerrissenen Probestäbe ergaben:

Festigkeit: Spindelmaterial = 35,1 Zughakenmater. = 33,25.

Contraction: „ = 60,6 „ = 67,4.

Dehnung: „ = 29,8 „ = 29,8.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Zughakenshafte hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1640 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1840 atm.

Streckgrenze = 2560 atm.

Elasticitätsmodul = 2 190 000 atm.

Bruchbelastung grösser als 3920 atm. Der Bruch des Stabes konnte nicht herbeigeführt werden, weil bei der angegebenen Belastung eines der Einspannstücke zerbrach.

c) Querschnittsmaasse in mm.

a = 36,0; b = 14,0; c = 36,0; d = 75,0; e = 29,0;  
f = 31,2; g = 35,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
l = 50,0; m = 86,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 94,2;  
q = 52,0.

## d) Zugversuch mit der ganzen Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
10	270,0	270,0	280,0	99,6	120,2	200,2	200,1	280,2	280,3
15	270,1	270,1	280,1	99,5	120,4	200,2	200,1	280,0	280,8
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,4	280,5
15	270,1	270,1	280,3	99,5	120,4	200,3	200,2	281,0	281,0
16	270,2	270,2	280,2	99,4	120,5	200,4	200,2	281,1	281,1
17	270,2	270,2	280,2	99,4	120,5	200,6	200,4	281,3	281,1
18	270,2	270,2	280,2	99,3	120,5	201,0	200,9	281,5	281,4
0	270,0	270,0	280,0	99,7	120,1	200,5	200,4	280,7	280,7
18	270,2	270,2	280,2	99,3	120,5	201,0	200,9	281,4	281,3
19	270,3	270,3	280,3	99,1	120,6	201,0	201,0	281,8	281,4
20	270,3	270,3	280,3	99,0	120,6	201,0	201,3	281,9	281,5
21	270,3	270,3	280,3	98,5	120,9	201,3	201,3	282,4	281,6
0	270,0	270,0	280,0	98,9	120,4	200,9	200,9	281,9	281,2
21	270,3	270,3	280,3	98,4	120,9	201,3	201,3	282,3	281,8
22	270,3	270,3	280,3	97,4	121,0	201,3	201,9	283,0	281,9
23	270,4	270,4	280,4	96,3	121,2	201,9	202,3	283,7	282,1
24	270,4	270,6	280,6	95,2	121,4	202,1	202,7	284,5	282,3
0	270,1	270,2	280,2	95,9	120,9	201,6	202,2	283,7	281,8
24	270,4	270,6	280,5	95,3	121,4	201,9	203,0	284,7	282,5
25	270,4	270,8	280,7	94,3	121,7	202,4	203,3	286,0	283,8
26	270,3	271,0	282,2	93,3	122,2	203,0	204,0	287,5	285,2
27	271,2	271,2	283,2	92,4	123,2	203,2	204,6	288,5	286,5
0	270,3	270,8	282,3	93,0	122,6	202,7	204,0	287,8	286,0
27	271,2	271,3	283,2	92,4	123,3	203,2	204,7	288,7	286,8
28	271,5	271,6	283,9	91,5	123,8	203,7	205,4	289,7	287,6
29	272,3	272,3	284,9	90,2	124,7	204,2	205,9	291,3	289,5
30	273,0	273,5	285,5	89,3	125,5	204,7	206,4	292,5	290,7
31	274,0	274,5	286,7	88,5	126,3	205,9	207,0	294,7	292,5
32	276,0	275,5	288,0	87,4	127,1	205,4	207,4	296,3	294,0
34	279,0	277,7	290,5	85,7	130,3	205,7	208,3	300,2	299,1
36	282,2	280,7	294,2	84,2	133,5	206,5	210,0	305,7	304,4
38	286,4	284,5	298,2	82,0	136,8	207,0	211,0	312,0	311,8
40	293,5	289,5	305,5	80,2	142,0	207,8	212,5	322,1	322,0

Mit **41,1 Tonnen Belastung** erfolgt der Bruch der Lasche Nr. 2. Bruch den gewöhnlichen Flusseisen-Charakter tragend, glatt, mattsilberglänzend, regelmässig geneigt, stark eingezogen

### E. Zwei Kuppelungen aus der Eisenbahnwerkstätte Leinhausen der k. Eisenbahndirektion Hannover.

a) Angabe des Einlieferers über Herstellungsverfahren, Material u. s. f.

Die Zughaken sind in Leinhausen aus sogenanntem Hammereisen hergestellt, indem die Pakete aus Schweisseisenschrott in 2 Hitzen geschweisst und in einer dritten Hitze auf die verlangte Form vorgeschmiedet wurden.

Zur Herstellung der Haken werden die Stücke an entsprechender Stelle warm gelocht, vom Loch aus aufgeschrotet und aussen gerundet, worauf die Formgebung im Gesenk erfolgt. Das Loch an der Zugstange für den Aufhängebolzen ist aus dem Vollen gebohrt.

Eine aus dem Material entnommene Probe, welche bis auf etwa 50 qmm ausgeschmiedet wurde, hat 35,8 kg Festigkeit, 23 v. H. Dehnung und 39 v. H. Querschnittsverminderung ergeben.

Die Schraubenkuppelungen sind aus Schweisseisen, Güte I gefertigt, welches nach den massgebenden Lieferungsbedingungen mindestens 36 kg Festigkeit bei mindestens 15 v. H. Dehnung besitzen muss und bei der Abnahme diesen Vorschriften entsprochen hat.

Die Herstellung der Bügel erfolgt aus 36 mm Rund-eisen, indem durch Umlegen der beiden Enden nach zuvorigem Einschroten die Augen im Gesenk geschweisst und sodann die anschliessenden runden Theile im Gesenk bis auf Maass weggestreckt werden. Das warme Biegen findet nach dem Bohren der Bolzenlöcher statt.

Die Anfertigung der Scheeren geschieht aus Eisen von 80×25 mm durch Einballen zur Bildung der Köpfe, Wegstrecken des mittleren rechteckigen Theiles, Pressen der beiden Köpfe, Nachstrecken auf Maass und Fertigpressen im Gesenk.

Die Löcher werden gebohrt.

Die Spindeln sind aus 60 mm Quadrateisen durch Ausstrecken auf etwa 50 mm Durchmesser gefertigt. Eine Probe dieses Eisens ergab 45,63 kg Festigkeit, 18 v. H. Dehnung und 28,1 v. H. Querschnittsverminderung.

Die Muttern werden im kalten Zustande aus 60 mm Quadrateisen hergestellt.

Die Kuppelungsbolzen sind fertig aus Westfalen bezogen. Das Material derselben soll Stahl sein mit mindestens 50 und höchstens 60 kg Festigkeit, bei mindestens 20 v. H. Dehnung.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus einem Zughakenschaft hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1370 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1500 atm.

Streckgrenze = 2360 atm.

Elasticitätsmodul = 2200000 atm.

Bruchbelastung = 3630 atm.

Bruch mit einer schwarzen Schiefer-, anscheinend Schweissstelle, spaltig, grösstentheils sehnig, mit einigen körnigen Stellen.

Contraction = 24,0 %.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 20,7 %.

c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,4; c = 35,8; d = 66,0; e = 25,5;  
 f = 36,0; g = 34,8; h = 70,5; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 50,0; m = 85,0; n = 29,5; o = 28,8; p = 95,0;  
 q = 50,8.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,2; c = 36,0; d = 65,0; e = 26,3;  
 f = 35,0; g = 35,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 50,0; m = 83,0; n = 29,0; o = 29,0; p = 93,4;  
 q = 50,0.

d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	264,6	264,6	275,0	275,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	264,6	264,6	275,0	275,1
10	270,0	270,0	280,1	99,9	120,1	264,6	264,6	275,0	275,2
15	270,1	270,1	280,2	99,6	120,4	264,6	264,6	275,5	275,5
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	264,6	264,6	275,0	275,0
15	270,1	270,1	280,2	99,6	120,4	264,7	264,6	275,6	275,5
16	270,2	270,2	280,3	99,2	120,6	265,0	265,0	276,0	275,9
17	270,3	270,3	280,4	99,0	120,8	265,1	265,1	276,3	276,2
18	270,3	270,3	280,5	98,7	121,0	265,1	265,1	276,8	277,0
0	270,0	270,0	280,0	99,8	120,2	264,3	264,6	276,0	276,1
18	270,3	270,3	280,4	98,7	121,0	265,0	265,0	276,8	277,0
19	270,3	270,3	280,5	98,2	121,1	265,1	265,1	277,4	277,2
20	270,4	270,4	280,5	98,0	121,2	265,2	265,2	277,6	277,4
21	270,4	270,4	280,5	97,2	121,3	265,3	265,3	278,0	278,1
0	270,0	270,0	280,0	97,9	120,3	264,6	264,6	277,1	277,1
21	270,4	270,4	280,5	97,2	121,3	265,2	265,2	278,1	278,1
22	270,4	270,5	280,7	96,5	121,4	265,4	265,3	279,2	279,1
23	270,5	270,5	281,0	95,8	121,5	265,6	265,5	280,0	280,7
24	270,6	270,6	281,3	95,1	121,6	265,7	265,7	280,5	281,5
0	270,1	270,1	280,8	95,7	120,8	264,8	264,8	279,8	280,6
24	270,6	270,8	281,3	95,0	121,7	265,6	265,6	280,5	282,0
25	270,7	272,1	281,6	94,1	122,1	265,8	265,8	281,8	283,5
26	271,0	273,5	282,1	93,5	122,9	265,8	265,8	282,3	286,4
27	271,3	275,8	282,5	92,6	124,0	265,9	265,9	282,5	288,0
0	270,8	275,3	282,1	93,3	123,1	264,7	264,9	281,1	287,1
27	271,4	275,8	282,8	92,5	124,5	265,8	265,9	282,5	288,6
28	271,5	276,5	283,2	91,8	125,8	266,0	266,0	283,2	290,5
29	272,0	277,7	284,0	91,3	127,0	266,2	266,2	284,9	292,3
30	273,1	279,1	284,8	90,0	128,7	266,4	266,4	286,5	294,0
31	275,0	280,6	285,8	89,1	130,0	267,0	267,0	288,4	295,8
32	276,8	282,4	286,4	88,1	131,5	267,6	267,7	290,3	299,0
34	278,6	286,2	288,2	86,0	136,1	268,0	268,2	295,2	304,6

Mit 34,75 t Belastung werden die beiden Mutterzapfen, an denen der Bügel hängt, aus der Mutter herausgezogen, auch zeigt die Mutter einen klaffenden Einriss.

e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	99,5	120,0	265,0	265,0	290,0	290,0
5	270,0	270,0	280,0	99,4	120,0	265,3	265,2	290,1	290,1
10	270,0	270,0	280,0	99,0	120,2	265,7	265,7	290,4	290,2
15	270,2	270,2	280,2	98,7	120,3	265,8	266,0	291,0	290,3
0	270,0	270,0	280,0	99,2	120,0	265,2	265,4	290,2	290,0
15	270,2	270,2	280,2	98,6	120,3	265,8	266,1	291,0	290,2
16	270,2	270,2	280,2	98,4	120,4	266,0	266,7	291,4	290,3
17	270,2	270,2	280,2	98,2	120,4	266,2	267,0	291,5	290,6
18	270,3	270,3	280,3	97,8	120,7	266,2	267,2	291,8	290,8
0	270,0	270,0	280,0	98,5	120,2	265,1	266,3	290,9	290,0
18	270,3	270,3	280,3	97,7	120,7	266,1	267,2	292,0	290,7
19	270,3	270,3	280,3	97,6	120,8	266,1	267,3	292,3	290,8
20	270,3	270,3	280,3	97,3	121,1	266,2	267,4	292,3	291,1
21	270,4	270,4	280,4	96,6	121,3	266,2	267,6	293,3	291,3
0	270,1	270,0	280,1	97,0	120,7	265,2	266,5	292,7	290,7
21	270,4	270,4	280,4	96,5	121,3	266,1	267,6	293,5	291,3
22	270,4	270,5	280,7	95,8	121,4	266,2	267,8	294,2	292,0
23	270,5	270,5	281,3	95,0	121,6	266,2	267,9	295,0	292,7
24	270,5	270,5	281,9	94,1	122,0	266,2	267,9	296,0	293,5
0	270,1	270,1	281,3	94,9	121,3	265,4	266,9	295,3	292,5
24	270,5	270,5	282,0	94,0	122,0	266,2	267,9	296,4	293,5
25	272,0	270,8	282,5	93,4	122,4	266,2	267,9	297,6	294,0
26	273,4	270,9	282,9	92,3	123,3	266,3	267,9	299,7	295,1
27	274,0	271,4	283,5	91,4	124,3	266,3	268,0	301,8	295,8
0	273,3	270,3	282,8	92,2	123,6	265,3	266,8	300,7	294,7
27	274,0	271,4	283,5	91,4	124,3	266,3	268,0	302,1	295,7
28	275,0	271,8	284,2	90,7	125,3	266,3	268,1	303,5	296,2
29	276,5	272,7	284,8	89,8	126,4	266,4	268,3	305,8	298,0

Mit 29,75 t Belastung Bruch des Mutterzapfens, an welchem die Lasche Nr. 2 sitzt. Laschenaugc stark verbogen, Mutter zum Theil eingerissen.

F. Zwei Kuppelungen aus der Eisenbahnwerkstätte Gotha der k. Eisenbahndirektion Erfurt.

a) Angaben des Einlieferers über Material und Herstellungsverfahren.

Versuchsobject	Material	Festigkeitswerthe		
		Bruchfestigkeit pro qmm	Contraction in % des ursprüngl. Querschnitts	Verlänger. in % der ursprüngl. Länge von 200 mm
Schrauben- kuppelung	K 1	33,5	49,8	26
	K 2	37,7	43,9	21
	K 3	33,2	51,3	26,5
	K 4	35,0	34,3	17,0
Zughaken	Z 1	46,5	18,3	13,0
	Z 2	41,1	23,1	10,5
	ZS 1	34,7	53,4	23,0
	ZS 2	36,3	56,3	25,0

Sämmtliche Theile der Schraubenkuppelungen sind aus dem Ganzen, ohne Schweissung hergestellt. Der Ring mit Ansatz zur Befestigung des Schwengels ist aus dem Ganzen hergestellt und auf die Spindel aufgezogen. Die Gewinde der Schraubenspindel und Schraubenmutter werden auf der Drehbank geschnitten.

Die Augen der Hängeisen und der Bügel werden durch Absetzen gebildet, sodass bei Herstellung dieser Theile weder eine Schweissung noch eine Stauchung vorgenommen wurde.

Sämmtliche Bolzenlöcher sind aus dem Vollen gebohrt.

Drei der Zughaken und zwar Z 1, Z 2 und Z 3 sind aus dem Ganzen geschmiedet, während bei drei Stücken Z.S. 1, Z.S. 2 und Z.S. 3 die Stücke zur Bildung der Augen angeschweisst sind.

Die Löcher sind gleichfalls aus dem Vollen gebohrt.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Zughakenschaft Z<sub>2</sub> hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1490 atm.

Proportionalitätsgrenze = 2000 atm.

Streckgrenze = 2400 atm.

Elasticitätsmodul = 2 169 000 atm.

Bruchbelastung = 3280 atm.

Bruch zum grössten Theil feinkörnig mit einer mattgrauen, fast gelblichen Stelle und Schweissfehler.

Contraction = 2 0/0.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 2,3 0/0.

c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,0; c = 35,0; d = 70,0; e = 28,0;  
f = 34,2; g = 36,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
l = 50,0; m = 85,0; n = 27,5; o = 28,0; p = 95,0;  
q = 51,0.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 36,0; b = 13,7; c = 35,0; d = 70,0; e = 27,5;  
f = 35,0; g = 35,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
l = 50,0; m = 85,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 97,0;  
q = 50,0.

d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung, bezeichnet K<sub>3</sub>, mit Haken Z<sub>2</sub>.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	279,6	279,6	285,0	285,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	280,5	280,5	285,0	285,0
10	270,0	270,0	280,0	99,7	120,1	280,5	280,5	285,0	285,3
15	270,1	270,1	280,3	99,3	120,2	280,6	280,5	285,0	286,0
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	279,6	279,7	285,0	285,1
15	270,1	270,1	280,3	99,3	120,2	280,6	280,6	285,0	286,0
16	270,2	270,2	280,5	99,0	120,5	281,0	280,6	285,2	286,5

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	270,2	270,2	280,5	99,0	120,6	281,2	280,6	285,4	287,0
18	270,2	270,2	280,5	98,8	120,7	281,5	280,6	285,5	287,6
0	270,0	270,0	280,0	99,5	120,1	281,0	279,5	285,0	286,0
18	270,3	270,3	280,6	98,8	120,8	281,6	280,5	285,5	287,7
19	270,4	270,4	280,7	98,8	121,0	281,6	280,6	285,6	288,0
20	270,5	270,4	281,0	98,5	121,2	282,2	280,7	285,6	288,6
21	270,6	270,5	281,6	98,1	121,2	282,5	280,8	285,7	<b>289,6</b>
0	270,1	270,1	281,0	98,8	120,3	281,5	280,0	285,0	288,7
21	270,6	270,5	281,6	98,0	121,2	282,6	280,8	285,8	289,0
22	270,6	270,6	281,0	97,8	121,3	<b>283,4</b>	281,3	285,8	290,5
23	270,7	270,7	282,4	97,5	121,4	284,5	281,6	285,8	291,4
24	271,0	270,8	283,0	96,9	121,5	285,1	281,9	<b>287,1</b>	292,3
0	270,6	270,2	282,8	97,0	120,9	283,9	280,8	286,1	291,2
24	271,2	270,8	283,2	96,7	121,6	285,3	281,9	287,4	292,3
25	271,5	270,9	283,7	96,3	121,9	286,5	282,1	288,0	293,3
26	271,9	271,1	<b>285,0</b>	95,6	122,4	287,1	282,5	289,4	294,6
27	272,1	<b>272,5</b>	286,0	94,9	123,0	287,8	282,8	290,2	295,8
0	271,5	271,8	285,3	95,5	122,1	285,4	281,5	289,5	294,6
27	272,1	272,6	286,2	94,6	123,2	287,7	283,0	290,6	296,0
28	<b>272,7</b>	273,1	287,0	94,0	<b>124,3</b>	288,5	283,8	291,8	297,5
29	273,5	274,2	287,8	93,4	125,5	289,0	284,3	293,0	299,1
30	274,8	275,0	289,4	92,6	127,0	290,0	284,9	294,5	300,7
31	276,1	276,2	290,5	92,0	128,3	295,4	285,5	296,2	302,8
32	277,4	277,6	292,6	91,0	129,3	300,6	286,9	298,3	305,3

Bei **33,4** Tonnen Belastung bricht der Haken.

Bruch körnig mit Spalten.

Nachdem der Haken ausgeschaltet, wird die Kuppelung nochmals eingespannt mit Hilfe eines Bolzens und wieder belastet. Mit **37,8 t** wird der Mutterzapfen zunächst der Lasche 1 aus der Mutter seitlich herausgerissen.

Spindel stark gestreckt, Schwengel ganz locker.

e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung, bezeichnet mit K<sub>2</sub>, mit Haken Z.S.3.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	275,0	275,0	275,0	275,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	275,0	275,0	275,0	275,0
10	270,0	270,0	280,0	99,9	120,1	275,2	275,3	275,2	275,2
15	270,1	270,0	280,1	99,5	120,5	275,4	275,6	275,8	275,5
0	270,0	270,0	280,0	99,8	120,1	275,0	275,1	275,1	275,0
15	270,1	270,0	280,1	99,4	120,4	275,5	275,4	275,8	275,4
16	270,1	270,0	280,1	99,2	120,4	275,5	275,7	275,8	275,5
17	270,1	270,1	280,2	99,0	120,6	275,5	275,8	276,0	275,5
18	270,1	270,1	280,2	98,5	120,7	275,5	276,0	276,0	275,6
0	270,0	270,0	280,0	99,2	120,3	275,0	275,1	275,1	275,1
18	270,1	270,1	280,2	98,4	120,3	275,5	276,0	276,2	275,7
19	270,1	270,1	280,2	98,2	120,9	275,6	276,0	276,3	275,8
20	270,2	270,2	280,2	98,0	121,0	275,7	276,1	276,3	275,8
21	270,2	270,2	280,2	97,7	121,3	275,8	276,4	276,5	275,8
0	270,0	270,0	280,0	98,3	120,7	275,3	275,6	276,0	275,2
21	270,2	270,2	280,3	97,6	121,4	275,9	276,4	276,7	275,7
22	270,3	270,3	280,5	97,0	121,9	276,2	276,9	<b>277,0</b>	275,7
23	270,6	270,6	280,6	96,7	122,5	276,5	277,5	<b>277,7</b>	<b>276,3</b>

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	270,7	270,8	281,0	96,4	122,9	277,2	278,3	278,4	277,5
0	270,2	270,3	280,6	97,0	122,2	276,2	277,5	277,4	276,6
24	270,7	270,8	281,2	96,3	123,2	277,5	278,8	278,5	277,5
25	<b>271,2</b>	270,9	<b>281,3</b>	96,0	<b>124,0</b>	277,6	278,9	279,2	278,1
26	271,8	271,2	282,5	95,2	125,2	277,7	279,2	280,2	279,5
27	272,6	<b>271,7</b>	283,2	94,3	126,8	278,2	280,0	281,1	280,2
0	272,0	271,0	282,4	95,5	126,0	277,2	279,2	280,1	279,2
27	272,7	271,8	283,3	94,0	127,2	278,2	280,0	281,2	280,5
28	273,6	272,6	283,8	93,8	128,0	278,5	280,5	282,0	281,2
29	273,2	274,0	284,6	93,2	129,5	279,2	280,9	283,2	282,3
30	274,2	275,3	285,4	92,2	131,0	279,5	281,2	284,6	284,1
31	274,8	276,5	286,3	91,3	132,3	279,9	281,9	285,5	285,4

32,0 t Belastung führen den Bruch der Lasche 1 herbei.  
Bruch ziemlich grobkörnig, kurz, ohne Einschnürung.

**G. Zwei Kuppelungen aus der Eisenbahnwerkstätte Cannstatt der k. württembergischen Staatseisenbahnen.**

a) Angaben des Einlieferers über Herstellungsverfahren und Material.

Für die Qualität und Herstellung sind die „Technischen Vorschriften“ für die Lieferung von Zughaken und Kuppelungen der k. württembergischen Staatseisenbahnen vom März 1896 maassgebend.

Die in Cannstatt am 27. August l. J. durchgeführten Festigkeitsproben ergaben für das Material des Zughaken-schaftes im Mittel aus drei Versuchen: eine Festigkeit von 33,26 kg pro qmm, eine Contraction von 54,36% und eine Dehnung auf 200 mm ursprüngliche Länge von 28—27—28%.

Für das Material der Kuppelungsspindel ergab sich aus drei Versuchen eine Festigkeit von 36,9—35,8—36,9, im Mittel 36,5 kg pro qmm; ferner eine Contraction von 38,4—50,3—39,0, im Mittel 42,5%, und eine Dehnung auf 200 mm der ursprünglichen Länge von 22,0—29,0—29,0, im Mittel 26,6%.

Das Material ist packetirtes, also sicher Schweisseisen.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus einem Zughaken-schaften hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1430 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1660 atm.

Streckgrenze = 1980 atm.

Elasticitätsmodul = 2 102 000 atm.

Bruchbelastung = 3090 atm.

Bruch sehnig, gespalten, mit wenigen Körnern und zwei schwärzlichen Flecken, diese an zwei scharf auslaufenden Zungen; anscheinend Schweissstelle.

Contraction war an dem sehr spaltigen Bruchquerschnitt nicht sicher zu ermitteln.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 19,0%.

c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,0; c = 35,0; d = 76,0; e = 29,0;

f = 30,0; g = { 32,0; 42,0; h = { 65,0; 120,0; i = 40,0; k 40,0;

l = 50,5; m = 74,5; n = 27,0—28,0; o = 27,5;

p = 95,0; q = 50,5.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,0; c = 35,3; d = 74,5; e = 28,2;

f = 29,0; g = { 32,0; 42,0; h = { 65,0; 120,0; i = 40,0; k = 40,0;

l = 50,0; m = 75,0; n = 27,5; o = 28,0; p = 95,0;

q = 50,5.

d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
10	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,2	100,0	120,1	300,1	301,1	280,2	280,5
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,2	99,9	120,1	300,1	301,0	280,2	280,4
16	270,2	270,2	280,3	99,9	120,1	300,3	301,2	280,4	281,0
17	270,2	270,2	280,4	99,6	120,2	300,3	301,3	280,5	281,4
18	270,2	270,2	280,4	99,4	120,2	300,4	301,3	280,5	281,5
0	270,0	270,0	280,1	99,9	120,0	300,0	300,2	280,0	280,4
18	270,2	270,2	280,5	99,3	120,2	300,4	301,2	280,5	281,4
19	270,3	270,3	280,5	99,3	120,2	300,4	301,4	280,6	281,5
20	270,3	270,3	280,5	99,2	120,3	300,4	301,4	280,6	281,5
21	270,4	270,4	280,5	<b>98,5</b>	<b>120,8</b>	300,5	301,5	280,8	281,7
0	270,0	270,0	280,0	99,3	120,2	300,0	300,5	280,0	280,7
21	270,4	270,4	280,5	98,4	120,8	300,5	301,5	280,8	281,6
22	270,4	270,4	280,6	98,0	121,4	300,6	301,6	281,2	281,8
23	270,5	270,5	280,6	97,3	122,2	300,7	301,6	281,3	282,0
24	270,8	270,8	280,7	96,4	123,8	301,0	<b>302,3</b>	281,7	<b>282,6</b>
0	270,4	270,3	280,2	96,9	123,1	300,4	301,2	281,0	281,9
24	270,9	270,9	280,7	96,2	124,0	301,2	302,4	281,7	282,8
25	271,0	271,5	<b>281,4</b>	95,4	125,1	301,6	302,8	281,9	284,0
26	271,2	273,0	282,0	94,2	126,6	302,3	303,6	<b>282,5</b>	285,8
27	271,3	274,3	282,6	93,6	128,2	302,7	304,3	283,3	287,4
0	270,7	273,6	281,8	94,2	127,5	302,0	303,0	282,2	286,2
27	271,4	274,5	282,8	93,5	128,3	302,8	304,4	283,3	287,5
28	271,7	275,7	283,5	92,4	130,0	303,2	305,5	284,0	289,0
29	273,0	277,3	284,4	91,6	132,0	303,6	306,2	285,1	290,2
30	275,0	279,5	285,4	90,6	134,3	304,5	307,0	286,6	291,5
31*	277,0	281,1	286,4	89,7	136,5	305,3	308,0	287,5	293,2
32	278,5	282,9	287,2	89,0	137,8	306,3	308,8	288,4	294,5

Mit **33,75 t** Belastung erfolgt der Bruch des Hakens.

Bruch ziemlich grobkörnig, glänzend, mit einer sehnigen Stelle.

Hierauf wird die Kuppelung noch einmal mit Hilfe eines Bolzens eingespannt und belastet. Der Bruch erfolgt alsdann durch Zerreißen der Lasche Nr. 2, bei **36,4 t** Belastung nach stärkerer Einschnürung. Bruch mattgrau mit Schichtung.

\* Der Bügel zeigt eine grössere Anzahl Querrisse. Materialfehler.

## e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,0	99,9	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
10	270,0	270,0	280,1	99,8	120,1	300,0	300,3	280,2	280,2
15	270,1	270,1	280,2	99,6	120,3	300,0	300,6	280,4	280,4
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	300,0	300,0	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,2	99,6	120,3	300,0	300,7	280,5	280,3
16	270,1	270,1	280,3	99,4	120,4	300,1	300,8	280,7	280,6
17	270,2	270,2	280,3	99,3	120,5	300,2	300,9	280,8	280,8
18	270,2	270,2	280,4	99,3	120,5	300,2	300,9	280,8	280,9
0	270,0	270,0	280,0	99,9	120,0	300,0	300,1	280,1	280,1
18	270,2	270,2	280,3	99,3	120,6	300,2	300,8	280,8	280,8
19	270,2	270,2	280,3	99,3	120,8	300,3	300,8	281,2	280,9
20	270,3	270,2	280,4	99,2	120,9	300,4	301,4	281,2	280,9
21	270,3	270,2	280,4	99,1	121,0	300,4	301,8	281,3	280,9
0	270,0	270,0	280,0	99,7	120,2	300,0	300,9	280,0	280,2
21	270,2	270,2	280,4	99,1	121,0	300,6	301,7	281,2	280,9
22	270,3	270,3	280,4	99,0	121,0	300,6	302,0	281,4	280,8
23	270,3	270,3	280,4	98,8	122,0	300,7	302,2	281,6	281,0
24	270,6	270,5	280,5	98,5	123,1	300,8	302,5	282,6	281,0
0	270,2	270,1	280,1	99,0	122,5	300,0	301,6	281,6	280,2
24	270,8	270,6	280,5	98,5	123,2	300,8	302,6	282,4	281,0
25	271,8	271,0	280,6	97,5	124,8	301,2	302,9	283,5	281,6
26	274,0	271,6	281,0	96,7	126,4	302,0	303,2	285,3	282,2
27	276,2	273,3	281,9	95,6	128,5	302,6	303,7	286,0	283,0
0	275,5	272,6	281,2	96,3	127,7	301,8	302,7	285,2	281,3
27	276,3	273,5	282,2	95,6	128,7	302,6	303,7	286,0	282,9
28	277,2	275,0	272,8	95,2	130,2	303,3	304,4	286,6	284,0
29	279,0	277,3	283,5	94,3	131,8	303,9	304,9	287,8	285,2
30	280,4	279,0	284,3	93,5	134,0	304,4	305,5	288,9	286,1
31	282,9	280,4	285,2	92,6	136,0	305,0	306,4	290,4	287,4
32	285,0	282,5	286,2	92,0	138,6	305,8	307,2	291,4	289,0
34	292,2	288,3	288,2	89,7	143,5	308,1	308,0	294,6	291,2
36	308,5	300,5	290,2	87,3	156,2	310,8	308,4	301,3	294,2

Mit **36,75 Tonnen** erfolgt der Bruch durch Zerreißen der Lasche 1. Bruch wie der vorige.

## H. Zwei Kuppelungen der Grossherzoglichen Eisenbahn-Direktion Oldenburg.

a) Angaben des Einlieferers über Material und Herstellungsverfahren fehlen.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus einem Zughakenshafte hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1450 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1480 atm.

Streckgrenze = 2250 atm.

Elasticitätsmodul = 2130000 atm.

Bruchbelastung = 2860 atm.

Bruch sehnig, mit einer langen Zunge und schwarzer ungeschweisster Stelle.

Contraction wegen der Gestalt der Bruchfläche nicht ermittelt.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge 22,75‰.

c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

$$a = 36,0; b = 14,0; c = 35,0; d = \begin{cases} 76; \\ 79; \end{cases} e = 30,5; \\ f = 35,0; g \text{ nicht gemessen}; h = 71,0; i = 34,5; \\ k = 44,5; l = 52,0; m = 84,0; n = 29,0; o = 29,0; \\ p = 92,0; q = 52,0.$$

β) für die zweite Kuppelung.

$$a = 36,0; b = 14,0; c = 35,8; d = 70,0; e = \begin{cases} 30,0; \\ 31,5; \end{cases} \\ f = 35,5; g = 37,5; h = 70,0; i = 35,0; k = 44,8; \\ l = 50,0; m = 85,0; n = 29,0; o = 28,5; p = 93,5; \\ q = 50,0.$$

d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,5	120,3	Nicht beobachtet.			
5	270,0	270,0	280,0	99,8	120,0?				
10	270,0	270,0	280,0	99,8	120,3				
15	270,0	270,0	280,0	99,8	120,4				
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,2				
15	270,0	270,0	280,0	99,8	120,5				
16	270,0	270,0	280,1	99,8	120,6				
17	270,2	270,2	280,1	99,7	120,7				
18	270,2	270,2	280,2	99,7	120,8				
0	270,0	270,0	280,0	100,2	120,3				
18	270,2	270,2	280,2	99,5	120,8				
19	270,2	270,2	280,2	99,2	121,0				
20	270,5	270,5	280,3	99,0	121,2				
21	270,7	270,6	280,3	99,1	121,4				
0	270,2	270,2	280,0	99,5	120,5				
21	271,3	270,9	280,6	99,0	121,6				
22	272,8	270,3	280,8	99,0	121,9				
23	273,6	271,0	280,9	98,7	122,3				
24	274,4	271,2	281,8	98,6	123,6				
0	273,8	270,4	281,2	99,1	122,8				
24	274,0	271,2	282,0	98,5	124,0				
25	275,5	271,8	283,0	98,2	125,0	Riss an einer Lasche, schiefrige Stelle.			
26	277,0	272,9	285,5?	97,6	126,7				
27	277,9	273,5	284,7	96,9	128,0				
28	279,4	274,5	285,8	96,9	130,0				
30	281,9	276,1	287,2	95,0	133,5				

**32 t** werden nahezu, aber nicht vollständig erreicht, der Haken bricht, eine kleine Fehlerstelle am Bruchende zeigend.

Bruch rau, sehnig, im Scheitel körnig.

Noch einmal mit Hilfe eines Bolzens eingespannt, erfolgt der Bruch der Kuppelung bei **39,25 t** durch Zerreißen einer Lasche an der schon früher bemerkten schiefrigen Stelle. Bruch sehnig, mit schwarzem Fleck am Auslauf des Schiefers.

## e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	250,0	250,0	290,0	290,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	250,0	250,0	290,2	290,1
10	270,0	270,0	280,0	100,0	120,1	250,0	250,0	290,3	290,2
15	270,1	270,1	280,1	100,0	120,2	250,3	250,2	290,5	290,5
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	250,0	250,0	290,1	290,0
15	270,1	270,1	280,1	99,9	120,2	250,3	250,4	290,6	290,7
16	270,1	270,2	280,1	99,8	120,3	250,7	250,7	290,8	290,7
17	270,2	270,3	280,2	99,7	120,5	250,9	250,9	291,0	290,9
18	270,2	270,3	280,2	99,7	120,6	251,0	251,0	291,1	291,0
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,2	250,5	250,5	290,3	290,2
18	270,2	270,2	280,2	99,7	120,6	251,2	251,2	291,1	291,1
19	270,2	270,2	280,3	99,7	120,7	251,4	251,3	291,2	291,2
20	270,4	270,4	280,3	99,7	120,9	251,8	251,8	291,5	291,5
21	270,6	270,6	280,5	99,7	121,1	251,9	252,3	291,7	291,8
0	270,2	270,2	280,1	100,0	120,5	251,4	251,7	291,0	291,1
21	270,6	270,6	280,6	99,7	121,1	251,9	252,3	291,9	291,9
22	270,7	270,7	280,7	99,6	121,2	252,1	252,5	292,2	292,1
23	270,8	270,9	281,4	99,5	121,7	252,8	253,0	292,8	293,2
24	270,9	270,9	282,0	99,5	122,5	253,0	253,4	293,7	294,2
0	270,3	270,3	281,4	99,6	121,9	252,2	252,5	292,8	293,3
24	270,9	270,9	282,3	99,8	122,5	253,2	253,4	293,8	294,2
25	270,9	271,0	282,8	99,1	123,4	253,4	253,6	294,5	295,0
26	270,9	271,2	283,4	99,0	124,8	253,6	253,8	295,5	296,0
27	271,9	272,0	284,5	98,9	125,9	253,9	254,6	297,3	297,7
0	271,1	271,2	283,7	99,4	125,0	253,0	253,0	296,4	296,8
27	271,9	272,0	284,7	98,9	126,0	253,9	254,6	297,4	297,8
28	272,2	272,5	285,5	98,7	127,0	254,5	255,0	298,8	299,0
29	272,6	273,0	286,4	98,0	128,5	255,5	255,3	300,2	300,6
30	273,0	273,2	287,3	97,5	130,0	256,3	255,4	301,7	301,8
31	274,0	273,4	288,3	97,1	131,5	256,8	255,7	302,7	302,7
32	275,2	273,8	289,8	96,5	133,2	257,0	256,3	305,5	305,5
34	277,1	275,0	292,6	94,7	137,5	258,3	256,7	310,0	310,1
36	278,4	276,1	296,2	93,0	141,3	259,3	257,8	315,5	315,3

Mit 37,3 t Belastung bricht der Haken. Bruch sehnig.

Der Haken wird ausgeschaltet und die Kuppelung noch einmal mit Hilfe eines Bolzens eingespannt, worauf mit 40,4 t der Bruch der Schraubenspindel erfolgt. Bruch gut eingezogen, sehnig mit einer körnigen Stelle.

### I. Zwei Kuppelungen der k. bayer. Staatseisenbahnen von den seither vorgeschriebenen normalen Abmessungen.

#### a) Angaben des Einlieferers über das Material.

Ein Probestab aus der für die Zughaken benützten alten Wagenachse aus Schweisseisen ergab: Zugfestigkeit 3735 atm, Querschnittsverminderung 51,6%, Dehnung 24,4%.

Die Kuppelungsspindeln wurden aus einer Rundstange von Qualitätsschweisseisen hergestellt von der Zugfestigkeit 3720 atm, ab Querschnittsverminderung 49,3% und der Dehnung 29,3%.

#### b) Elasticitätsmessungen mit einem aus einem Zughakenschafter hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1140 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1430 atm.

Streckgrenze = 2060 atm.

Elasticitätsmodul = 2 160 000 atm.

Bruchbelastung = 3680 atm.

Bruch mattgrau, ziemlich gleichmässig, sehnig, mit einem Spalt.

Contraction = 52%.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 40,5%.

#### c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 33,0; b = 14,0; c = 36,0; d = 70,0; e = 28,0;  
f = 33,0; g = 33,0; h = 66,0; i = 35,0; k = 45,0;  
l = 50,0; m = 80,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 92,0;  
q = 49,0.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 32,8; b = 14,0; c = 35,0; d = 69,5; e = 27,5;  
f = 32,8; g = 32,0; h = 65,0; i = 35,0; k = 45,0;  
l =  $\begin{cases} 50,5; \\ 51,0; \end{cases}$  m = 80,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 93,0;  
q = 49,6.

#### d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	260,0	260,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,1	99,3	120,0	260,0	260,0	280,0	280,2
10	270,0	270,0	280,2	99,5	120,0	260,3	260,3	280,0	280,3
15	270,1	270,1	280,5	99,0	120,1	260,7	260,3	280,3	281,5
0	270,0	270,0	280,3	99,3	120,0	260,0	260,0	280,5	281,0
15	270,1	270,1	280,6	98,9	120,1	260,8	260,3	280,5	281,7
16	270,1	270,1	281,0	97,9	120,2	260,8	260,6	280,8	282,2
17	270,2	270,2	281,3	97,0	120,3	261,1	260,7	281,1	282,7
18	270,2	270,2	281,5	96,3	120,4	261,1	260,7	281,5	282,9
0	270,0	270,0	281,0	97,3	120,0	260,6	260,2	280,8	282,2
18	270,2	270,2	281,7	96,3	120,4	261,0	260,6	281,4	283,0
19	270,2	270,2	281,8	95,9	120,5	261,1	260,9	281,9	283,4
20	270,2	270,2	282,0	95,1	120,7	261,5	260,9	282,5	284,0
21	270,2	270,2	283,1	94,5	121,0	261,8	261,0	282,3	285,0
0	270,0	270,0	282,7	95,3	120,4	260,9	260,2	282,3	284,2
21	270,2	270,2	283,2	94,3	121,0	261,8	261,0	282,9	285,0
22	270,3	270,3	284,0	93,2	121,4	262,1	261,1	284,0	286,0
23	270,3	270,3	284,9	93,2	122,2	262,2	261,2	285,3	287,0
24	270,3	270,3	286,0	92,1	123,1	262,3	261,7	287,2	288,7
0	270,0	270,0	285,4	92,8	122,2	261,4	261,0	286,4	287,7
24	270,3	270,3	286,3	92,0	123,1	262,3	261,0	287,6	288,7
25	270,3	270,3	287,0	91,4	123,6	262,6	262,0	288,4	289,7
26	270,4	270,4	289,2	90,8	124,8	263,0	262,4	290,7	292,0
27	270,4	270,5	291,0	89,8	126,0	263,6	263,0	293,2	294,5

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,1	290,5	90,4	125,1	262,4	261,9	292,3	293,5
27	270,4	270,5	291,3	89,7	126,2	263,6	263,0	293,3	294,8
28	<b>270,7</b>	270,7	293,0	89,0	126,8	264,0	263,4	295,0	296,6
29	271,5	<b>271,3</b>	296,0	88,0	128,0	264,5	264,0	298,6	300,4
30	272,3	272,0	299,5	87,1	129,3	264,8	264,5	301,3	303,4
31	273,0	272,7	303,2	86,0	130,5	265,2	265,0	306,2	308,8

Mit **31,25 t** Belastung erfolgt der Bruch der Schraubenspindel in der Mitte am Scharnieransatz des Schwengels. Bruch ziemlich grobkörnig mit Schweißfehler am Ansatz des Scharniers.

e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	260,0	260,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,2	99,8	120,0	260,0	260,0	280,2	280,2
10	270,0	270,0	280,5	99,4	120,2	260,2	260,4	280,5	280,5
15	270,1	270,1	280,8	96,2	120,4	260,2	260,6	280,8	280,8
0	270,0	270,0	280,3	96,9	120,0	260,0	260,1	280,3	280,3
15	270,1	270,1	280,8	96,3	120,4	260,2	260,6	280,9	280,8
16	270,1	270,1	280,9	95,8	120,5	260,2	260,6	281,0	280,9
17	270,1	270,1	281,0	95,0	120,7	260,2	260,3	281,1	281,0
18	270,2	270,2	281,1	94,3	120,9	260,3	261,0	281,2	281,2
0	270,0	270,0	280,7	95,0	120,5	260,1	260,3	280,7	280,9
18	270,2	270,2	281,1	94,0	121,0	260,3	261,0	281,2	281,3
19	270,2	270,2	281,4	93,4	121,5	260,3	261,4	281,4	282,3
20	270,2	270,2	281,7	92,8	121,8	260,4	261,6	281,5	282,3
21	270,2	270,2	281,9	92,0	<b>122,5</b>	260,5	261,7	282,0	283,3
0	270,0	270,0	281,1	92,8	121,7	260,0	261,1	281,4	282,7
21	270,2	270,2	282,0	92,0	122,5	260,5	261,8	282,1	283,3
22	270,2	270,2	282,3	91,4	123,2	260,5	262,0	282,3	284,0
23	270,3	270,3	<b>283,0</b>	90,2	124,0	260,6	262,2	283,3	284,6
24	270,3	270,3	283,7	89,6	125,3	260,8	262,3	<b>284,5</b>	<b>285,3</b>
0	270,0	270,0	283,1	90,4	124,5	260,0	261,9	283,8	285,0
24	270,3	270,3	283,7	89,7	125,3	260,6	262,3	284,7	286,0
25	270,4	270,4	284,8	89,0	126,0	261,1	263,0	285,7	286,9
26	270,4	270,4	285,4	88,4	127,4	261,3	263,4	286,8	287,9
27	<b>270,9</b>	<b>270,9</b>	286,2	87,8	129,2	261,5	263,8	288,2	289,5
0	270,3	270,3	285,7	88,6	128,3	261,1	262,8	287,3	288,6
27	270,9	270,9	286,6	87,6	129,3	261,5	263,9	288,5	289,9

Mit **28,0 t** Belastung erfolgt der Bruch des Hakens.

Bruch körnig, glänzend, mit einer kleinen, sehnigen Stelle am Rande in der Nähe der Angriffsstelle des Bügels.

Hierauf wird die Kuppelung noch einmal mit Hilfe eines Bolzens eingespannt und belastet.

Der Bruch erfolgt jetzt bei einer Last von **29,25 t** durch Zerreißen der Schraubenspindel.

Bruch grobkörnig (krystallinisch) glänzend.

**K. Zwei verstärkte Kuppelungen der k. bayerischen Staatseisenbahnen.**

a) Angaben des Einlieferers über das Material.

Ein Probestab aus der zu der Herstellung der Zughaken verwendeten alten Wagenachse aus Schweisseisen

ergab: Zugfestigkeit = 4055 atm, Querschnittsverminderung = 51,0%, Dehnung = 25,1%.

Die Kuppelungsspindeln wurden aus einer Rundstange von Qualitätsschweisseisen hergestellt von der Zugfestigkeit = 3780 atm, der Querschnittsverminderung 37,9% und der Dehnung 16,8%.

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus einem Zughakenshafte hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1290 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1600 atm.

Streckgrenze = 2080 atm.

Elasticitätsmodul = 2 225 000 atm.

Bruchbelastung = 3710 atm.

Bruch sehnig, etwas zackig und gespalten.

Contraction = 46,0%.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 37,4%.

c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 35,6; b = 14,0; c = 35,0; d = 68,5; e = 27,0;  
 f = 32,0; g = 32,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 50,6; m = 81,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 92,0;  
 q = 48,3.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 35,1; b = 14,0; c = 35,0; d = 70,0; e = { 27,0;  
 28,0;  
 f = 32,5; g = 33,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 50,0; m = 80,0; n = 27,5; o = 28,0; = p 92,2;  
 q = 49,8.

d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	260,0	260,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	260,0	260,0	280,0	280,0
10	270,0	270,0	280,0	99,7	120,4	260,2	260,2	280,0	280,1
15	270,1	270,1	280,2	98,8	120,8	260,3	260,4	280,0	280,4
0	270,0	270,0	280,0	99,4	120,2	260,0	260,1	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,2	98,9	120,6	260,3	260,4	280,0	280,6
16	270,1	270,1	280,2	98,7	120,6	260,3	260,6	280,0	280,9
17	270,1	270,1	280,2	98,4	120,8	261,0	260,7	280,0	281,1
18	270,2	270,2	280,3	97,5	121,4	261,0	260,8	280,1	281,1
0	270,0	270,0	280,0	98,1	120,8	260,5	260,2	280,0	280,5
18	270,2	270,2	280,3	97,5	121,5	261,1	260,8	280,0	281,2
19	270,2	270,2	280,3	97,1	121,9	261,7	260,9	280,2	281,4
20	270,3	270,2	280,3	96,2	122,4	261,1	260,9	280,6	281,8
21	270,3	270,3	280,3	95,2	<b>123,2</b>	261,2	260,9	280,6	282,0
0	270,0	270,0	280,0	96,0	122,6	260,5	260,2	280,0	281,2
21	270,3	270,3	280,3	95,1	123,5	261,2	260,9	280,6	282,1
22	270,3	270,3	280,3	94,3	124,7	261,6	260,9	280,3	282,4

Bei **23 t** Belastung öffnet sich eines der Bügelaugen und schlitzt aus. Der äussere Durchmesser betrug nur 62—63 mm, während er 70 mm betragen sollte, worauf schon in den Vorbemerkungen hingewiesen wurde.

## e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	260,0	260,0	275,0	275,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	260,0	260,0	275,0	275,0
10	270,0	270,0	280,1	99,7	120,1	260,0	260,4	275,0	275,4
15	270,1	270,1	280,1	99,0	120,4	260,0	261,1	275,2	275,7
0	270,0	270,0	280,1	99,6	120,1	260,0	260,7	275,0	275,2
15	270,1	270,1	280,0	98,8	120,6	260,1	268,3	275,2	275,5
16	270,2	270,2	280,2	98,0	120,8	260,1	261,5	275,3	275,6
17	270,2	270,3	280,2	97,3	120,9	260,9	261,7	275,6	275,8
18	270,3	270,3	280,2	96,9	120,9	260,9	268,8	275,8	276,0
0	270,0	270,0	280,0	97,4	120,3	260,0	261,0	275,2	275,3
18	270,3	270,3	280,2	96,8	121,0	260,2	261,7	276,0	276,2
19	270,3	270,3	280,2	96,4	121,0	260,2	262,0	276,3	276,4
20	270,3	270,3	280,3	96,0	121,2	260,4	262,2	276,5	276,6
21	270,3	270,3	280,3	95,4	121,4	260,5	262,4	276,7	276,8
0	270,0	270,0	280,0	96,0	120,9	260,0	261,5	276,1	276,1
21	270,3	270,3	287,3	95,3	121,4	260,5	262,4	276,5	276,8
22	270,4	270,4	280,4	94,3	121,6	260,6	262,6	278,0	277,0
23	270,4	270,4	280,4	93,7	121,9	260,7	262,8	279,0	277,1
24	270,4	270,4	280,5	93,0	122,4	260,8	262,9	279,6	277,5
0	270,0	270,0	280,9	93,7	121,7	260,1	262,2	278,8	276,8
24	270,4	270,2	280,6	92,5	122,5	260,8	262,8	279,6	277,6
25	270,5	270,5	281,3	92,0	123,0	260,8	262,9	280,8	278,2
26	271,0	271,0	282,2	91,4	123,9	260,9	263,0	281,9	279,0
27	271,4	271,4	283,4	90,5	124,8	261,3	263,5	283,2	279,8
0	270,9	270,9	282,7	91,3	123,9	260,4	262,5	282,4	279,0
27	271,6	271,8	283,4	90,3	125,0	261,3	263,6	283,5	279,9
28	272,0	272,0	283,6	90,0	126,2	262,7	263,8	284,4	281,3
29	272,4	272,5	284,2	89,0	127,5	261,9	264,0	286,0	282,0
30	273,0	273,0	285,3	88,2	128,8	262,2	264,3	287,6	283,8

Bei 30,75 t Belastung erfolgt der Bruch des Hakens.  
Bruch körnig, glänzend, mit einer kleinen schwarzen Stelle am Rande.

Nun wird der Haken ausgeschaltet und die Kuppelung noch einmal eingespannt mit Hilfe eines Bolzens.

Der Bruch erfolgt jetzt bei 32,25 t Belastung durch Zerreißen der Schraubenspindel dicht am Charnierlappen des Schwengels.

Bruch grösstenteils grobkörnig, glänzend, mit kleiner sehninger Stelle (Schweisstelle mit kl. Fehler).

### L. Zwei Kuppelungen der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft in Wien.

#### a) Angaben des Einlieferers über Herstellungsverfahren und Material.

Sämtliche Bestandtheile der Schraubenkuppeln, sowie auch die Zughaken sind aus dem Ganzen, ohne Schweissung geschmiedet; auch der Ansatz an den Schraubenkuppeln-Spindeln für die Befestigung des Schwengels wurde mit den Spindeln aus einem Stück geschmiedet und herausgearbeitet.

Die Gewinde der Schraubenkuppel-Spindel und der Spindelmuttern sind auf der Drehbank geschnitten.

Die Hängeeisen, sowie der Bügel sind aus Flach-eisen von entsprechenden Querschnittsdimensionen durch Streckung des mittleren, schwächeren Theiles erzeugt, so dass für die Herstellung der Augen weder eine Stauchung noch eine Schweissung des Materials erforderlich war.

Die Bolzenlöcher sind ins volle Material gebohrt. — Die vom Einlieferer ermittelten Festigkeitsziffern sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Benennung	Material	Bezugsort	Festigkeitswerthe		
			Zerreihsfestigkeit in kg pro mm <sup>2</sup>	Contraction in Proz. des ursprünglichen Querschnitts	Verlängerung in Proz. der ursprüngl. Länge 200 mm zw. d. M.
Schraubenkuppel Nr. 1					
Spindel	Holzkohlen-Eisen	Donawitz			
Muttern	„ „	„	36,9—38,0	34,8—38,5	22,0—22,5
Bügel	„ „	„	34,6	45,0	25,5
Hängeeisen	„ „	„	39,7—40,7	31,6—36,0	22,0—22,5
Bolzen	„ „	Pichling			
Schraubenkuppel Nr. 2					
Spindel	„ „	Donawitz	34,6	45,0	25,5
Muttern	„ „	„	36,9—38,0	34,8—38,5	22,0—22,5
Bügel	„ „	Pichling	38,7	43,0	23,5
Hängeeisen	„ „	Donawitz	34,6	45,0	25,5
Bolzen	„ „	Pichling	39,8—40,7	31,6—36,0	20,0—25,5
Zughaken	Flammen-Eisen	Eigene Erzeugung	35,1—36,1	46,6—47,7	22,0—25,0

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus einem Zughakenshafte hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1430 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1440 atm.

Streckgrenze = 1920 atm.

Elasticitätsmodul = 2149000 atm.

Bruchbelastung = 3400 atm.

Bruchfläche mattgrau, rau, mit einigen verstreuten glänzenden Körnchen und einigen Spalten.

Contraction = 49%.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 38,6%.

c) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,0; c = 35,0; d = 70,0; e = 28,3;  
 f = 33,0; g = 35,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 50,0; m = 85,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 95,0;  
 q = 49,2.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 36,0; b = 14,0; c = 35,0; d = 70,0; e = 28,2;  
 f = 35,0; g = 36,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l =  $\begin{cases} 50,0 \\ 51,0 \end{cases}$ ; m = 85,0; n = 28,0; o = 28,0; p = 95,0;  
 q = 50,0.

d) Zugversuch mit der ersten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	264,4	264,4	275,1	275,2
5	270,0	270,0	280,2	100,0	120,0	264,6	264,6	275,4	275,5
10	270,0	270,0	280,2	99,8	120,2	264,6	264,6	275,5	275,5
15	270,1	270,1	280,2	99,6	120,3	264,7	265,0	275,8	275,8
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	264,5	264,5	275,4	275,4
15	270,1	270,1	280,2	99,6	120,3	264,3	265,0	275,8	275,9
16	270,1	270,1	280,4	99,4	120,4	265,0	265,3	276,0	276,1
17	270,2	270,2	280,4	99,2	120,6	265,2	265,7	276,2	276,3
18	270,3	270,3	280,4	98,8	120,7	265,6	<b>266,4</b>	276,3	276,4
0	270,0	270,0	280,2	99,3	120,2	265,0	265,5	275,7	275,7
18	270,3	270,3	280,4	98,7	120,7	265,7	266,6	276,4	276,4
19	270,3	270,3	280,4	<b>98,2</b>	121,0	266,2	266,3	276,6	276,6
20	270,5	<b>270,7</b>	280,5	97,2	121,1	266,5	267,5	276,9	276,9
21	270,6	271,4	280,7	96,4	121,3	266,6	268,2	277,1	277,3
0	270,0	271,0	280,2	97,2	120,9	266,0	267,0	276,2	276,6
21	270,6	271,8	280,3	96,4	<b>121,4</b>	266,9	268,2	277,2	<b>277,6</b>
22	<b>271,0</b>	272,6	<b>281,2</b>	95,6	121,3	267,0	268,8	<b>277,7</b>	278,2
23	272,0	273,5	282,2	94,8	122,3	267,2	269,3	278,9	280,0
24	272,6	274,3	283,0	94,0	123,0	267,7	270,0	279,2	281,3
0	271,9	274,0	282,3	94,8	122,3	267,0	268,5	278,4	280,3
24	272,8	275,0	283,2	94,0	123,2	267,9	270,0	279,5	281,5
25	273,2	276,0	283,5	93,2	124,3	268,1	270,5	280,0	282,6
26	274,0	277,0	284,3	92,0	126,1	268,4	271,0	280,5	283,8
27	275,0	278,0	285,0	91,1	128,2	268,6	271,3	282,0	285,0

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	274,2	277,3	284,3	91,8	127,1	268,0	270,0	280,6	284,0
27	275,2	278,4	285,1	91,0	128,2	269,0	271,6	281,9	285,1
28	275,8	279,3	286,0	90,0	130,1	269,6	271,9	283,0	286,7
29	277,0	280,7	286,9	89,2	133,0	270,0	272,3	284,0	288,0
30	278,6	282,5	287,5	88,3	136,2	270,5	273,0	285,0	289,3

Mit **30,8 Tonnen** Belastung erfolgt der Bruch des Zughakens, durch eine kleine fehlerhafte Stelle (Querriss) beeinflusst. Bruch grösstentheils sehnig, mit einer körnigen Stelle nahe dem Rücken.

Hierauf wird der Haken ausgeschaltet und die Kuppelung mit Hilfe eines Bolzens von neuem eingespannt. Der Bruch erfolgt nun bei **35,8 Tonnen** durch Zerreißen der Lasche Nr. 1. Bruch gut eingezogen, mattgrau, sehnig.

e) Zugversuch mit der zweiten Kuppelung.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	279,9	99,8	120,7	264,0	264,0	279,8	279,8
5	270,0	270,0	279,9	99,7	120,7	264,0	264,3	280,0	280,0
10	270,0	270,0	279,9	99,7	120,8	264,2	264,3	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,0	99,5	121,0	264,3	265,2	280,1	280,1
0	270,0	270,0	279,9	99,8	120,7	264,0	264,2	279,8	279,8
15	270,1	270,1	280,0	99,4	121,0	264,4	265,2	280,2	280,3
16	270,1	270,1	280,0	99,3	121,3	264,4	265,6	280,6	280,3
17	270,2	270,2	280,2	99,1	121,4	264,7	266,1	<b>281,3</b>	280,3
18	270,2	270,2	280,5	99,0	121,4	265,0	266,3	282,3	280,6
0	270,0	270,0	280,2	99,6	120,7	264,4	265,6	281,7	280,1
18	270,2	270,2	280,6	98,9	121,4	264,8	266,5	282,6	<b>281,0</b>
19	270,3	270,3	<b>281,2</b>	98,7	121,5	265,0	267,0	283,4	281,5
20	<b>270,3</b>	<b>270,8</b>	282,2	98,0	<b>122,0</b>	265,6	267,4	284,5	282,6
21	271,5	271,0	282,8	<b>97,3</b>	123,0	266,1	267,6	285,6	283,4
0	270,9	270,4	282,1	97,9	122,4	265,4	266,7	284,8	282,5
21	271,6	271,0	283,0	97,1	123,2	266,2	267,3	285,9	283,6
22	272,6	271,8	283,5	96,3	124,3	266,4	267,8	287,0	284,0
23	273,6	272,7	284,0	95,2	126,1	267,2	268,3	288,5	284,5
24	275,0	273,8	285,0	94,5	127,8	267,6	268,6	289,0	285,0
0	274,3	273,3	284,3	95,4	127,0	266,3	267,5	288,3	284,4
24	275,0	274,1	285,0	94,4	128,0	267,7	268,7	289,6	285,7
25	276,0	274,9	285,7	94,1	129,4	268,0	269,0	290,5	286,9
26	276,9	276,0	286,4	93,3	131,3	268,0	269,6	292,0	288,0
27	277,9	277,0	287,3	92,3	134,2	269,3	270,3	293,5	290,2
0	277,2	276,2	286,6	93,2	133,2	268,7	269,5	292,6	289,3
27	278,0	277,2	287,5	92,2	134,3	269,5	270,3	294,0	290,3
28	279,8	278,8	288,6	91,6	135,0	270,0	270,6	296,2	292,0

29 t werden noch getragen, mit **29,6 Tonnen** bricht der Haken ab. Bruch sehnig.

Hierauf wird die Kuppelung mit Hilfe eines Bolzens von neuem eingespannt und belastet. Der Bruch erfolgt mit **34,25 Tonnen** durch Zerreißen der Lasche Nr. 2, dicht am Mutterzapfenaug. Der Bruch zeigt sehniges Gefüge.

**M. Vier Kuppelungen der kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen.**

Davon eine, bezeichnet 6 A, mit verstärkter Schraubenspindel und Schweisseisenhaken 4 B.

Die zweite, bezeichnet 3 A, mit gewöhnlicher Schraubenspindel und Schweisseisenhaken 1 B.

Die dritte, bezeichnet 7 A, mit verstärkter Schraubenspindel und Flusseisenhaken XXX.

Die vierte, bezeichnet 2 A, mit gewöhnlicher Schraubenspindel und Flusseisenhaken XXXII.

a) Angabe des Einlieferers über das Ergebniss der mit dem verwendeten Material vorgenommenen Zerreißversuche.

α) Schraubenspindeln.

Material	Zeichen	Festigkeit kg pro qmm	Contraction %	Dehnung %
Schweisseisen	1 A	35,6	52,7	21,0
"	2 A	36,7	43,5	21,0
"	3 A	36,4	53,0	23,5
"	4 A	34,9	51,2	22,0
"	5 A	34,2	48,5	23,0
"	6 A	36,4	52,4	22,0
"	7 A	36,2	50,5	—

β) Zughaken.

Material	Zeichen	Festigkeit kg pro qmm	Contraction %	Dehnung %
Schweisseisen	1 B	33,2	48,9	23,0
"	4 B	34,1	35,3	22,0
"	3 B	31,4	56,6	26,0
"	7 B	33,6	35,3	23,0
"	9 B	34,0	34,7	22,0
"	10 B	34,5	45,4	26,0
Flusseisen	XXX	35,2	65,8	30,0
"	XXXI	38,5	63,4	21,0
"	XXXII	34,5	67,2	30,0
"	XXXIII	35,5	66,7	30,0

b) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Schweisseisen-Zughakenshafte 1 B hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1060 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1400 atm.

Streckgrenze = 1800 atm.

Elasticitätsmodul = 2 074 000 atm.

Bruchbelastung = 3525 atm.

Bruch sehnig, zackig, äusserlich längsspaltig.

Contraction = 40 %.

Dehnung auf 10 cm ursprüngliche Länge = 35,2 %.

c) Elasticitätsmessungen mit einem aus dem Flusseisenzughakenshafte XXXIII hergestellten Probestabe.

Vorausgegangene Beanspruchung bei der Prüfung der ganzen Kuppelung = 1090 atm.

Proportionalitätsgrenze = 1300 atm.

Streckgrenze = 1750 atm.

Elasticitätsmodul = 2 211 000 atm.

Bruchbelastung = 3510 atm.

Bruch fehlerfrei, etwas rau, flusseisenartig.

Contraction = 63 %.

Dehnung auf 10 cm ursprüngl. Länge = 41,6 %.

d) Querschnittsmaasse in mm.

α) für die erste Kuppelung.

a = 40,0; b = { 14,5; 15,0; } c = 35,6; d = 72,0; e = { 27,0; 28,0; }  
 f = 34,0; g = 37,0; h = 65,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = { 51,0; 50,5; } m = 87,0; n = 29,0; o = 30,0; p = 91,0;  
 q = 54,0.

β) für die zweite Kuppelung.

a = 36,0; b = { 14,6; 15,0; } c = 35,0; d = 71,0; e = { 27,0; 28,0; }  
 f = 33,0; g = { 37,0; 38,0; } h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = { 50,5; 50,0; } m = 87,5; n = 30,0; o = 28,0; p = 91,0;  
 q = 54,0.

γ) für die dritte Kuppelung.

a = 40,0; b = 15,0; c = 35,5; d = 70,0; e = 28,0;  
 f = { 34,0; 35,0; } g = 38,0; h = 65,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = { 49,0; 50,0; } m = 85,0; n = { 28,0; 29,0; } o = 28,0; p = 92,0;  
 q = 48,0.

δ) für die vierte Kuppelung.

a = 36,0; b = 15,0; c = 35,2; d = 71,0; e = 28,0;  
 f = 33,0; g = 37,0; h = 70,0; i = 35,0; k = 45,0;  
 l = 49,0; m = 86,8; n = 29,0; o = 29,0; p = 92,0;  
 q = 48,0.

e) Zugversuch mit der Kuppelung 6 A mit verstärkter Schraubenspindel und Schweisseisenhaken 4 B.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	279,5	279,5
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,1	200,0	200,0	279,7	279,7
10	270,0	270,0	280,1	99,8	120,3	200,0	200,2	279,9	279,9
15	270,1	270,1	280,4	99,5	120,6	200,0	200,3	280,2	280,2
0	270,0	270,0	280,1	99,8	120,2	200,0	200,1	279,8	279,8
15	270,1	270,1	280,4	99,5	120,7	200,0	200,3	280,3	280,3
16	270,1	270,1	280,6	99,3	121,0	200,2	200,5	280,5	280,4
17	270,2	270,2	280,7	99,1	121,2	200,4	200,7	280,6	280,6
18	270,2	270,2	280,8	99,0	121,3	200,6	200,9	280,9	280,8
0	270,1	270,1	280,4	99,5	120,8	200,3	200,5	279,9	279,9

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	270,2	270,2	280,8	99,0	121,8	200,8	200,8	281,0	281,0
19	270,2	270,2	280,8	99,0	121,4	201,0	201,3	281,8	281,8
20	270,3	270,2	280,8	98,8	121,4	201,4	201,6	281,5	281,4
21	270,3	270,3	280,8	98,7	121,4	201,7	201,9	281,9	281,8
0	270,0	270,0	280,8	99,2	120,9	200,9	201,0	281,0	281,0
21	270,3	270,3	280,8	98,6	121,4	201,7	202,0	281,9	281,8
22	270,3	270,3	280,9	98,4	121,6	201,8	202,1	282,2	281,9
23	270,4	270,4	280,9	98,2	121,9	202,3	202,2	282,8	281,9
24	270,4	270,4	280,9	97,4	122,3	202,7	202,8	283,3	282,1
0	270,1	270,0	280,8	98,2	121,8	201,9	201,9	282,4	281,5
24	270,4	270,4	280,9	97,2	122,3	202,7	202,7	283,4	282,0
25	270,5	270,5	280,9	97,0	122,8	203,0	203,0	283,8	282,9
26	270,6	270,6	280,9	96,4	123,8	203,2	203,2	284,3	283,2
27	270,7	270,8	280,9	95,8	124,2	203,8	203,4	285,0	283,3
0	270,8	270,5	280,5	96,4	123,6	202,8	202,8	284,2	282,5
27	270,7	270,9	281,0	95,5	124,4	203,6	203,7	285,5	283,7
28	270,9	271,3	281,1	95,0	125,2	203,8	203,9	286,5	283,9
29	271,3	271,8	281,2	94,2	126,5	204,1	204,2	287,6	284,4
30	271,8	272,5	281,5	93,3	127,8	204,7	204,5	288,7	285,2
31	272,5	273,0	282,3	92,8	129,2	204,8	204,6	289,9	286,2
32	273,0	273,8	283,0	92,0	131,1	205,4	204,9	291,2	287,4

Mit **32,8 Tonnen** Belastung erfolgt der Bruch im Hakenauge.

Der Haken wird ausgeschaltet und die Kuppelung noch einmal eingespannt mit Hilfe eines Bolzens. Bei einer Belastung von **34,75 t** bricht die Lasche 2 dicht hinter dem Auge. Bruch sehnig mit kleinem Fehler.

f) Zugversuch mit der Kuppelung 3A mit gewöhnlicher Schraubenspindel und Schweisseisenhaken 1B.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
10	270,0	270,0	280,1	100,0	120,1	200,0	200,2	280,1	280,1
15	270,1	270,1	280,2	99,9	120,2	200,4	200,3	280,2	280,3
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,1	200,0	280,0	280,0
15	270,1	270,1	280,2	99,9	120,2	200,4	200,3	280,2	280,3
16	270,1	270,1	280,2	99,6	120,4	200,6	200,4	280,5	280,5
17	270,1	270,1	280,3	99,4	120,6	200,9	200,6	280,8	280,8
18	270,1	270,1	280,6	98,9	120,8	201,1	200,6	281,2	281,3
0	270,0	270,0	280,1	99,5	120,1	200,3	200,2	280,6	280,6
18	270,1	270,1	280,5	98,9	120,8	201,2	200,6	281,2	281,3
19	270,2	270,2	280,5	98,7	120,9	201,4	200,7	281,4	281,5
20	270,2	270,2	280,8	97,6	121,0	201,5	200,7	282,1	282,2
21	270,2	270,2	281,4	96,8	121,1	201,9	200,9	283,2	283,2
0	270,0	270,0	281,0	97,3	120,7	201,1	200,3	282,5	282,5
21	270,2	270,2	281,5	96,8	121,1	202,0	201,0	283,4	283,4
22	270,2	270,2	281,7	96,2	121,4	202,3	201,2	284,1	284,0
23	270,2	270,2	282,1	95,5	121,7	202,5	201,3	285,0	284,7
24	270,3	270,3	282,4	94,8	122,0	202,7	201,3	285,8	285,4
0	270,0	270,0	281,0	95,3	121,3	202,2	200,6	285,0	284,7
24	270,3	270,3	282,5	94,6	122,0	203,0	201,3	286,0	285,6

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	270,4	270,4	284,8	98,8	122,5	203,8	201,6	288,0	287,1
26	270,6	270,7	284,8	98,0	123,2	203,8	201,9	290,2	288,4
27	271,2	271,3	285,6	92,0	123,9	204,1	202,1	292,5	289,8
0	270,6	270,9	285,0	92,6	123,2	203,5	201,4	292,0	289,2
27	271,2	271,3	286,8	91,0	124,2	204,2	202,2	294,5	291,0

Mit **27,25 Tonnen** Belastung bricht ein Mutterzapfen der Bügelmutter ab.

g) Zugversuch mit der Kuppelung 7A mit verstärkter Schraubenspindel und Flusseisenhaken XXX.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	275,0	275,0
5	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	275,0	275,0
10	270,0	270,0	280,0	99,8	120,0	200,1	200,2	275,0	275,0
15	270,0	270,1	280,0	98,0	120,2	200,1	200,3	275,1	275,1
0	270,0	270,0	280,0	98,4	120,0	200,0	200,0	275,0	275,0
15	270,0	270,1	280,0	98,0	120,2	200,1	200,3	275,1	275,1
16	270,1	270,1	280,1	97,0	120,4	200,2	200,6	275,2	275,2
17	270,2	270,2	280,2	96,2	120,8	200,3	200,8	275,4	275,4
18	270,2	270,2	280,2	95,2	122,0	200,5	201,0	275,7	276,1
0	270,0	270,0	280,0	96,1	121,8	200,0	200,8	275,1	275,4
18	270,2	270,2	280,2	95,2	122,1	200,5	201,0	275,7	276,1
19	270,2	270,2	280,2	94,4	123,0	200,6	201,8	275,8	276,4
20	270,2	270,2	280,2	93,8	124,0	200,9	201,5	276,0	277,0
21	270,2	270,2	280,2	92,9	125,2	201,3	201,9	276,3	277,5
0	270,0	270,0	280,0	93,5	124,6	200,9	201,2	276,6	276,8
21	270,2	270,2	280,2	92,8	125,6	201,5	201,8	276,4	277,7
22	270,3	270,3	280,3	92,0	127,0	201,9	202,2	277,0	278,3
23	270,3	270,3	280,3	91,1	129,0	202,5	202,5	277,6	279,3
24	270,3	270,3	280,3	90,1	131,0	202,8	202,8	278,2	279,9
0	270,0	270,0	280,0	91,0	130,2	202,0	202,0	277,5	279,0
24	270,3	270,3	280,3	90,0	131,2	202,8	202,8	278,3	280,1
25	270,4	270,4	280,4	89,0	133,5	203,0	203,1	279,2	280,8
26	270,8	270,8	280,8	88,0	136,5	203,5	203,6	280,0	281,5
27	271,2	271,3	281,1	87,0	140,0	203,8	203,8	280,7	282,4
0	270,9	270,9	280,8	88,1	139,1	202,8	202,9	279,7	281,4
27	271,2	271,3	281,1	86,8	140,2	203,8	203,9	280,7	282,4
28	271,8	271,9	281,4	85,7	148,5	204,8	204,8	281,8	283,2

**28,5 t** werden noch getragen, dann biegt sich der Haken allmählich vollständig auf.

Hierauf wird der Haken ausgeschaltet und die Kuppelung noch einmal mit Hilfe eines Stahlbolzens eingespannt und belastet. Nun erfolgt der Bruch mit **37,75 t** Belastung am Mutterzapfen der Lasche Nr. 2.

h) Zugversuch mit der Kuppelung 2A mit gewöhnlicher Schraubenspindel u. Flusseisenhaken XXXII.

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	270,0	270,0	280,0	100,0	120,0	200,0	200,0	280,0	280,0
5	270,0	270,0	280,1	100,0	120,1	200,0	200,0	280,3	280,1
10	270,1	270,1	280,1	99,3	120,2	200,0	200,1	280,3	280,2
15	270,2	270,2	280,2	98,0	120,3	200,2	200,4	280,4	280,4
0	270,0	270,0	280,0	98,4	120,0	200,0	200,1	280,0	280,0
15	270,2	270,2	280,2	98,0	120,4	200,3	200,5	280,4	280,5
16	270,2	270,2	280,2	97,3	121,0	200,6	200,9	280,6	280,7
17	270,2	270,2	280,2	96,8	122,2	200,9	201,3	280,8	280,7
18	270,2	270,2	280,3	95,8	124,2	201,3	201,9	281,3	280,8
0	270,0	270,0	280,0	96,5	123,9	200,5	201,0	280,8	280,3
18	270,2	270,2	280,3	95,8	124,3	201,3	201,9	281,4	280,8
19	270,2	270,2	280,4	95,0	125,4	201,5	202,1	281,6	280,9
20	270,2	270,2	280,4	94,2	127,1	201,9	202,3	282,2	281,3
21	270,2	270,2	280,5	93,2	128,8	202,3	202,6	282,6	281,6
0	270,0	270,0	280,1	94,0	128,1	201,6	202,0	281,8	280,9
21	270,2	270,2	280,5	93,1	128,9	202,3	202,6	282,7	281,6
22	270,3	270,2	280,5	92,5	130,1	202,4	202,8	283,3	282,0

Last in Tonnen	Länge der Messstrecken in mm								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	270,3	270,3	281,0	91,3	132,5	202,5	203,2	284,2	282,8
24	270,3	270,3	282,0	90,3	135,0	202,6	203,4	286,0	283,8
0	270,0	270,0	281,6	91,0	134,1	201,8	202,6	285,0	282,9
24	270,3	270,3	282,2	90,2	135,2	202,6	203,5	286,3	284,0
25	270,3	270,3	283,0	89,1	138,3	202,8	203,8	287,4	285,3
26	270,4	270,4	283,8	88,0	141,5	203,3	204,1	289,2	286,3
27	270,4	270,4	284,5	86,8	146,2	203,4	204,5	290,2	288,0
0	270,0	270,1	284,1	87,7	145,1	202,5	203,5	289,2	287,0
27	270,4	270,4	284,6	86,6	147,0	203,4	204,5	290,4	288,2
28	270,6	270,6	285,0	85,3	153,0	203,6	204,7	291,6	289,0
29	270,8	270,8	286,2	84,0	165,2	204,0	205,1	293,4	292,0

Mit 29,25 t Belastung biegt sich der Haken vollständig auf, ohne zu brechen.

Hierauf wird der Haken ausgeschaltet und die Kuppelung noch einmal mit Hilfe eines Bolzens eingespannt und alsdann wieder belastet. Mit 32,25 t bricht ein Mutterzapfen am Bügel.

### III.

#### Ueber die Biegefestigkeit gekrümmter Stäbe.

Bei geraden Stäben ist es gleichgültig, ob man zur Berechnung der Biegungsspannungen von der Annahme ausgeht, dass die Querschnitte bei der Biegung eben bleiben oder ob man Proportionalität zwischen den Spannungen und den Abständen von der neutralen Schicht voraussetzt. Für Stäbe mit gekrümmter Mittellinie treten aber beide Annahmen in Widerspruch mit einander und man ist daher genöthigt, eine von beiden fallen zu lassen. Die Rechnungen werden am einfachsten, wenn man an der Proportionalität zwischen Spannungen und Abständen von der dehnungslosen Schicht, also an der linearen Spannungsertheilung, festhält und früher ist man daher allgemein von dieser Annahme ausgegangen. In neuerer Zeit haben sich aber viele Techniker, zu denen besonders Herr Prof. v. Bach in Stuttgart gehört, für die andere Annahme entschieden. Ein ausreichender Grund für diesen Wechsel, der zu einer erheblichen Erschwerung der Rechnungen führte, ist früher keineswegs angegeben worden. Herr v. Bach begnügte sich z. B. damit, auf Grund seiner Annahme auszurechnen, dass die Haken, bei denen wegen ihres kleinen Krümmungshalbmessers der Unterschied besonders stark hervortritt, um etwa 30% überlastet wären, wenn man sie nach den einfacheren Formeln der älteren

Theorie berechnete, und er schlug vor, um dieser erhöhten Anstrengung vorzubeugen, die Form der Haken so abzuändern, dass die Krümmung in der Nähe des gefährlichen Querschnitts vermindert würde. Dem gegenüber habe ich schon früher darauf hingewiesen, dass die aus Festigkeitsversuchen mit Haken gewonnenen Erfahrungen eine solche Ueberlastung keineswegs erkennen liessen. Ich machte auch darauf aufmerksam, dass die eigenen Versuche Bach's mit gusseisernen Ringen sich besser mit der anderen Annahme als mit seiner eigenen vereinigen liessen. Auf diese Bemerkungen ist Herr v. Bach nicht eingegangen. Dagegen hat er in der kürzlich erschienenen dritten Auflage seiner „Elasticität und Festigkeit“ einen anderen, ganz nebensächlichen Versuch, von dem ich selbst sagte, dass er nicht viel beweise, und dass ich ihn nur anführen wolle, um ihn, da er einmal angestellt war, nicht absichtlich zu verschweigen, zum Gegenstande eines Angriffs gemacht. Er meint, es sei mir entgangen, dass die Wirkung der Schubkräfte bei der Krümmung der Querschnitte eines auf Druck in einer Durchmessersebene beanspruchten Ringes mit betheilt sei, weil ich mich damit begnügte, mit wenigen Worten über diesen von mir ausdrücklich so gering eingeschätzten Versuch hin-

wegzugehen. Dem gegenüber möchte ich bemerken, dass ich die Kunst nicht verstehe, alles was ich über einen Gegenstand weiss, in wenigen Sätzen zusammenzudrängen, und dass daher, wenn ich der Beschreibung und Besprechung eines Versuches im Ganzen nur einen Raum von 16 Zeilen widme, daraus nicht geschlossen werden darf, dass mir Alles, was in diesem Raum nicht untergebracht ist, unbekannt sei. Wenn ich den Versuch als wichtig hingestellt hätte, würde ich nicht unterlassen haben, ihn eingehender zu behandeln; von einer Bemerkung, die mehr nebenbei erfolgt, darf man aber, wie mir scheint, gerechter Weise nicht verlangen, dass sie auf alle Einzelheiten eingeht. Bei dem Gegner in einem solchen Falle ohne Weiteres Unkenntniss vorauszusetzen, entspricht weder den Geboten der Billigkeit, noch den Regeln der Höflichkeit, die in der wissenschaftlichen Litteratur üblich sind.

Jedenfalls hat aber diese Erörterung den erheblichen Nutzen gehabt, dass Herr v. Bach nun selbst einige Versuche angestellt hat, um den von ihm vertheidigten Standpunkt zu stützen. Ich gebe auch mit aller Bereitwilligkeit zu, dass diese Versuche gut ausgedacht waren, und dass ihr Ergebniss wenigstens für den Fall gusseiserner Stäbe zu Gunsten der Ansicht des Herrn v. Bach spricht. Ich habe auch nicht unterlassen, diese Versuche selbst zu wiederholen und werde darauf nachher zurückkommen.

Für den Fall des Schmiedeeisens und namentlich für die Berechnung der Tragfähigkeit schmiedeeiserner Haken, die für die Praxis von besonderer Wichtigkeit ist, muss ich aber bei meiner früher ausgesprochenen Ansicht beharren, da sich diese bei den in der vorigen Abhandlung bereits besprochenen Versuchen mit Zughaken von Eisenbahnwagen-Kuppelungen vollkommen bestätigt hat.

Im Uebrigen möcht ich hier noch einmal hervorheben, dass ich keineswegs der Ansicht bin oder jemals gewesen bin, die Voraussetzung der Proportionalität zwischen den Spannungen und den Abständen von der neutralen Schicht sei auch bei gekrümmten Stäben genau erfüllt. Ich betrachte diese Annahmen vielmehr nur als hinlänglich genau für die in der Praxis vorkommenden Festigkeitsberechnungen und halte sie auch jetzt noch, soweit Schweisseisen, Flusseisen oder Stahl in Betracht kommen, für zuverlässiger, als die entgegenstehende Annahme, dass die Querschnitte eben blieben. Wie ich hierüber denke, habe ich in meiner „Festigkeitslehre“, dem dritten Bande meiner „Vorlesungen über technische Mechanik“ ausführlich auseinandergesetzt. Ich erlaube mir, den Leser, der sich hierfür näher interessirt, auf diese Veröffentlichung zu verweisen.

Zugleich möchte ich noch erwähnen, dass ich keineswegs damit übereinstimmen kann, dass von zwei sich

gegenüberstehenden Theorien jene den Vorzug verdiene, nach der sich die Beanspruchung des Materials höher stellt. Ich bin vielmehr der Ansicht, dass möglichst gute Uebereinstimmung mit den Beobachtungsergebnissen und grössere Einfachheit in der Handhabung der Theorien allein den Ausschlag geben dürfen. Durch Wahl eines angemessenen Sicherheits-Coefficienten schützt man sich besser gegen Unfälle, als durch Anwendung eines Rechnungsverfahrens, das die Verhältnisse in schlimmerem Lichte darstellt, als sie wirklich liegen. Oft genug verlangen es auch zwingende constructive Erwägungen, die Festigkeit des Materials so weit auszunützen, als es mit der Sicherheit irgend verträglich ist. Ein gutes Beispiel dafür liefern gerade die Haken der Eisenbahnwagen-Kuppelungen, die ein gewisses Gewicht nicht überschreiten dürfen, um die Handhabung nicht zu sehr zu erschweren. Nach der von Herrn v. Bach aufgestellten Formel für die Berechnung solcher Haken erhält man, wie schon erwähnt, Beanspruchungen des Materials, die im Mittel um etwa 30% höher sind, als nach den Formeln der einfacheren Theorie. Aus den Versuchen geht aber hervor, dass die Anwendung der einfacheren Formeln schon eine vollständig ausreichende Sicherheit gewährt. Es wäre daher ein Missgriff und würde dem jetzt so oft und mit allem Rechte betonten Gebote widersprechen, dass sich der Techniker unter Hintansetzung aller willkürlichen Hypothesen bei seinen Untersuchungen bestreben müsse, vor allem den wirklichen Beobachtungsergebnissen Rechnung zu tragen, wenn man diesen Thatsachen gegenüber an einer umständlichen und irre leitenden Berechnungsmethode festhalten wollte, die durch nichts gestützt wird, als durch das Ansehen, das sich ihr Urheber durch andere Arbeiten, deren Bedeutung ich keineswegs herabsetzen will, erworben hat.

Die Ergebnisse der Zugversuche sind unter besonderer Berücksichtigung der Haken in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Zum Zwecke der Spannungsberechnung wurde zunächst der gefährliche Querschnitt des Zughakens, wie er nach der Normalzeichnung sein sollte, von einer Höhe  $p = 95$  und einer Breite  $q = 50$  mm aufgezeichnet und nach der Mohr'schen Methode die Schwerlinie und das Trägheitsmoment  $\Theta$  ermittelt. Der Abstand der Schwerlinie von der Innenkante, also von der stärkst beanspruchten Faser wurde zu  $a = 4,26$  cm und das Trägheitsmoment  $\Theta = 239$  cm<sup>4</sup> gefunden. Die Querschnittsfläche betrug  $F = 37,4$  cm<sup>2</sup>. Für abweichende Werthe von  $p$  und  $q$  wurden hierauf alle diese Grössen entsprechend umgerechnet, indem man z. B. berücksichtigte, dass das Trägheitsmoment der dritten Potenz von  $p$  und der ersten Potenz von  $q$  proportional ist u. s. f. Auf etwaige andere Abweichungen von der normalen Quer-

schnittsform, die nicht in p und q ihren Ausdruck finden, wurde nicht geachtet, da es zuviel Zeit in Anspruch genommen hätte, die Querschnittsform jedes einzelnen Hakens in aller Genauigkeit festzustellen und die Rechnung für jeden zu wiederholen. Offenbar können diese Abweichungen aber auch nur von geringfügigem Einflusse gewesen sein. Die Bruchspannungen im Haken für den Fall, dass der Haken gebrochen ist, oder die grössten Spannungen, die im anderen Falle aufgetreten waren, ohne zu einem Bruche zu führen, sind mit  $\sigma$  bezeichnet und nach der einfachen Formel

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{Px}{\Theta} a$$

berechnet worden, in der P die erreichte grösste Belastung und x den Abstand der Zuglinie vom Schwerpunkte des gefährlichen Querschnitts bedeuten, während die Bedeutung der übrigen Buchstaben schon vorher erwähnt wurde.

Abgesehen von zwei Flusseisenhaken der ungarischen Staatsbahn, die vollständig aufgebogen wurden, ohne zu brechen, haben die meisten übrigen Haken keine besonders grossen Formänderungen vor dem Eintritt des Bruches erfahren. Wenn man die Bruchstücke nachträglich wieder aneinander legte, ergab sich ungefähr wieder dieselbe Gestalt wie vor dem Versuche; wenigstens liess sich durch Augenmaass kein Unterschied feststellen. Im Uebrigen ist das Maass des Aufbiegens, das dem Bruche vorausging, aus den tabellarischen Zusammenstellungen der vorigen Abhandlung zu entnehmen.

Die Werthe p, q, F, a, x,  $\Theta$ , P und die daraus berechneten Spannungen sind aus der Tabelle ersichtlich. In der mit „Bemerkungen“ überschriebenen Spalte ist angegeben, ob der Haken bei der Belastung P zerbrochen ist oder nicht; wo nichts darüber angegeben ist, trat der Bruch des Hakens ein.

### Zusammenstellung

der Versuchsergebnisse für die Zughaken

a = Abstand der Schwerlinie von der Innenkante,  $\Theta$  = Trägheitsmoment, x Abstand der Schwerlinie von der Zuglinie, P = Bruchlast oder grösste Last.

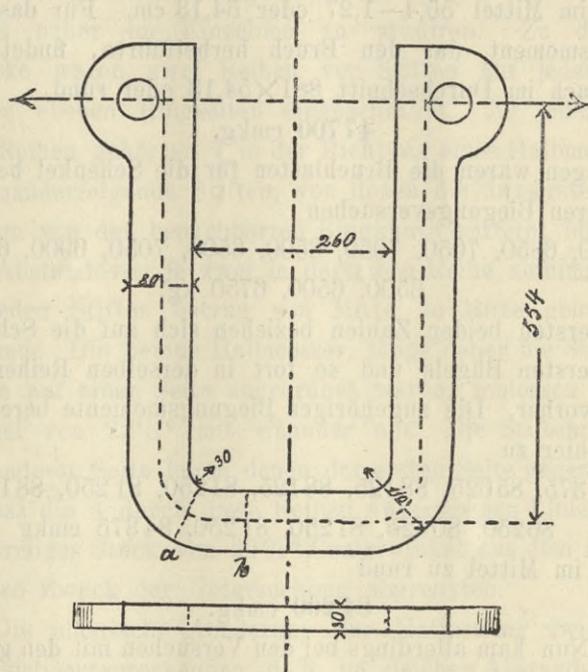
Eisenbahn-Verwaltung	Zeichen	Querschnitte des Hakens			a cm	x cm	$\Theta$ cm <sup>4</sup>	Bruch od. Maxi- mallast P Tonnen	$\frac{P}{F}$ atm	$\sigma$ berechnet nach d. Form $\sigma = \frac{P}{F} + \frac{Px}{\Theta} a$ atm.	Bemerk- ungen
		Höhe p cm	Breite q cm	Fläche F qcm							
K. K. Oesterr. Staats- eisenbahnen	FR	10,20	5,00	40,2	4,57	6,57	298	39,5	983	4963	
	GW	9,65	5,00	38,0	4,33	6,33	250	32,0	842	4350	Haken nicht zerstört.
	NFG	9,53	5,00	37,5	4,27	6,27	241	31,9	850	4390	
	WIT	9,42	5,20	38,5	4,23	6,23	242	41,1	1068	5540	Haken nicht zerstört.
K. pr. Eisenbahn- Direction Hannover	KPEV	9,50	5,08	38,0	4,26	6,26	243	34,75	914	4720	Haken nicht zerstört.
	„	9,34	5,00	36,8	4,19	6,19	227	29,75	809	4210	Haken nicht zerstört.
K. pr. Eisenbahn- Direction Erfurt	Z 2	9,50	5,10	38,15	4,26	6,26	244	33,4	875	4525	
	ZS 3	9,70	5,00	38,2	4,35	6,35	254	32,0	838	4318	Haken nicht zerstört.
K. Württemb. Staats- eisenbahnen	Württemberg.	9,50	5,05	37,8	4,26	6,26	241	33,75	893	4630	
	„	9,50	5,05	37,8	4,26	6,26	241	36,75	972	5040	Haken nicht zerstört.
Grosshzgl. Olden- burger Staats- eisenbahnen	GOE	9,20	5,20	37,7	4,125	6,125	226	32,0	849	4624	
	„	9,40	5,00	37,0	4,21	6,21	232	37,3	1008	5210	
K. Bayr. Staats- eisenbahnen	Nr. 1	9,20	4,90	35,5	4,125	6,125	212	31,25	880	4600	Haken nicht zerstört.
	„ 2	9,30	4,96	36,3	4,17	6,17	222	28,0	771	4016	
	„ 3	9,20	4,83	35,0	4,125	6,125	210	23,0	657	3420	Haken nicht zerstört.
	„ 4	9,22	4,98	36,1	4,13	6,13	2175	30,75	852	4430	

Eisenbahn-Verwaltung	Zeichen	Querschnitt des Hakens			a cm	x cm	$\theta$ cm <sup>4</sup>	Bruch od. Maxi- mallast P Tonnen	$\frac{P}{F}$ atm	$\sigma$ berechnet nach d. Form. $\sigma = \frac{P}{F} + \frac{P \cdot x}{\theta} \cdot a$ atm.	Bemerk- ungen
		Höhe p cm	Breite q cm	Fläche F qcm							
Oesterr. Süd-Bahn	Süd-B. 1)	9,50	4,92	36,8	4,26	6,26	235	30,8	837	4330	
	„ 2)	9,50	5,00	37,4	4,26	6,26	239	29,6	791	4090	
Königl. Ungar. Staats- Eisenbahn- Direction Budapest	XXX	9,20	4,80	34,8	4,125	6,125	208	28,5	818	4280	Haken voll- ständig auf- gebogen.
	XXXII	9,20	4,80	34,8	4,125	6,125	208	29,25	840	4390	Haken voll- ständig auf- gebogen.
	4B	9,10	5,40	38,7	4,08	6,08	204	32,8	847	4840	Haken noch ohne wes- entliche Be- schädigung.
	1B	9,10	5,40	38,7	4,08	6,08	204	27,25	704	4020	Haken noch unbe- schädigt.

In der That erkennt man aus den in dieser Tabelle zusammengestellten Ziffern, dass schon die einfache Formel, die zur Berechnung von  $\sigma$  angewendet wurde, höhere Werthe für die Beanspruchung des Materials liefert, als sie nach den Ergebnissen der in der vorigen Abhandlung angeführten Zugversuche in Wirklichkeit gewesen sein kann. Wenn eine Verbesserung der Berechnung vorgenommen werden soll, darf sie daher nur im entgegengesetzten Sinne erfolgen, wie es von Herrn v. Bach vorgeschlagen wurde. Jedenfalls sind aber im Gegensatz zu der Behauptung einer Ueberlastung die nach der einfachen Formel berechneten Haken als ausreichend stark zu betrachten. Für die Praxis dürfte dieses Ergebniss gegenüber der Beunruhigung über die Sicherheit der Haken, die aus jener irrigen Behauptung erwachsen konnte, von erheblichem Vortheile sein.

Anders liegt die Sache freilich, wie ich bestätigen kann, bei gusseisernen Stäben. Eine Berechnung nach den Formeln der einfacheren Theorie führt hier bei gekrümmten Stäben in der That zu einer Unterschätzung der Beanspruchung des Materials, wenigstens dann, wenn man dabei als Zugfestigkeit den aus Biegungsversuchen mit geraden Stäben abgeleiteten Werth einsetzt. Dagegen hat man auch hier noch reichliche Sicherheit, wenn man die zulässige Beanspruchung nach dem Ergebnisse unmittelbarer Zugversuche bemisst.

Die Versuche, die ich hierzu anstellen liess, sind genau den von Herrn v. Bach vorgenommenen und in der neuesten Auflage seiner Festigkeitslehre beschriebenen nachgebildet. Ich liess 6 Bügel aus Gusseisen von der in beistehender Abbildung angegebenen Gestalt herstellen, die auf allen Flächen bearbeitet wurden. Nur die aus dem Grundriss ersichtliche Dicke von 30 mm ist etwas grösser als bei den Bachschen Versuchen; sonst stimmen alle Abmessungen mit denen der Bachschen Versuchs-



Maassstab 1 : 10.

körper überein. Die Bügel wurden mit den Augen in zwei Bolzen eingehängt und in der Werderschen Maschine durch Auseinanderziehen der Schenkel abgerissen. Bei einem der 6 Versuchsstücke erfolgte der Bruch längs der mit b bezeichneten punktierten Linie, bei den 5 übrigen genau wie bei den Bachschen Versuchen im gekrümmten Theile, ungefähr nach der mit a bezeichneten Bruchlinie. In einzelnen Bruchflächen kamen Gussfehler von ganz geringer Ausdehnung vor; sie waren aber so unerheblich und weit genug von der stärkst beanspruchten Faser entfernt, um annehmen zu können, dass sie ohne merklichen Einfluss blieben. Bei dem längs der Linie b gebrochenen Bügel war übrigens merkwürdigerweise keine Andeutung eines Gussfehlers wahrzunehmen; der Bruch schien vielmehr ganz gesund zu sein.

Nachdem die Bügel in dieser Weise zum Bruche ge-

bracht waren, wurden die Schenkel auf zwei Stützen mit einer freien Spannweite von 50 cm aufgelagert und durch eine in der Mitte aufgebrachte Last gebrochen. Man erhielt so 12 Biegungsversuche mit geraden Stäben und konnte die Biegunslasten mit den im früheren Falle gefundenen vergleichen.

Für die ganzen Bügel betrug die Bruchlasten

980, 970, 750, 960, 875, 750 kg

oder im Mittel 881 kg. Der Punkt, in dem die Bruchlinie die Mittellinie des Bügels traf, hatte von dem zum Joch gehörigen unteren, horizontalen Theile der Mittellinie der Reihe nach die folgenden senkrechten Abstände

0,9, 0, 0,35, 1,2, 4,6, 0,6 cm.

Der zweite Bügel war jener, für den die Bruchlinie die Lage  $b$  hatte. — Der durchschnittliche Abstand betrug daher 1,27 cm und der Hebelarm der biegenden Kraft war im Mittel 55,4—1,27 oder 54,13 cm. Für das Biegemoment, das den Bruch herbeiführte, findet man hiernach im Durchschnitt  $881 \times 54,13$  oder rund

**47700** cmkg.

Dagegen waren die Bruchlasten für die Schenkel bei den späteren Biegungsversuchen

6750, 6850, 7050, 7050, 6500, 6500, 7050, 6900, 6450, 6500, 6500, 6750 kg.

Die ersten beiden Zahlen beziehen sich auf die Schenkel des ersten Bügels und so fort in derselben Reihenfolge wie vorher. Die zugehörigen Biegemomente berechnen sich hier zu

84375, 85625, 88125, 88125, 81250, 81250, 88125, 86250, 80625, 81250, 81250, 84375 cmkg

oder im Mittel zu rund

**84200** cmkg.

Nun kam allerdings bei den Versuchen mit den ganzen Bügeln ausser dem biegenden Momente noch die Normalkraft für den Querschnitt in Betracht. Die durch diese hervorgerufenen Spannungen sind aber unerheblich gegenüber den durch die Momente erzeugten. Für das Joch ist bei einer Bruchlast von 881 kg die durch die Normalkraft hervorgerufene Spannung nur gleich  $\frac{881}{24} = 37$  atm,

während die zu dem Momente nach der gewöhnlichen Biegeformel gehörige Spannung 1525 atm beträgt. Für die in der Krümmung verlaufenden Bruchlinien ist der Einfluss der Normalkraft entsprechend kleiner und er mag daher summarisch durch einen Zuschlag von knapp 2% zum Biegemomente berücksichtigt werden, das hiermit zum Zwecke des Vergleichs auf

**48600** cmkg

erhöht und abgerundet werden kann.

Das zum Bruch gehörige Biegemoment im gekrümmten Theile des Stabes stellt sich hiernach um

35600 cmkg oder um 42% kleiner heraus, als in der geraden Strecke. Nach meinen Versuchen ist daher die Differenz zu Gunsten der Annahme des Herrn v. Bach noch erheblich grösser, als sie sich aus dessen eigenen Versuchen ergeben hatte. Merkwürdig bleibt freilich das Verhalten des zweiten Bügels, der im geraden Theile des Joches gebrochen ist, ohne dass sich irgend ein Materialfehler in der Bruchfläche hätte erkennen lassen. Man muss wohl annehmen, dass das Material hier an sich weniger fest war, als in der Mitte der Schenkel; vielleicht kann dies darauf zurückgeführt werden, dass der Einguss auf der Seite des Joches lag. Einstweilen fehlt mir wenigstens jede andere Erklärung dafür.

Es möge ferner berechnet werden, welches Biegemoment für den Bruch im gekrümmten Theile des Stabes nach der Annahme zu erwarten ist, dass die Querschnitte eben bleiben. Zu diesem Zwecke beziehe ich mich auf die in meinen Vorlesungen über Festigkeitslehre, S. 229 abgeleiteten Formeln. Hiernach ist der Abstand  $r$  der neutralen Schicht vom Krümmungsmittelpunkt

$$r = h : \lg \frac{u_2}{u_1}$$

zu setzen, also mit Rücksicht auf die hier zutreffenden Werthe  $h = 8$ ,  $u_1 = 3$ ,  $u_2 = 11$  cm,

$$r = 6,157 \text{ cm.}$$

Die Constante  $c$  in der Formel

$$\sigma = c \frac{y}{r + y}$$

wird hier

$$c = \frac{M}{bh \left( \frac{u_2 + u_1}{z} - r \right)} = \frac{M}{20,23 \text{ cm}^3}$$

Die Spannung an der Innenkante wird daher mit

$$y = -3,157 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{M}{20,23} \cdot \frac{3,157}{3} = \frac{M}{19,2 \text{ cm}^3}$$

Andererseits ist in der geraden Strecke für ein Biegemoment  $M'$  die Kantenspannung

$$\sigma = \frac{6 M'}{bh^2} = \frac{M'}{32 \text{ cm}^3}$$

Sollen die Kantenspannungen in beiden Fällen gleich sein, so muss demnach

$$M = \frac{19,2}{32} M' = 0,6 M'$$

sein, d. h. mit  $M' = 84200$  cmkg ist das zum Bruch führende Biegemoment  $M = 50500$  cmkg zu erwarten. Diese Zahl ist in der That nicht viel von dem sogar noch etwas kleiner aus den Versuchen gefundenen Werthe von 48600 cmkg verschieden.

Soweit diese Ziffern in Betracht kommen, sprechen sie demnach unbestreitbar zu Gunsten der Annahme, dass die Querschnitte eben bleiben. Freilich steht der end-

gültigen Entscheidung der Frage der Umstand sehr im Wege, dass sich keine befriedigende Erklärung für das abweichende Verhalten des im graden Theile des Joches gebrochenen zweiten Bügels finden lässt. Wenn die vorher ausgesprochene Vermuthung zutreffen sollte, dass das den beiden Eingussstellen zunächst gelegene Joch, sammt den sich unmittelbar daran schliessenden gekrümmten Theilen an sich von geringerer Festigkeit wäre, als die Schenkel, würde natürlich der ganze Versuch jede Beweiskraft verlieren. Ausserdem ist auch das Verhalten des Gusseisens bei der Biegung selbst der geraden Stäbe noch so wenig geklärt, dass es bei diesem Material besonders schwer fällt, eine zutreffende Voraussage über den Einfluss einer Stabkrümmung zu machen. Man hat zwar geglaubt, den viel grösseren Werth der Biegefestigkeit des Gusseisens gegenüber der Zugfestigkeit durch die Annahme erklären zu können, die neutrale Schicht verschiebe sich auch beim geraden Stabe beträchtlich nach der Druckseite hin. Wie ich schon an mehreren anderen Stellen hervorhob, hat indessen Barlow schon im Jahre 1855 (Philosophical Transactions of the Roy. Soc. of London, Vol. 145, S. 225) den experimentellen Nachweis dafür erbracht, dass die neutrale Schicht fast in die Mitte fällt und eine Anzahl von Messungen, die ich selbst mit gusseisernen Balken vorgenommen habe, bestätigten dies vollständig. Man steht daher auch bei der Biegung gerader Stäbe aus Gusseisen vor einem bisher immer noch ungelösten Räthsel. So lange nach dieser Richtung hin keine Aufklärung gefunden ist, wird man kaum hoffen dürfen, die Theorie der Biegefestigkeit gekrümmter Stäbe aus Gusseisen auf eine einwandfreie Basis stellen zu können.

Inzwischen verlangt jedoch die Praxis eine Anleitung dafür, wie bei der Festigkeitsberechnung gekrümmter Stäbe zu verfahren ist, obschon freilich die Fälle nicht gerade sehr häufig vorkommen dürften, in denen solche Rechnungen für praktische Zwecke ausgeführt werden müssen. So wie die Sache im Augenblicke liegt, kann ich nur empfehlen, bei solchen Berechnungen von der Annahme auszugehen, dass die Querschnitte eben blieben. Ausdrücklich möchte ich aber noch einmal hervorheben, dass ich dies nur für Gusseisen empfehlen kann und keineswegs für die bei solchen Festigkeitsberechnungen viel häufiger in Betracht kommenden Schweisseisen- oder Flusseisensorten. Auch dies möchte ich, um jedes Missverständnis zu vermeiden, noch einmal aussprechen, dass ich nun keineswegs etwa der Meinung bin, dass die Querschnitte bei den besprochenen Versuchen wirklich eben geblieben wären. Ich erkenne nur an, dass die Schlussformeln, zu denen man auf Grund dieser Annahme gelangt, im vorliegenden Falle gut mit der Wirklichkeit übereinstimmen und nur die Formeln, nicht die zu ihnen führende

Annahme empfehle ich einstweilen für die Anwendung in der Praxis.

Zum Schlusse möchte ich noch kurz über die Ergebnisse von Elasticitätsmessungen berichten, die Herr Ingenieur Schward, von dem auch schon die im vorigen Hefte der „Mittheilungen“ beschriebenen Härteversuche herrührten, im Sommer 1897 im hiesigen Laboratorium auf meine Veranlassung mit einem Gusseisenringe ausführte. Der innere Durchmesser dieses allseitig bearbeiteten Ringes betrug 180 mm, der äussere Durchmesser 419,6 mm und der Querschnitt war ein Rechteck von 119,8 und 80,1 mm Seiten, wovon die kürzere senkrecht zur Ringebene gerichtet ist. Der Ring wurde in die Werder'sche Maschine eingespannt und längs eines Durchmessers mit Lasten von 10, 20 oder 30 Tonnen zusammengedrückt. Es war die Aufgabe gestellt, die elastischen Formänderungen, die der Ring hierbei erfuhr, etwas näher im Einzelnen zu studiren. Zu diesem Zwecke waren zwei Reihen von Stiften auf jeder der beiden ebenen Ringseiten eingeschraubt. Zu jeder der vier Reihen gehörten 7 in der Richtung eines Halbmessers aufeinanderfolgende Stiften, von denen die äussersten um 2,6 mm von der benachbarten Ringkante entfernt blieben. Der Abstand von je zwei in derselben Reihe aufeinanderfolgenden Stiften betrug von Mitte zu Mitte gemessen 19,1 mm. Die beiden Halbmesser, längs denen die Stiftenreihen auf einer Seite angeordnet waren, schlossen einen Winkel von  $22\frac{1}{2}^{\circ}$  mit einander ein. Die Stiftenreihen der anderen Seite lagen denen der ersten Seite gegenüber, so dass die 4 durch diese Reihen angegebenen Linien ein keilförmiges Stück von  $22\frac{1}{2}^{\circ}$  Centriwinkel aus dem Ringe für den Zweck der Untersuchung abgrenzten.

Die elastische Aenderung der Entfernung zwischen zwei sich entsprechenden, d. h. im gleichen Abstände vom Mittelpunkte liegenden Stiften auf einer Seite wurde durch einen zwischen ihnen angebrachten Spiegelapparat beobachtet. Die ganze Versuchseinrichtung und die Ausführung der Messungen entsprach genau der bei den Elasticitätsmessungen an Steinbalken von mir erprobten, die im 24. Hefte dieser „Mittheilungen“ ausführlich beschrieben wurde. Es genügt daher, wenn ich wegen aller Einzelheiten auf jene frühere Veröffentlichung verweise. Bei jedem Versuche wurden übrigens, wie ich noch betonen möchte, die elastischen Aenderungen der sich entsprechenden Messlängen auf beiden Ringseiten gleichzeitig beobachtet, um die Fehler, die sich aus einer excentrischen Belastung des Ringes, aus Drehungen des Ringes im Ganzen während eines Versuchs oder aus Drehungen der Keilseiten um eine in der Mittelebene liegende Axe ergeben konnten, aus den Beobachtungswerthen fortzuheben und dadurch unschädlich zu machen. Bekanntlich gelingt dies dadurch, dass man die Federn

beider Spiegelapparate an entgegengesetzten Seiten der Röllchen aufsitzend lässt, so dass sich beide Spiegel bei einer Drehung der von ihnen controlirten Messlängen in entgegengesetzter Richtung drehen; das Mittel aus beiden Ablesungen ist dann frei von den aufgezählten Fehlern.

Der Ring wurde nacheinander in fünf verschiedenen Lagen in die Maschine eingespannt, so nämlich, dass die durch die Mitte des von den Stiftenreihen begrenzten Keils gezogene Durchmessersebene entweder in die Richtung der Kraftangriffslinie fiel oder Winkel von  $22\frac{1}{2}^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $67\frac{1}{2}^\circ$ , oder  $90^\circ$  mit ihr bildete. In jeder dieser Lagen wurden die elastischen Längenänderungen aller 7 Messtrecken auf beiden Ringseiten gemessen. Die Division mit den ursprünglichen Längen lieferte die specifischen Dehnungen oder Verkürzungen.

Ich hatte es Herrn Schwerd zur Pflicht gemacht, sich bei der Ausführung der Messungen genau an die in meiner früher angeführten Abhandlung gegebenen Vorschriften und Vorsichtsmassregeln zu halten. Zu Anfang der Versuche überzeugte ich mich auch gelegentlich selbst von deren Befolgung. Nachher arbeitete aber Herr Schwerd ganz selbständig und ich muss ihm daher sowohl das Urheberrecht für die von ihm gefundenen, auf Tafel II zusammengestellten Resultate, als die Verantwortung für die Richtigkeit und Genauigkeit seiner Messungen überlassen. Ein Auszug aus den Beobachtungsheften dürfte entbehrlich sein; es würde mir auch nicht leicht sein, einen solchen Auszug zu geben, da Herr Schwerd nicht mehr hier ist und es mir nicht nach Wunsch gelungen ist, mich in seinen Aufzeichnungen ohne weitere Erläuterungen zurecht zu finden. Ich muss mich daher mit der Veröffentlichung der Tafel begnügen, in der Herr Schwerd die Ergebnisse seiner Messungen selbst übersichtlich zusammengestellt hat. Auf meinen Rath hin hat er sich übrigens darauf beschränkt, nur die zu der Belastung des Ringes mit 20 t gehörigen Messungen ausführlicher vorzunehmen; nach meinen früheren Erfahrungen lege ich mehr Werth auf die möglichst sorgfältige Bearbeitung eines einzigen Belastungsfalles als auf ein weniger genau studirtes Vielerlei.

Auf der linken Hälfte der Tafel II findet man für ein Ringviertel die specifischen Dehnungen und Verkürzungen in den 5 Querschnittsebenen aufgetragen, die den 5 Lagen des Ringes in der Maschine entsprechen. Wegen des Maassstabes, den Herr Schwerd beim Auftragen zu Grunde gelegt hat, bin ich nicht ganz im Klaren und ich habe daher eine Angabe darüber weggelassen. Ich konnte dies um so mehr, als der Maassstab hierbei ohnehin ziemlich gleichgültig ist. Wenn das Gusseisen dem Hooke'schen Gesetze gehorchte, wäre mit diesen Darstellungen zugleich die Vertheilung der Spannungen über

jene Querschnitte bekannt. Von einer Umrechnung der elastischen Längenänderungen auf die Spannungen unter Berücksichtigung des elastischen Verhaltens des Gusseisens wurde abgesehen. Die Versuche wurden von vornherein vorwiegend in der Absicht unternommen, die Annahme zu prüfen, dass die Querschnitte eben blieben oder allgemeiner, dass die Längenänderungen der Fasern eine lineare Funktion der Abstände von irgend einem Punkte des Querschnitts seien. Man sieht schon aus dieser ersten Darstellung, dass dies bei dem untersuchten Gusseisenringe keineswegs zutrif.

Ausserdem wurden aber auch noch die elastischen Verschiebungen der einzelnen Messpunkte der Querschnitte nach Grösse und Richtung und hiermit die Verbiegungen der Querschnitte selbst ermittelt. Um diese zu finden, wurden mit Hülfe von Spiegeln, die fest am Ringe aufgeschraubt waren, die Drehungen gemessen, die der Ring an verschiedenen Stellen gegen die Richtung der Kraftangriffslinie ausführte. Es war dann leicht möglich, nach dem aus der graphischen Untersuchung von Fachwerkträgern bekannten Verfahren einen Verschiebungsplan für die betreffenden Punkte zu konstruiren. Auf der rechten Hälfte von Tafel II sind diese Verschiebungen in 1000-facher Vergrösserung eingetragen. Die Endpunkte dieser Strecken sind durch stark punktirte Linien mit einander verbunden. Durch diese wird in 1000-facher Verzerrung dargestellt, welche Form und Lage die in ihrer ursprünglichen Lage durch stark ausgezogene Striche hervorgehobenen Querschnitte in Folge der elastischen Formänderung des Ringes annehmen. Man sieht auch hier die Querschnittskrümmung bestätigt.

Die ganze Untersuchung ist freilich nicht so weit durchgeführt, als man wohl wünschen möchte. Herr Schwerd musste sich darauf beschränken, sie so weit auszuführen, als es geschehen ist, weil die Zeit, die er den Arbeiten im Laboratorium widmen konnte, abgelaufen war. Zu wünschen wäre sonst vor allem eine Wiederholung der Untersuchung mit einem Stahlringe, also mit einem Materiale gewesen, bei dem die Spannungen den Dehnungen proportional sind. Dann hätte sich auch ein Vergleich zwischen den inneren und den äusseren Kräften in derselben Weise, wie ich ihn früher bei den Biegungsversuchen mit den Steinbalken vorgenommen habe, daran schliessen sollen. Leider war diese weitere Durchführung der Arbeiten nicht mehr möglich; immerhin dürfte aber das, was Herr Schwerd wirklich gefunden hat, als ein ganz interessanter Beitrag zur Lösung der Frage anzusehen und zu schätzen sein.

Schliesslich möchte ich noch bemerken, dass freilich die beobachteten Querschnittskrümmungen auch hier, wenigstens zum grossen Theile, auf die Wirkung der Schub-

kräfte zurückzuführen sind. Darauf kommt aber nicht viel an. Solange es Anhänger einer Theorie gibt, die die Annahme des Ebenbleibens der Querschnitte als die zuverlässige Grundlage ihrer Rechnungen und fast so wie ein Axiom betrachtet, darf man nicht müde werden, darauf hinzuweisen, dass sich die Querschnitte thatsächlich krümmen, gleichgültig aus welchen besonderen Ursachen. Ausserdem gehen die Ergebnisse der Untersuchung aber auch insofern weiter, als sie die specifischen Längenänderungen selbst angeben. Die Diagramme müssten, wenn jene Annahme zu Grunde gelegt wird, durch Hy-

perbelbögen begrenzt werden. Einige davon weichen nun zwar von dieser Gestalt nicht allzuviel ab, andere lassen sich aber mit dieser Annahme durchaus nicht vereinigen. Ich denke daher, dass auch diese Arbeit einen neuen Beitrag dafür liefert, wie willkürlich jene Annahme ist, dass die Querschnitte auch bei der Biegung eines gekrümmten Stabes als ebenbleibend betrachtet werden könnten.

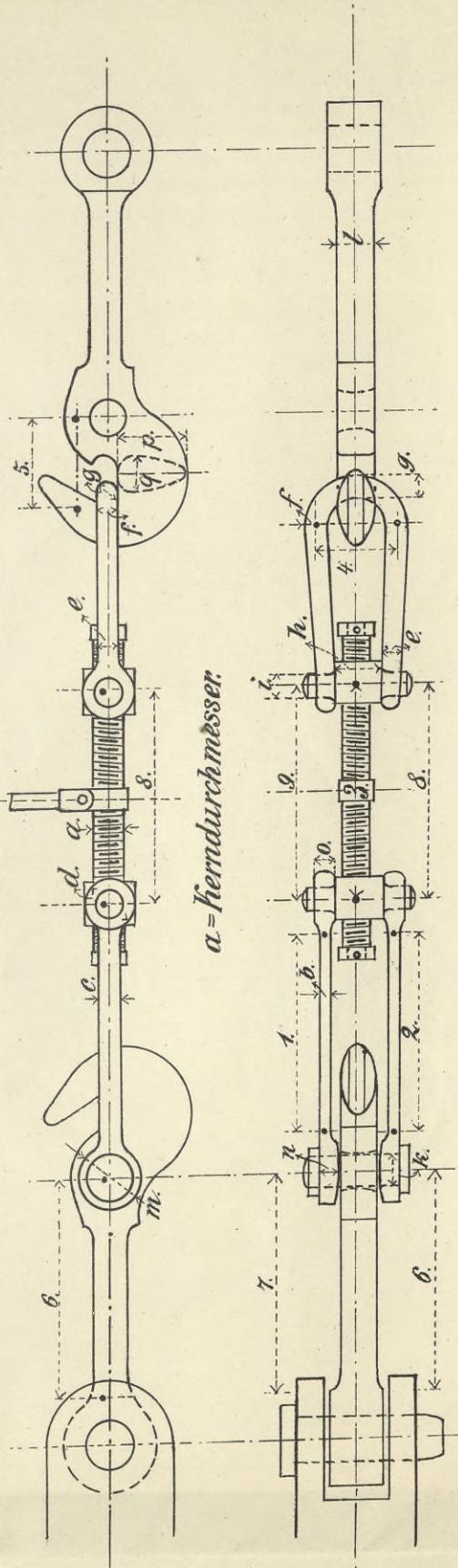
Herrn Schwerd möchte ich hier noch für die mühevollen Untersuchung, der er sich im Interesse unserer Wissenschaft unterzog, meine Anerkennung und meinen Dank aussprechen.

**A. Föppl.**

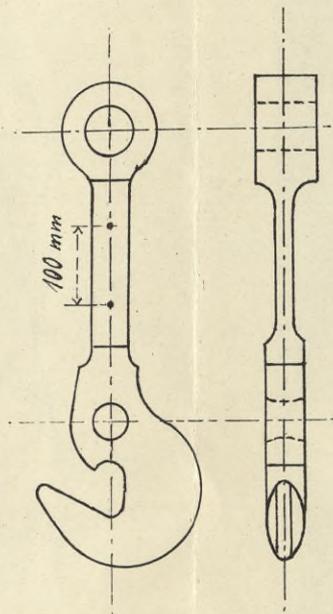


Festigkeitsversuche mit Schraubenkuppelungen.

*I. Zerreißprobe.*

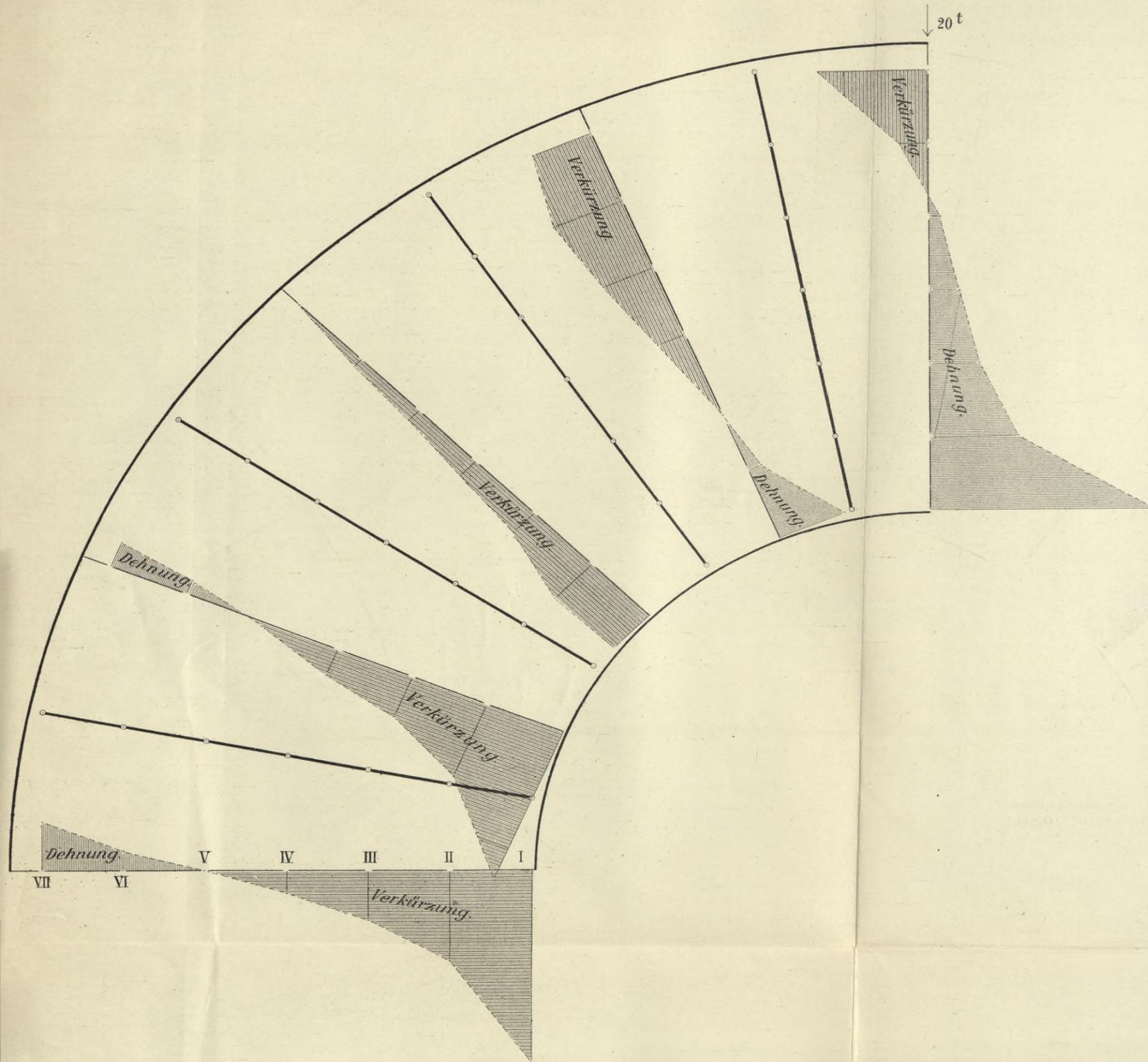


*II. Elastizitätsprobe.*

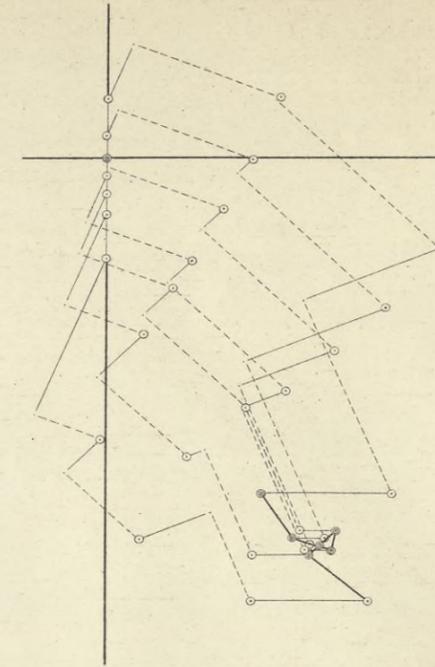




Graphische Darstellung der specifischen  
Längenänderungen in dem mit 20<sup>t</sup> belasteten  
Gusseisenringe.



Verschiebungsplan.

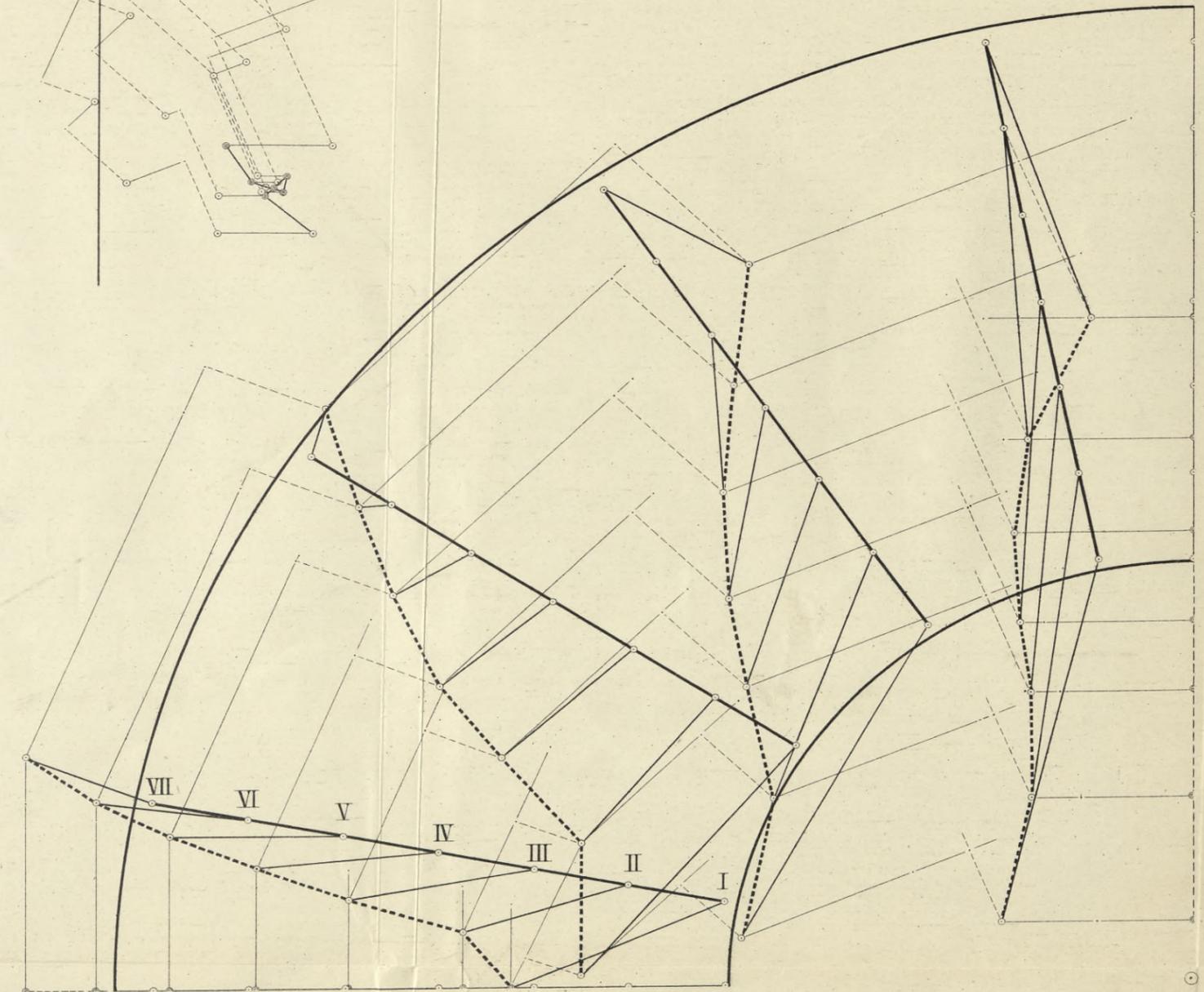


Graphische Darstellung der Verschiebungen  
und der Querschnitts-Krümmungen des  
mit 20<sup>t</sup> belasteten Gusseisenrings.

Ring in nat. Grösse.

Verschiebungen 1000fach vergrößert.

Die starken radialen Striche geben die Querschnitte an,  
deren Verschiebungen, und Krümmungen ermittelt  
wurden, die stark punktirten Linien zeigen (in 1000 facher  
Verzerrung) die Lagen- und Gestaltänderungen dieser  
Querschnitte.











Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315048

1895

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315049

1896

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315050

1897

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315051

1898

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315052

1900

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000315053

1902

Biblioteka PK

**J.X.47**

/ 1894/1902

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300713

1894