

BEITRÄGE

ZU DEN BEI

EISERNEN BALKENBRÜCKEN

VORKOMMENDEN

BERECHNUNGEN.

MITGETHEILT VON

JULIUS SEEFEHLNER

DIPL. INGENIEUR, OBER-INSPEKTOR, CHEF DER BRÜCKENBAU-ANSTALT DER KÖNIGL. UNGAR. STAATS-MASCHINEN-FABRIK  
IN BUDAPEST.

SEPARAT-ABDRUCK AUS DER „ALLGEMEINEN BAUZEITUNG“.

WIEN 1893.

VERLAG VON R. v. WALDHEIM.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000302917

xx  
533



# BEITRÄGE

ZU DEN BEI

# EISERNEN BALKENBRÜCKEN

VORKOMMENDEN

# BERECHNUNGEN.

MITGETHEILT VON

JULIUS SEEFELNER

DIPL. INGENIEUR, OBER-INSPEKTOR, CHEF DER BRÜCKENBAU-ANSTALT DER KÖNIGL. UNGAR. STAATS-MASCHINEN-FABRIK  
IN BUDAPEST.

SEPARAT-ABDRUCK AUS DER „ALLGEMEINEN BAUZEITUNG“.

*F. Nr. 26108*



WIEN 1893.

VERLAG VON R. V. WALDHEIM.

xx  
533



IV 35141

DRUCK VON R. V. WALDHEIM IN WIEN.

Akc. Nr. 484/52

A. ALLGEMEINE EINLEITUNG.

I. Die historische Entwicklung der Systeme in Europa.

a) Der Zeitraum von 1830 bis 1860.

Die ersten in England ausgeführten Balkenbrücken waren gusseiserne Barrenträger, da diese jedoch nur für kleinere Öffnungen verwendbar waren, so kombinierte man bei grösseren Lichtweiten das Gusseisen mit dem Schweisseisen, welche Konstruktion als Uebergang zu dem Vollwandträger aus Schweisseisen zu betrachten ist. Bekanntlich hat Stephenson mit diesem Systeme zwar schon sehr grosse Lichtweiten überbrückt, allein, wie dies aus Tabelle Nr. 1 ersichtlich, war das Gewicht dieser Brücken ein unverhältnissmässig grosses.

Um diesem Uebelstande abzuhelpfen, wendete man bald

anstatt der Vollwand ein aus Flacheisen gebildetes sehr engmaschiges Netzwerk an, wodurch die Netzwerkträger entstanden. Bei allen diesen Trägern war die Höhe meist zu gering und die Gurtungen gerade und parallel.

Nachdem die Theorie der Balkenträger immer mehr entwickelt wurde, erscheinen mehrfache Versuche, auf Grund der ersteren, weniger Materiale erfordernde Trägerformen aufzustellen, bei denen der eine oder selbst beide Gurte gekrümmt waren. Hieher gehören der Parabelträger, der Paulische Träger und der Schwedler-Träger.

Hinsichtlich des Materiales dieser Brücken sei bemerkt, dass dasselbe für die Tragkonstruktion Schweisseisen, für die Auflager Gusseisen war, und Stahl nur sehr vereinzelt zur Anwendung kam.

Tabelle Nr. 1. Die Balkenbrücken im Zeitraume von 1846 bis 1860.

Nr.	Das System	Der Name			Die Bauzeit	Die Anzahl		Die Anordnung der Fahrbahn	Bei der Brücke ist						Das Konstruktionsgewicht	Bemerkungen
		des Landes	des Flusses, des Thales, der Strasse	der Stadt, der Bahnstrecke		der Öffnungen	der Geleise		$l_1 - l_n$	$l_0$	$l$	$h$	$k$			
					Meter								Kilogramm	Kilogr.		
<b>D i e E i s e n b a h n b r ü c k e n</b>																
1.	Vollwandträger mit parallelen geraden Gurtungen	Frankreich	Tarn	Moisson	1855/56	5	2	u.	2.. 45.90	58.90	—	5.50	4000	700	3096	$l_0$ Lichtweite.
2.		"	Garonne	Langon	1856	3	2	u.	2.. 62.80	66.20	—	5.50	4000	700	2396	$l$ Stützweite.
3.		Russland	Niemen	Kowno	1859/60	4	2	u.	2.. 67.60	72.50	—	6.56	4000	700	3380	$l_1 - l_n$ Licht- beziehungsweise Stützweite.
4.		England	Menaibai	Bangor	1846-50	4	1	u.	2.. 70.10	105.15	—	7.75	—	—	11300	$h$ Verkehrsast.
5.	Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Schweiz	Aare	Bern	1858-60	3	1	o.	2.. 50.00	52.34	—	5.89	—	—	2655	$\rho$ Inanspruchnahme.
6.		England	Boyna	Drogeda	1855	3	2	u.	2.. 42.67	55.53	—	6.79	3333	700	2498	Das Konstruktionsgewicht bezieht sich auf ein Geleise.
7.		Deutschland	Kinzig	Offenburg	1852	1	2	u.	—	62.84	—	6.23	—	—	2781	—
8.		Frankreich	Garonne	Bordeaux	1859/60	7	2	u.	2.. 58.26	—	71.69	6.35	3500	600	2940	—
9.		Russland	Dwina	Dwinaburg	1859/60	3	2	u.	5.. 72.06	—	88.00	9.00	—	—	6000	— Durchlaufende Träger.
10.		Deutschland	Rhein	Köln	1859/60	4	2	u.	3.. 88.00	—	—	8.50	—	—	3550	— Engmaschiges Netzwerk.
11.	Konvex-parabol. Träger	Deutschland	Isar	Grosshesselohe	1857	2	1	o.	—	—	54.06	5.80	4900	700	2203	o.: obere Fahrbahn.
12.		England	Tamar	Salthash	1854-59	2	1	u.	—	138.50	—	18.30	3333	700	6000	u.: untere Fahrbahn.
13.	Parabelträger	England	Themse	Windsor	1849	1	2	u.	—	58.80	—	7.62	—	—	1700	(b) Fahrbahnbreite.
<b>D i e S t r a s s e n b r ü c k e n</b>																
14.	Netzwerkträger mit parallelen geraden Gurtungen	Deutschland	Nogat	Marienburg	1856	2	2 u. d. Strasse	u.	2.. 103.00	103.00	—	7.60	—	—	7150	—
15.		"	Rhein	Köln	1859/60	4	(b) = 8.50	u.	4.. 103.60	163.60	—	8.50	—	—	4400	—
16.		"	Weichsel	Dirschau	1856	6	1	u.	6.. 129.00	129.00	—	11.72	9170	684	9180	—

b) Der Zeitraum von 1860 bis 1870.

Der nächste Schritt zur Vervollkommnung der Netzwerkträger war, dass man die bis nun zwischen 8 bis 16 wechselnde Zahl der Strebenysteme auf 2 bis 4 herabminderte und die Querschnittsform der Art der Beanspruchung entsprechend

wählte, also namentlich bei gedrückten Konstruktionstheilen steife Querschnitte zur Ausführung brachte.

Als neues System trat der mit Vertikalen und Streben konstruirte Fachwerkträger hinzu, bei welchem nur in den mittleren Fächern Kreuzungen der Streben vorkommen.

Die Vollwandträger werden nur mehr für kleinere Brücken gewählt, dagegen erhalten sich die, dem Gewichte nach schweren aber leicht herzustellenden, unvollkommenen engmaschigen Netzwerkkträger in Frankreich und allen Ländern, für welche die grossen Eisenwerke dieses Landes die Brücken lieferten — wie dies aus Tabelle Nr. 2 sich ergibt, noch lange. Diese Konstruktionen sind gleichzeitig, mit Rücksicht auf die Montirung in der Längsachse der Brücke am Ufer und die Einschiebung mit überhängendem Ende, als durchlaufende Träger ausgeführt worden.

In Deutschland und Holland kam der sogenannte Halbparabelträger mit Vorliebe zur Anwendung, da bei demselben das Trägerende zweckmässiger ausgebildet werden konnte, als beim Parabelträger, und ausserdem noch eine Materialersparniss möglich war. Mit vereinzelt Ausnahmen, wo man für einzelne Nebentheile Bessemerstahl verwendete, bleibt auch in dieser Periode, das in immer besserer Qualität und entsprechenden Formen als auch Dimensionen erzeugbare Schweisseisen das Hauptmateriale, da die Versuche mit Stahl keine befriedigenden Resultate ergaben.

Tabelle Nr. 2. Die Balkenbrücken im Zeitraume von 1860 bis 1870.

Nr.	Das System	Der Name			Die Bauzeit Jahr	Die Anzahl		Die Anordnung der Fahrbahn	Bei der Brücke ist						Das Konstruktionsgewicht Kilogr. für den Meter	Bemerkungen
		des Landes	des Flusses, des Thales, der Strasse	der Stadt, der Bahnstrecke		der Oeff- nun- gen	der Geleise		$l_1 - l_n$	$l_0$	$l$	$h$	Kilogramm			
													für den Meter	für den Quadrat- Centim.		
<b>D i e E i s e n b a h n b r ü c k e n</b>																
1.	Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Oesterreich	Eisack	Franzensfeste	1870	1	1	v.	—	—	50.00	5.14	4000	700	2346	v.: versenkte Fahrbahn.
2.		Frankreich	Bouleviadukt	—	1869/70	6	1	o.	6.. 50.00	—	50.00	4.54	4000	600	2400	
3.		Oesterreich	Rienz	Percha	1870	2	1	o.	2.. 50.60	—	50.60	5.18	4000	700	2047	
4.		Spanien	Manzanares	Cordova	1864	1	1	o.	—	51.96	—	5.20	4000	600	2235	
5.		Oesterreich	Lieser	Spital	1870	1	1	u.	—	—	54.00	6.05	4000	700	2630	
6.		Frankreich	Saône	Gray	1864-70	1	1	u.	—	—	55.11	4.84	4000	600	2817	
7.		Deutschland	Rhein	Kehl	1861	3	2	u.	3.. 56.00	56.00	—	6.06	4000	600	3490	
8.		Oesterreich	Eisack	Rötheln	1865	1	2	u.	—	56.90	—	6.39	4000	700	2784	
9.		Russland	Niemen	Grodno	1861	3	2	o.	2.. 54.40	58.07	—	7.00	4000	600	3800	
10.		Frankreich	Scorff	L'orient	1862	3	2	u.	2.. 54.68	—	58.60	6.36	4000	600	2359	
11.		Oesterreich	Drau	Stein	1862	5	1	o.	2.. 58.70	—	59.12	5.48	4750	600	2650	
12.		Italien	Asinello	—	1866	1	1	u.	—	60.00	—	6.00	4000	600	2650	
13.		Oesterreich	Iglava	Iglau	1868	6	1	o.	6.. 60.00	—	60.00	5.54	4000	700	2816	
14.		"	Rienz	Vintl	1870	1	1	u.	—	—	60.00	6.17	4730	700	2972	
15.		Belgien	Tamise	Escaut	1870	4	1	u.	2.. 56.00	62.00	—	6.00	3700	600	3118	
16.		Russland	Villia	Warschau	1862	1	2	o.	—	64.00	—	7.00	4000	600	4274	
17.		"	Don	Novetschensk	1863	1	2	u.	—	66.00	—	7.59	4000	600	2985	
18.		Oesterreich	Drau	Oberdrauburg	1870	1	1	u.	—	—	69.00	7.00	4000	700	2890	
19.		Russland	Bug	Terespol	1868/69	4	1	u.	4.. 72.60	72.60	—	7.22	4000	600	3362	
20.		Oesterreich	Donau	Stadlau	1868-70	5	2	u.	5.. 78.13	—	78.13	7.59	4000	700	2620	
21.		Russland	Düna	Riga	1869/70	9	2	u.	9.. 83.00	83.00	—	8.30	4000	600	3445	
22.		"	Wolga	Ribinsk	1870	4	1	u.	2.. 87.00	96.56	—	9.00	4000	600	5100	
23.		Ungarn	Theiss	Algyó	1869/70	1	1	u.	—	—	104.40	10.40	4000	700	4400	
24.	Konvex- parabol- träger	Deutschland	Elbe	Hamburg	1867-72	3	2	u.	—	—	99.20	20.70	3120	750	3080	Lohsträger. Pauliträger.
25.		"	Rhein	Mainz	1861-63	4	1	u.	—	—	105.20	16.60	2930	820	3420	
26.	Parabel- träger	Deutschland	Elbe	Meissen	1867	3	1	u.	—	—	54.60	7.52	4142	730	1920	Schwedlerträger.
27.		"	"	Tangermünde	1867	1	2	u.	—	—	64.90	9.47	3725	730	1819	
28.	Fachwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Deutschland	Donau	Ingolstadt	1868	3	1	u.	—	—	54.24	6.78	4840	600	2908	
29.		Holland	Waal	Bommel	1864-69	8	1	u.	—	—	59.50	7.26	3360	700	2583	
30.		"	Maas	Crèvecoeur	1868/69	6	1	u.	—	—	59.50	7.26	3695	700	2540	
31.		"	Leck	Kuilenburg	1863-68	7	2	u.	—	—	59.50	8.08	3850	700	2415	
32.		Oesterreich	Donau	Mauthausen	1869-71	5	1	u.	5.. 78.87	—	78.87	8.06	4000	700	3180	
33.		Deutschland	Rhein	Mannheim	1865/66	3	2	u.	—	—	90.00	10.00	—	700	3686	
34.		"	"	Griethausen	1863/64	1	1	u.	—	—	100.43	7.71	—	600	5717	
35.	Halbparabelträger	Deutschland	Weser	Corway	1864	4	1	u.	—	56.40	—	8.06	—	730	1827	
36.		"	Zeglin	Stettin	1870	1	1	u.	—	92.00	—	14.00	3000	750	2475	
37.		Holland	Issel	Zütphen	1866	3	1	u.	—	—	102.10	10.32	—	700	3495	
38.		"	Maas	Crèvecoeur	1868-70	1	1	u.	—	—	104.00	12.82	3100	700	3665	
39.		Deutschland	Rhein	Düsseldorf	1868-70	4	2	u.	—	—	105.90	13.36	3190	750	3354	
40.		Holland	Waal	Bommel	1865-69	3	1	u.	—	—	124.00	14.30	2882	700	3916	
41.		"	"	Nymwegen	1865-69	3	2	u.	—	—	130.30	21.90	3200	700	4552	
42.		"	Leck	Kuilenburg	1863-68	1	2	u.	—	—	154.50	19.54	3000	700	5260	
<b>D i e S t r a s s e n b r ü c k e n</b>																
43.	Netz- werk- träger	Italien	Po	Mezzanacorti	1864-67	3	1	o. u.	3.. 75.00	75.00	—	7.50	4000	600	7371	Strasse und Bahn.
44.	Pa- rabel- träger	Deutschland	Lahn	Weilburg	1865	1	(b) = 4.71	u.	—	51.00	—	5.90	1884	730	1426	
45.	Fach- werk- träger	Oesterreich	Donaukanal	Wien	1870	1	(b) = 11.30 + 2 × 3.8	u.	—	—	65.00	7.00	8505	700	5807	Trapezträger.

## c) Der Zeitraum von 1870 bis 1880.

Nachdem die Theorie der Fachwerkträger im Allgemeinen immer mehr ausgebildet wurde, gab sich überall das Bestreben, statisch bestimmte Träger mit grösseren Fachdistanzen und einfachen Füllungsgliedersystemen anzuwenden, in noch höherem Maasse kund; ausserdem traten schon verschiedene Vorschläge auf, mit Rücksicht auf den Einfluss der in den Konstruktions-theilen auftretenden Spannungsdifferenzen, auch die zulässige Inanspruchnahme nicht mehr konstant, sondern auf Grund

der theoretischen als auch praktischen Untersuchungen veränderlich zu wählen. Obwohl auch in diesem Zeitabschnitte das Schweisseisen in den Tragkonstruktionen das vorherrschende Materiale bildete, kamen vereinzelt Versuche, Bessemerstahl auch bei den Brücken einzuführen, wohl vor, allein da die hiebei erzielten Erfolge keineswegs das erwartete günstige Resultat ergaben, so wurden weitere Versuche nicht mehr angestellt, dagegen wurden bei den Auflagerschuhen schon sehr häufig die verschiedenen Gattungen von Stahl anstatt des Gusseisens mit Vortheil verwendet.

Tabelle Nr. 3. Die Balkenbrücken im Zeitraume von 1870 bis 1880.

Nr.	Das System	Der Name			Die Bauzeit	Die Anzahl		Die Anordnung der Fahrstrasse	Bei der Brücke ist						Das Konstruktionsgewicht	Bemerkungen
		des Landes	des Flusses, des Thales, der Strasse	der Stadt, der Bahnstrecke		der Oeffnungen	der Geleise		$l_1-l_n$	$l_3$	$l$	$h$	$k$	$\rho$		
<b>Die Eisenbahnbrücken</b>																
1.	Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Oesterreich	Elbe	Königgrätz	1873	1	1	o.	—	—	50.00	6.00	4000	800	2276	
2.		Schweiz	Rhein	Basel	1873	4	1	o.	2.. 45.83 2.. 56.10	50.04	—	—	4000	700	2403	
3.		"	Guggenbergthal	Lütisburg	1872/73	3	1	v.	2.. 47.23 57.33	—	50.34	4.95	4000	800	1860	
4.		Oesterreich	Biela	Aussig	1872	1	1	v.	—	—	52.40	5.27	4000	800	2320	
5.		Ungarn	Hernád	Kaschau	1880	2	1	u.	2.. 53.70	—	53.70	5.25	4500	700	2055	
6.		Frankreich	Eaux min.-Thal	Dinan	1878	3	1	u.	2.. 47.50 59.00	—	54.00	7.50	4000	700	2500	
7.		Oesterreich	Gaillitz	Villach	1872	1	1	o.	—	—	54.80	5.58	4000	700	1861	
8.		"	Thaya	Znaim	1871	4	1	o.	2.. 50.00 2.. 60.00	—	55.00	5.02	4000	750	2550	
9.		"	Salzach	—	1874	1	1	u.	—	—	56.25	6.00	4000	700	2037	
10.		Frankreich	Durance	St. Aubin	1874/75	1	1	o.	—	—	59.00	6.00	3900	600	1848	
11.		Oesterreich	Ybbs	—	1871	1	1	u.	—	—	59.04	6.02	4000	700	1779	
12.		Italien	Po	Borgoforte	1874	7	1	u.	1.. 59.40	—	59.40	6.13	4000	700	2000	
13.		Frankreich	Cher	Tours	1875	2	1	u.	2.. 60.00	60.00	—	6.00	3700	600	2697	
14.		"	Romanche	Grenoble	1874	1	1	u.	—	—	61.52	5.84	3700	600	2422	
15.		"	Maine	Angers	1876/77	2	2	u.	2.. 62.50	—	62.50	6.70	3700	600	2455	
16.		Schweiz	Rhein	Stein	1873	4	1	u.	2.. 57.00 2.. 70.50	—	63.50	6.52	4000	800	1800	
17.		Oesterreich	Drau	Villach	1872	2	1	v.	2.. 63.44	—	63.44	6.50	4000	700	1883	
18.		Schweiz	Thun	Ossingen	1873/74	4	1	o.	2.. 57.60 2.. 72.00	—	64.75	7.00	4000	800	2121	
19.		Oesterreich	Schlitz	Tarvis	1872	1	1	o.	—	—	65.76	6.40	4000	700	1920	
20.		"	Karolinenthal-kanal	Prag	1873	1	1	u.	—	—	69.00	6.92	4000	800	2782	
21.		"	Rhein	Vorarlberg	1871	2	1	u.	2.. 69.00	—	69.00	6.90	4000	700	2348	
22.		"	Donau	Wien Nordwestbahn	1871/72	4	1	u.	2x2, 82.17	—	82.17	7.50	4000	800	2821	
23.		"	"	"	1875	1	1	u.	—	—	82.20	7.50	4000	800	3176	
24.		"	"	Tulln	1872-74	5	2	u.	2.. 85.74 3.. 90.00	—	88.29	8.20	4000	700	2850	
25.		Ungarn	"	Budapest Verb.-Bahn	1874-76	4	2	u.	2x2, 98.50	—	98.50	9.80	5210	700	3670	Zwei Gehstege zu je 1.9 Meter.
26.		Oesterreich	Elbe	Tetschen	1874	2	1	u.	2.. 100.00	—	100.00	10.00	4000	800	4270	
27.	Konv.-halb-parab. Träger	Schweiz	Aare	Brugg	1873-76	1	1	o.	—	—	58.20	9.70	4700	700	2400	Pauliträger
28.	"	Deutschland	Memel	Tilsit	1872-75	5	2	u.	—	—	96.70	11.90	3800	700	3180	
29.	Parabelträger	England	Severn	Sharpness	1879/80	5	1	u.	—	52.15	—	7.00	—	700	2600	
30.		"	"	"	1879/80	2	1	u.	—	—	99.70	11.87	—	700	5000	
31.		Deutschland	Elbe	Riesa	1876-78	3	2	u.	—	—	102.40	15.57	—	750	3485	
32.	Fachwerkträger m. geraden parallelen Gurtungen	Oesterreich	Eger	Libotschau	1872	2	1	v.	—	—	58.00	6.13	4000	800	2122	
33.		"	Traun	—	1876/77	1	1	u.	—	—	59.40	6.00	4000	700	2365	
34.		"	Salzach	—	1874	1	1	v.	—	—	60.00	6.00	4000	700	1981	
35.		"	"	—	1874	1	1	u.	—	—	66.00	6.00	4000	700	2147	
36.	Halbparabelträger	Deutschland	Elbe	Schandau	1875-77	2	1	u.	—	—	52.00	10.00	—	750	2876	
37.		Holland	Rhein	Arnheim	1878/79	5	2	u.	—	—	53.30	9.00	—	700	2611	
38.		Oesterreich	Donau	Wien Nordbahn	1872/73	7	2	u.	—	—	59.62	8.53	4000	700	2320	
39.		Holland	Maas	Rotterdam	1874-79	2	2	u.	—	—	64.10	12.72	—	700	3311	
40.	"	"	Dortrecht	1872-78	1	2	u.	—	—	65.00	12.70	—	700	2448		

Nr.	Das System	Der Name			Die Bauzeit	Die Anzahl		Die Anordnung der Fahrbahn	Bei der Brücke ist						Das Konstruktionsgewicht	Bemerkungen
		des Landes	des Flusses, des Thales, der Strasse	der Stadt, der Bahnstrecke		der Oeffnungen	der Geleise		$l_1-l_n$	$l_0$	$l$	$h$	Kilogramm			
					Meter								Meter	für den Meter	für den Quadrat-Centim.	
41.	Halbparabelträger	Holland	Königshaven	Rotterdam	1872-77	2	2	u.	—	—	78.60	12.33	—	700	3200	*) Fahrbahn mit Hängebl. und Schotter
42.		Oesterreich	Donau	Wien Nordbahn	1872/73	4	2	u.	—	—	81.80	11.69	4000	700	3154	
43.		Deutschland	Elbe	Schandau	1875-77	1	1	u.	—	—	83.20	12.00	3828	730	2600	
44.		Holland	Maas	Rotterdam	1872-77	3	2	u.	—	—	87.70	14.57	—	700	4220	
45.		"	"	Dortrecht	1872-78	8	2	u.	—	—	87.70	17.87	—	700	3590	
46.		"	Rhein	Arnheim	1878/79	2	2	u.	—	—	93.10	16.30	—	700	3364	
47.		Frankreich	Rance *)	Dinan	1878-79	1	2	u.	—	—	96.00	19.00	4120	600	5127	
48.		Deutschland	Rhein	Wesel	1871/72	4	2	u.	—	—	98.34	11.30	—	730	3110	
49.		Holland	Diep	Moerdyk	1871-74	14	1	u.	—	—	102.90	12.90	3260	700	4185	
50.		Deutschland	Elbe	Hohnstorf	1875-79	3	2	u.	—	—	103.00	18.00	—	730	3210	

## Die Strassenbrücken

51.	Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Oesterreich	Elbe	Aussig	1873	3	1	o. u.	3.. 74.00	—	74.00	7.36	4000	800	4270	Strasse und Bahn.
52.		"	Donau	Tulln	1872-74	5	( $b$ ) = 5.20 + 2 × 0.8	u.	2.. 85.74 3.. 90.00	—	88.29	8.20	2800	700	3012	Bahn und Strasse.
53.		Deutschland	Mosel	Bullay	1876	1	1	o. u.	—	—	88.60	11.27	3800	730	7950	
54.	Parabelträger	Deutschland	Elbe	Riesa	1876-78	3	( $b$ ) = 7.30	u.	—	—	101.40	15.57	—	750	4065	Bahn und Strasse.
55.	Fachwerkträger	Slavonien	Save	Brood	1878-79	5	1 ( $b$ ) = 6.30	u.	—	—	80.00	9.00	4000	800	3800	
56.	Halbparabelträger	Deutschland	Elbe	Schandau	1875-77	2	( $b$ ) = 7.00 + 2 × 1.8	u.	—	—	52.00	10.00	—	750	3291	
57.	Halbparabelträger	"	"	Niederwartha	1873/74	1	( $b$ ) = 6.80 + 1.84	u.	—	—	62.00	10.00	—	750	4761	Bahn und Strasse
58.		"	"	Schandau	1875-77	1	( $b$ ) = 7.00 + 2 × 1.5	u.	—	—	83.20	12.00	3200	730	3181	
59.		"	Weichsel	Thorn	1873-75	5	—	u.	—	—	94.16	—	—	730	7600	Bahn und Strasse.

## d) Der Zeitraum von 1880 bis 1892.

Neue Formen wurden nur vereinzelt ausgeführt, unter welchen der in Ungarn zur Ausführung gebrachte Halbsichelträger seiner gefälligen Form halber zu erwähnen wäre. Das Hauptgewicht wird auf die zweckmässige Durchbildung der Konstruktions-Einheiten, wie auf die, mit Rücksicht auf die gewählte Inanspruchnahme, zweckmässige Ausnutzung der Querschnitte gelegt.

Die Verwendung von weichem Stahl und von Flusseisen anstatt des bisher gebrauchten Schweisseisens wird, namentlich bei den Brücken grosser Spannweite, immer häufiger und zwar hat bis nun das Martinflusseisen den Vorzug, während

in neuester Zeit durch die Bestrebungen der deutschen Eisenwerke auch dem Thomasmetalle mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, obwohl noch keineswegs alle Bedenken gegen die Zuverlässigkeit dieses Materiales behoben sind, und selbst die eifrigsten Vertheidiger desselben, die grösste Sorgfalt in der Auswahl des Rohmateriales und Ausführung des Prozesses, sowie die Probenahme jedes Satzes als Bedingung für die volle Garantie als nothwendig hinstellen. Demnach ist wohl die Zeit nicht mehr ferne, wo bei grösseren Brücken das Flusseisen, das Baumateriale der Zukunft, die Alleinherrschaft erlangen wird.

Tabelle Nr. 4. Die Balkenbrücken im Zeitraume von 1880 bis 1892.

Nr.	Das System	Der Name			Die Bauzeit	Die Anzahl		Die Anordnung der Fahrbahn	Bei der Brücke ist						Das Konstruktionsgewicht	Bemerkungen
		des Landes	des Flusses, des Thales, der Strasse	der Stadt, der Bahnstrecke		der Oeffnungen	der Geleise		$l_1-l_n$	$l_0$	$l$	$h$	Kilogramm			
					Meter								Meter	für den Meter	für den Quadrat-Centim.	
Die Eisenbahnbrücken																
1.	Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Ungarn	Fekete metszés	Pressburg Steinamanger	1891	1	1	u.	—	—	51.20	5.70	3400	800	1640	Ein Gehsteg 1.90.
2.		Kroatien	Save	Jassenovacz	1887	2	1	u.	—	—	56.00	6.50	4600	800	1900	
3.		Ungarn	Hernád	Kaschau	1881	2	1	u.	—	—	57.50	5.90	4600	700	2159	
4.		Frankreich	St. Legerthal	—	1883	4	2	o.	2.. 57.66 2.. 71.25	64.50	—	5.60	3600	700	2650	
5.		"	La Tardesthal	Evauz	1883	3	1	v.	2.. 69.40 100.35	—	79.80	8.30	3400	700	3800	
6.		Ungarn	Donau	Neusatz	1883	5	1	u.	2.. 46.00 2.. 92.00 1.. 96.00	—	85.40	8.10	4100	700	4130	
7.		Spanien	—	Cabas	1882	1	1	v.	—	97.00	—	10.00	4000	700	4607	
8.	Parabelträger	Ungarn	Theiss	Csap	1891	3	1	u.	3.. 85.00	—	85.00	9.60	4200	800	3078	Trapezträger.
9.	Fachwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	Ungarn	Ondawa	Bánocz	1881	1	1	u.	—	—	54.00	5.70	4600	800	2296	
10.		Siebenbürgen	Vizaknabach	Vizakna	1886	1	1	v.	—	—	59.40	5.80	5100	800	2489	
11.		"	Aluta	Alsó-Rákos	1886	1	1	u.	—	—	62.00	7.83	5000	800	2184	
12.		Slavonien	Drau	Essegg	1882	3	1	u.	2.. 58.90 74.00	—	63.90	6.50	4400	700	2434	
13.		Siebenbürgen	Maros	Karlsburg	1882	2	1	u.	66.00 70.00	—	68.00	6.80	4300	700	2556	
14.		Ungarn	Donau	Pressburg	1891	4	1	u.	—	—	74.52	7.78	4350	800	3011	

Nr.	Das System	Der Name			Die Bauzeit	Die Anzahl		Die Anordnung der Fahrbahn	Bei der Brücke ist						Das Konstruktionsgewicht	Bemerkungen	
		des Landes	des Flusses, des Thales, der Strasse	der Stadt, der Bahnstrecke		der Oeffnungen	der Geleise		$l_1-l_n$	$l_0$	$l$	$h$	$k$	$p$			Kilogramm
					Meter						für den Meter	für den Quadrat-Centim.	Kilogr.				
15.	Halbparabelträger	Siebenbürgen	Maros	Tövis	1891/92	3	1	u.	—	—	53:30	7:30	4600	800	1918	Gerader Ober- gurt.  Gerader Ober- gurt.  Zwei Gehstege von je 1.2 Meter.  Martinflusseisen.  Schwerere Fahr- bahn.	
16.		Ungarn	Theiß	Hosszumezö	1889	4	1	u.	—	—	54:10	6:80	4600	800	2013		
17.		"	Skriniczathal	Munkács	Beskid	1886	1	1	v.	—	—	56:00	7:50	5100	800		2518
18.		"	Rovinischlucht	"	"	*1886	1	1	v.	—	—	60:00	8:00	5070	800		2563
19.		"	Theissarm	Hosszumezö	"	1884	1	1	u.	—	—	61:60	7:60	4560	800		2187
20.		"	Zagyva	Szolnok	"	1889	1	2	u.	—	—	62:32	8:18	4540	800		2438
21.		"	Theiss	Tokaj	"	1890	3	1	u.	—	—	69:70	8:80	4450	800		2509
22.		"	Kosáritthal	Munkács	Beskid	1886	1	1	v.	—	—	75:86	9:50	4960	800		3139
23.		Oesterreich	Arche	Oetzthal	"	1882-84	1	1	u.	—	—	81:55	12:60	4500	800		2507
24.		Deutschland	Mosel	Eller	"	1885/86	1	1	u.	—	—	88:00	13:20	—	750		2630
25.	Ungarn	Donau	Pressburg	"	1891	1	1	u.	—	—	90:64	12:63	4200	800	3687		
26.	Finnland	Ulea Elf	—	"	1884/85	1	1	u.	—	—	100:00	14:00	2550	700	5651		
27.	Russland	Belaja	—	"	1885/88	6	1	u.	—	—	109:20	—	—	700	5380		
28.	Oesterreich	Trisanathal	Arlbergbahn	"	1882-84	1	1	u.	—	—	120:00	15:00	4000	800	3860		
29.	Konvex- parabol- träger	Deutschland	Weichsel	Dirschau	1891/92	6	2	u.	—	—	129:00	18:40	—	—	4250		
30.	Halb- sichel- träger	Ungarn	Theiss	Szolnok	1887/88	2	2	u.	—	—	95:50	12:22	4150	800	3007		
31.		Kroatien	Drau	Zákány	1890/91	2	2	u.	—	—	95:50	12:22	4150	800	3302		
D i e S t r a s s e n b r ü c k e n																	
32.	Netz- werk	Frankreich	Dordogne	Cubac	1883	8	$(b) = 6:02$ $+ 2 \times 1:30$	u.	6.. 68:80 2.. 52:70	64:75	—	6:70	3600	700	4688		
33.	Fach- werk	Ungarn	Donau	Pressburg	1890	4	$(b) = 6:50$ $+ 3:30$	u.	—	—	74:52	7:78	4508	900	4292		
34.	Halb- parabel- träger	Ungarn	Uj-Szöny	—	1892	1	$(b) = 5:80$ $+ 2 \times 2:25$	u.	—	—	50:16	6:50	4508	900	2427		
35.		"	Donau	Pressburg	1892	1	$(b) = 6:50$ $+ 3:30$	u.	—	—	90:64	12:63	4508	900	4262		
36.	Halb- sichel- träger	Ungarn	Donau	Komorn	1892	1	$(b) = 5:80$ $+ 2 \times 2:25$	u.	—	—	102:00	12:00	4508	900	4300		

Als Endresultate der vorstehenden Zusammenstellungen ergibt sich: dass hinsichtlich der Grösse der in Europa erbauten Balkenbrücken der Fortschritt kein bedeutender, da man bereits in den Jahren 1846 bis 1850 schon eine Lichtweite von 140.2 Meter bei der Britanniabrücke zur Ausführung brachte, während die grösste Balkenträgerbrücke, die Mittelöffnung der Kuilenburger Leckbrücke 154.50 Meter beträgt, aber um so grösser ist die, durch die vortheilhaftere Ausnützung des Materiales erreichte, Gewichtsparniss.

In Tabelle Nr. 5 sind die Balkenbrücken grösster Licht-

weite zusammengestellt, wonach sich als überhaupt mit diesem System erreichte Spannweite — bei einer Oeffnung — 168 Meter ergibt, während bei Trägern von mehr Oeffnungen mit Gelenken sich 521 Meter als Maximalspannweite zeigt.

Vergleicht man diese Spannweiten mit denjenigen, welche bei Bogen- beziehungsweise Hängebrücken erreicht wurden, für welche die Maximalwerthe in der Tabelle Nr. 6 zusammengestellt sind, so findet man, dass nur mit den durchlaufenden Gelenk- beziehungsweise Konsolträgern die allergrössten Oeffnungen zu überbrücken möglich gewesen.

Tabelle Nr. 5. Die Balkenbrücken grösster Spannweite.

Der Welttheil:	E u r o p a												Amerika	Asien	Austra- lien	Bemerkungen
Das Land:	England	Frank- reich	Deutsch- land	Holland	Oester- reich	Ungarn	Italien	Russ- land	Spanien	Portugal	Schweiz	—	—	—		
Das System:	D i e V o l l w a n d t r ä g e r															
Der Name der Brücke:	Britannia- brücke	Garonne- brücke	—	—	—	—	—	Niemen- brücke	—	—	—	Lorenzo- brücke	—	—	Durchlaufende Träger — Maximal-Spannweite ~~~~	
Grösste Oeffnung Meter:	140.20	74.20	—	—	—	—	—	75.00	—	—	—	91.30	—	—		
Das System:	D i e N e t z w e r k t r ä g e r															
Der Name der Brücke:	Boyne- brücke	LaTardes- viadukt	Weich- selbrücke	—	Elbe- brücke	Theiss- brücke	Po- brücke	Wolga- brücke	Cabas- brücke	Vianna- brücke	Thur- brücke	Pedro- brücke	—	—		
Grösste Oeffnung Meter:	81.20	100.35	129.00	—	100.00	104.40	75.00	106.00	97.00	56.15	72.00	152.00	—	—		
Das System:	D i e k o n v e x - p a r a b o l i s c h e n T r ä g e r															
Der Name der Brücke:	Tamar- brücke	—	Rhein- brücke	—	—	—	—	—	—	—	Aare- brücke	Monoga- hela- brücke	—	—		
Grösste Oeffnung Meter:	138.50	—	105.20	—	—	—	—	—	—	—	58.20	109.70	—	—		
Das System:	D i e P a r a b e l t r ä g e r															
Der Name der Brücke:	Severn- brücke	—	Elbe- brücke	—	—	Theiss- brücke	—	—	—	—	—	—	—	—		
Grösste Oeffnung Meter:	99.70	—	101.40	—	—	85.00	—	—	—	—	—	—	—	—		

Der Welttheil	Europa											Amerika	Asien	Australien	Bemerkungen
Das Land:	England	Frankreich	Deutschland	Holland	Oesterreich	Ungarn	Italien	Russland	Spanien	Portugal	Schweiz	—	—	—	
Das System:	Die Fachwerkträger														
Der Name der Brücke:	—	—	Rheinbrücke	Leckbrücke	Donaubrücke	Donaubrücke	—	Dnieprbrücke	—	—	—	Ohiobrücke	Jumna- brücke	Hawkes- bury	
Grösste Oeffnung Meter:	—	—	100.46	59.50	78.87	74.52	—	83.24	—	—	—	168.00	62.48	127.00	
Das System:	Die Halbparabelträger *														
Der Name der Brücke:	Wyebrücke	Rancebrücke	Rheinbrücke	Leckbrücke	Trisnaviadukt	Donaubrücke	Tiberbrücke*)	Belajabrücke	—	—	—	Wearbrücke	—	—	
Grösste Oeffnung Meter:	92.97	96.00	105.90	154.50	120.0	90.64	103.00	109.20	—	—	—	91.40	—	—	
Das System:	Die konvexen halbparabolischen Träger														
Der Name der Brücke:	—	—	Weichselbrücke*)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Grösste Oeffnung Meter:	—	—	129.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Das System:	Die Gelenkträger														
Der Name der Brücke:	Forthbrücke*)	—	Warnowbrücke	—	Cservena- brücke*)	Theissbrücke	—	—	—	—	—	Lorenzo- brücke*)	Indus- brücke*)	—	
Grösste Oeffnung Meter:	521.00	—	67.00	—	87.00	60.00	—	—	—	—	—	473.00	250.00	—	
Das System:	Die Halbsichelträger														
Der Name der Brücke:	—	—	—	—	—	Donaubrücke	—	—	—	—	—	—	—	—	
Grösste Oeffnung Meter:	—	—	—	—	—	102.00	—	—	—	—	—	—	—	—	

\*) Flusseisen.

Tabelle Nr. 6. Die Hänge- und Bogenbrücken grösster Spannweite.

Der Welttheil:	Europa											Amerika	Asien	Australien	Bemerkungen
Das Land:	England	Frankreich	Deutschland	Holland	Oesterreich	Ungarn	Italien	Russland	Spanien	Portugal	Schweiz	—	—	—	
Das System:	Die Hängebrücken														
Der Name der Brücke:	Cliftonbrücke	*) Roche-Bernard	Regnitzbrücke	—	Moldaubrücke	Donaubrücke	—	—	—	—	—	*) Saanebrücke	*) East-Riverbrücke	—	
Grösste Oeffnung Meter:	214.00	198.00	64.26	—	140.26	203.00	—	—	—	—	—	265.00	486.00	—	
Das System:	Die Bogenbrücken														
Der Name der Brücke:	Airebrücke	**) Viauxbrücke	Rheinbrücke	—	Draubrücke	Theissbrücke	***) Addabrücke	—	Cinca- brücke	Duero- brücke	Schwarz- wasser- brücke	****) Mississippi- brücke	—	—	
Grösste Oeffnung Meter:	31.30	250.00	106.00	—	52.47	110.00	150.00	—	68.00	172.00	140.00	158.00	—	—	

Maximalspannweite ----

\*) Drahtseilbrücke.

\*\*) Gelenkbogenfachwerk.

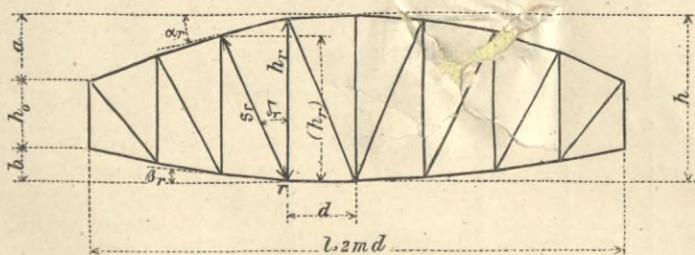
\*\*\*) Flusseisen.

\*\*\*\*) Stahl.

## II. Die Balkenbrücken-Systeme.

Als der allgemeinste Fall einer Brückenkonstruktion mit Balkenträgern kann ein, über mehrere Oeffnungen ohne jede Unterbrechung über alle Stützen durchlaufender Träger betrachtet werden. Sind bei einem solchen Träger an geeigneten Stellen innerhalb der Oeffnungen Gelenke angebracht, so wird die Konstruktion zum Gelenkträger; haben die Endöffnungen keine Stützpunkte, so entsteht der Konsolträger; hat die Konstruktion hingegen nur eine Oeffnung und zwei Stützen, so kann der Träger entweder freiaufhängend gelagert oder aber an den Enden eingespannt sein; hat der Träger endlich nur eine Stütze, so ist derselbe immer eingespannt.

Figur 1.

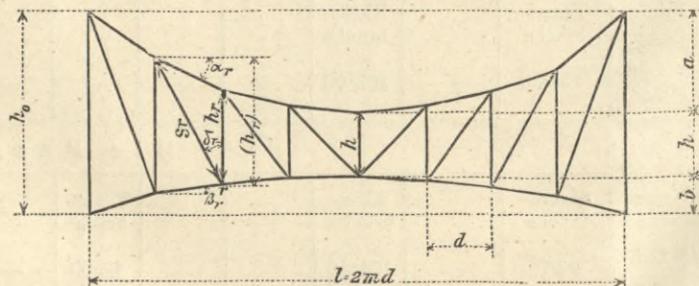


Die Balkenträger haben drei Hauptkonstruktionsteile und zwar: den Obergurt, den Untergurt und die dazwischenliegenden Füllungsglieder, welche wieder entweder ein System von schiefen Streben allein oder aber ein System von Streben und Vertikalen, oder aber endlich eine Vollwand bilden.

Demgemäss unterscheidet man: Netzwerkträger, Fachwerkträger und Vollwandträger.

Nach der Gestalt und Anordnung der beiden Gurte, die entweder ein, einer bestimmten Kurve eingeschriebenes Vielseit, oder aber zum Theil oder ganz aus Geraden gebildet wird, werden die einzelnen Systeme benannt, wie dies nach den Figuren 1 bis 10 und aus Tabelle Nr. 7 zu ersehen.

Figur 2.



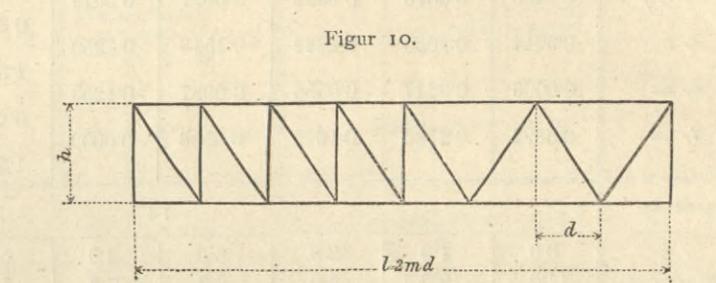
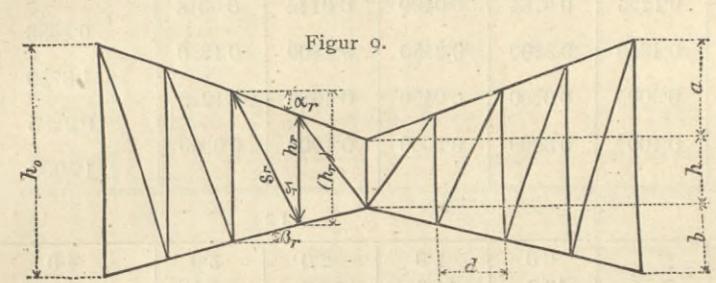
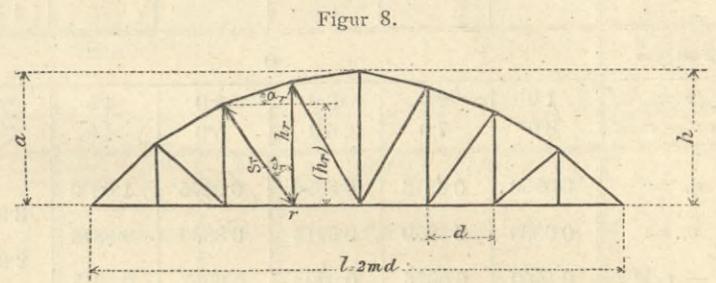
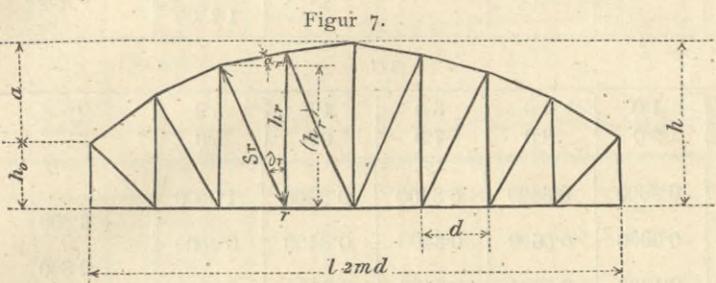
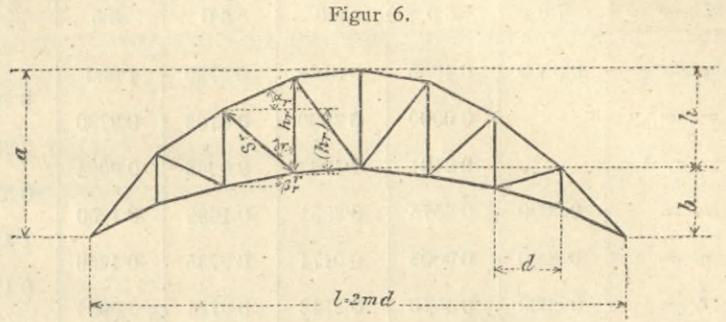
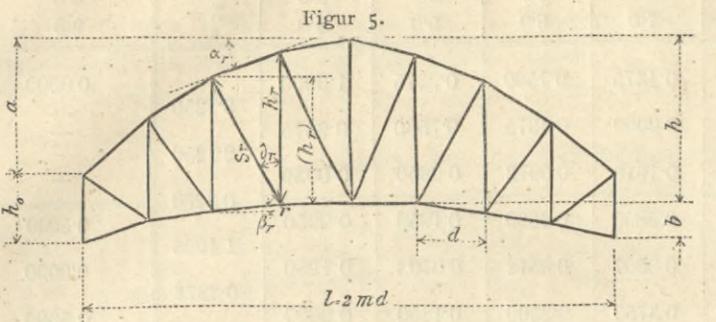
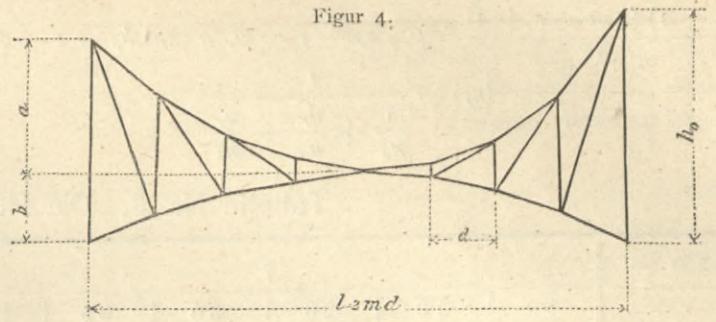
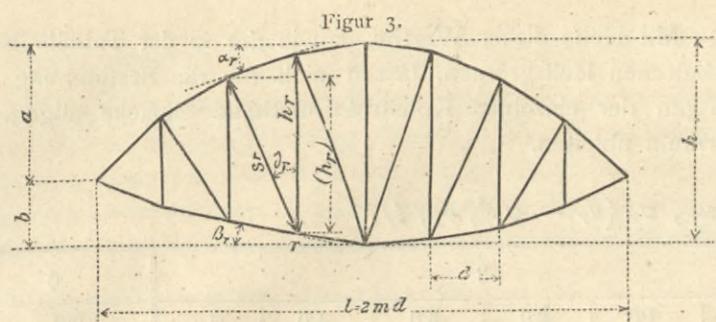


Tabelle Nr. 7. Die Hilfswerte  $n_r$  und  $(n_r)$ .

Nr.	Figur	Der Name des Systems	$h_0$	$h_r =$	$n_r =$	$(n_r)$	Bemerkungen
1.	1.	Der konvexe halparabolische Träger	$< 0$	$h_0 + a_r + b_r$	$\frac{1}{n_0} + u_r \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{1}{n_0} + \left( \frac{u_r}{n_a} + \frac{v_r}{n_b} \right)$	$u_r = \frac{r(2m-r)}{m^2}$
2.	2.	Der konkave halparabolische Träger	$< 0$	$h_0 - (a_r + b_r)$	$\frac{1}{n} + (1 - u_r) \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{1}{n} + \frac{(1 - u_r)}{n_a} + \frac{(1 - v_r)}{n_b}$	$v_r = \frac{(r-1)(2m-r+1)}{m^2}$
3.	3.	Der konvexe parabolische Träger	$= 0$	$a_r + b_r$	$u_r \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{v_r}{n_a} + \frac{u_r}{n_b}$	$t_r = \frac{(m-r)}{2m}$
4.	4.	Der konkave parabolische Träger	$< 0$	$h_0 + a_r - b_r$	$\frac{1}{n_0} + u_r \left( \frac{1}{n_a} - \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{1}{n_0} + \left( \frac{v_r}{n_a} - \frac{u_r}{n_b} \right)$	$t'_r = \frac{m-r+1}{2m}$
5.	5.	Der Halbsichelträger	$< 0$	$h_0 + a_r - b_r$	$\frac{1}{n_0} + u_r \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{1}{n_0} + \left( \frac{v_r}{n_a} - \frac{u_r}{n_b} \right)$	
6.	6.	Der Sichelträger	$= 0$	$a_r - b_r$	$u_r \left( \frac{1}{n_a} - \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{v_r}{n_a} - \frac{u_r}{n_b}$	
7.	7.	Der Halbparabelträger	$< 0$	$h_0 + a_r$	$\frac{1}{n_0} + \frac{u_r}{n_a}$	$\frac{1}{n_0} + \frac{v_r}{n_a}$	
8.	8.	Der Parabelträger	$= 0$	$a_r$	$\frac{n_a}{u_r}$	$\frac{n_a}{u_r - v_r}$	
9.	9.	Der Träger mit geraden nicht parallelen Gurtungen	$< 0$	$h + 2t_r(a+b)$	$\frac{1}{n} + 2t_r \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)$	$\frac{1}{u_r} + 2 \left( \frac{t_r}{n_a} + \frac{t'_r}{n_b} \right)$	
10.	10.	Der Träger mit geraden parallelen Gurtungen	$= h$	$h$	$n$	$n$	

Geht man vom allgemeinsten Falle, dem konvexen halparabolischen Träger (Fig. 1) aus, hiebei annehmend, dass die Fachdistanzen  $d$  überall gleich also  $l = 2md$ , ausserdem alle Knotenpunkte des Vielseites einer Parabel eingeschrieben sind, so wird, wenn  $\frac{l}{h_r} = n_r, \frac{l}{h_0} = n_0, \frac{l}{a} = n_a, \frac{l}{b} = n_b, \frac{l}{h} = n,$   
 $h_r = h_0 + a_r + b_r, a_r = \frac{r(2m-r)}{m^2} \cdot a$  und wenn  $\frac{r(2m-r)}{m^2} =$

$= u_r, a_r = u_r \cdot a$  ebenso  $b_r = u_r \cdot b$ , somit:

$$n_r = \frac{1}{n_0} + u_r \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)$$

Da ferner:

$(h_r) = h_r - (a_r - a_r - 1)$  und  $a_r - 1 = \frac{(r-1)(2m-r+1)}{m^2} \cdot a$ ,  
wird wenn:

$$\frac{(r-1)(2m-r+1)}{m^2} = v_r, a_r - 1 = v_r \cdot a \text{ und } b_r - 1 = v_r \cdot b,$$

$$(n_r) = \frac{1}{\frac{1}{n_o} + \frac{u_r}{n_a} + \frac{v_r}{n_b}}$$

Mit Hilfe dieser Werthe, sowie der in der Tabelle Nr. 8 enthaltenen Hilfsgrößen, lassen sich für die Bestimmung der Längen der einzelnen Konstruktionsteile einfache allgemeine Formeln ableiten.

Tabelle Nr. 8. Die Hilfsgrößen  $u_r, v_r (u_r - v_r)^2, o_r, t_r$ .

$2m =$	7						8						9
$r =$	0.0	1.0	2.0	3.0	3.5	$\frac{m}{\Sigma} =$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	$\frac{m}{\Sigma} =$	0.0
$2m - r =$	7.0	6.0	5.0	4.0	3.5	$\frac{m}{\Sigma} =$	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	$\frac{m}{\Sigma} =$	9.0
$u_r =$	0.0000	0.4900	0.8163	0.9790	1.000	3.2853	0.0000	0.4375	0.7500	0.9375	1.0000	3.1250	0.0000
$v_r =$	—	0.0000	0.4900	0.8163	0.9790		2.2853	—	0.0000	0.4375	0.7500		0.9375
$(u_r - v_r)^2 =$	—	0.2401	0.1063	0.0266	0.0004	0.3734	—	0.1918	0.0973	0.0350	0.0039	0.3280	—
$o_r =$	0.5000	0.3673	0.2551	0.1632	0.1250	1.4106	0.5000	0.3835	0.2890	0.1950	0.0250	1.4925	0.5000
$o_r =$	0.0000	0.0003	0.0171	0.0735	0.1250	0.1159	0.0000	0.0007	0.0312	0.0703	0.1250	0.2272	0.0000
$t_r =$	0.5000	0.3570	0.2142	0.0714	0.0000	1.1426	0.5000	0.3750	0.2500	0.1250	0.0000	1.2500	0.5000

$2m =$	9						10						
$r =$	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	$\frac{m}{\Sigma} =$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	$\frac{m}{\Sigma} =$
$2m - r =$	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	$\frac{m}{\Sigma} =$	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	$\frac{m}{\Sigma} =$
$u_r =$	0.3950	0.6913	0.8890	0.9875	1.0000	3.9629	0.0000	0.3600	0.6400	0.8400	0.9600	1.0000	3.800
$v_r =$	0.0000	0.3950	0.6913	0.8890	0.9875		2.9629	—	0.0000	0.3600	0.6400	0.8400	
$(u_r - v_r)^2 =$	0.1560	0.0876	0.0392	0.0097	0.0015	0.2940	—	0.1296	0.0784	0.0400	0.0144	0.0016	0.2636
$o_r =$	0.3944	0.3025	0.2222	0.1543	0.1250	1.6984	0.5000	0.4020	0.3200	0.2450	0.1800	0.1250	1.8720
$o_r =$	0.0006	0.0247	0.0555	0.0987	0.1250	0.2045	0.0000	0.0005	0.0200	0.0450	0.1086	0.1250	0.2985
$t_r =$	0.3892	0.2780	0.1668	0.0556	0.0000	1.3896	0.5000	0.4000	0.3000	0.2000	0.1000	0.0000	1.5000

$2m =$	11						12						
$r =$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.5	$\frac{m}{\Sigma} =$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0
$2m - r =$	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	5.0	5.5	$\frac{m}{\Sigma} =$	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0
$u_r =$	0.0000	0.3238	0.5994	0.7933	0.9256	0.9917	1.0000	4.6428	0.0000	0.3656	0.5556	0.7500	0.8889
$v_r =$	—	0.0000	0.3238	0.5994	0.7953	0.9256	0.9917		3.6428	—	0.0000	0.3656	0.5556
$(u_r - v_r)^2 =$	—	0.1109	0.0713	0.0376	0.0174	0.0044	0.0001	0.2417	—	0.0936	0.0625	0.0376	0.0193
$o_r =$	0.5000	0.4130	0.3347	0.2627	0.2060	0.1470	0.1250	1.9884	0.5000	0.4211	0.3506	0.2848	0.2230
$o_r =$	0.0000	0.0004	0.0165	0.0327	0.0661	0.1053	0.1250	0.3440	0.0000	0.0003	0.0139	0.0312	0.0556
$t_r =$	0.5000	0.4095	0.3285	0.2275	0.1365	0.0455	0.0000	1.6375	0.5000	0.4170	0.3336	0.2562	0.1668

$2m =$	12			14									
$r =$	5.0	6.0	$\frac{m}{\Sigma} =$	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	$\frac{m}{\Sigma} =$	Formeln
$2m - r =$	7.0	6.0	$\frac{m}{\Sigma} =$	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	$\frac{m}{\Sigma} =$	
$u_r =$	0.9722	1.0000	4.5323	0.0000	0.2859	0.4898	0.6734	0.8163	0.9020	0.9790	1.0000	5.1464	$u_r = \frac{r(2m-r)}{m^2}$
$v_r =$	0.8889	0.9722		3.5323	—	0.0000	0.3859	0.4898	0.6734	0.8163	0.9020		0.9790
$(u_r - v_r)^2 =$	0.0069	0.0001	0.2200	—	0.0818	0.0416	0.0338	0.0204	0.0074	0.0059	0.0009	2.1918	$o_r = \frac{(2m-r)^2}{8m^2}$
$o_r =$	0.1701	0.1250	2.0746	0.5000	0.4360	0.3647	0.3086	0.2551	0.2066	0.1653	0.1250	2.3593	$t_r = \frac{(m-r)}{2m}$
$o_r =$	0.0867	0.1250	0.3127	0.0000	0.0003	0.0102	0.0209	0.0436	0.0636	0.0943	0.1250	0.3596	
$t_r =$	0.0834	0.0000	1.7510	0.5000	0.4284	0.3570	0.2856	0.2142	0.1428	0.0714	0.0000	1.9994	

Die Länge eines oberen Gurtstückes auf Fachdistanz ist

$$z_{ra} = \sqrt{(a_r - a_{r-1})^2 + d^2}$$

und wenn man die Werthe einsetzt:

$$z_{ra} = \sqrt{\frac{(u_r - v_r)^2}{n_a^2} + \frac{1}{4m^2} \cdot l^2}$$

ebenso für ein Stück des Untergurtes

$$z_{rb} = \sqrt{\frac{(u_r - v_r)^2}{n_b^2} + \frac{1}{4m^2} \cdot l^2}$$

Da  $\sec \alpha_r = \frac{z_{ra}}{d} = \sqrt{\frac{(u_r - v_r)^2}{n_a^2} + 1}$  und

$$\sec \beta_r = \sqrt{\frac{(u_r - v_r)^2}{n_b^2} + 1},$$

beziehungsweise  $\sec^2 \alpha_r, \sec^2 \beta_r$  ebenfalls häufig gebraucht werden, ist auch deren Formel abgeleitet worden.

Für die Länge der Streben auf Fachdistanz ergibt sich:

$$s_r = \sqrt{(h_r)^2 + d^2} = \sqrt{\frac{1}{(n_r)^2} + \frac{1}{4m^2}} \cdot l, \text{ und für}$$

$$\sec \delta_r = \frac{s_r}{(h_r)} = \sqrt{1 + \frac{1}{4m^2} (n_r)^2}.$$

### B. DAS MATERIALE.

#### I. Festigkeitseigenschaften.

Bei den Tragkonstruktionen der eisernen Balkenbrücken kommt fast ausschliesslich das Schweisseisen — und in allerneuester Zeit das Flusseisen —, bei den Auflagertheilen, abgesehen von gewissen Nebentheilen, die aus Schweisseisen hergestellt werden, das Gusseisen und der Stahl zur Verwendung.

Mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis genügt es, von dem zu verwendenden Materiale den Werth der Streckgrenze  $s$ , der Tragfestigkeit  $t$  und für letztere noch den

Werth der relativen Dehnung  $\frac{\Delta l}{l}$  zu kennen, um mit Hülfe dieser Angaben entweder die üblichen Werthziffern  $z$  oder aber durch entsprechende Benützung derselben ein, die während der Belastung von dem Materiale verrichtete Arbeit darstellendes, Schaubild zu verzeichnen. Für die Werthziffern, die aber eigentlich keine zu grosse Bedeutung haben, sollte auch die Streckgrenze  $s$  mitberücksichtigt werden, also man sollte  $z = (t-s) \cdot \frac{\Delta l}{l}$  setzen. Mehr Werth hätte es für jedes Materiale ein Normalschaubild festzustellen, mit welchem die jeweiligen, durch die Versuche sich ergebenden Resultate zu vergleichen wären, wobei von

dem unterhalb der Streckgrenze liegenden Theile des Schaubildes abgesehen werden könnte, da einerseits diese Werthe sehr klein, andererseits mit den zumeist zur Verfügung stehenden Vorrichtungen in der Praxis nur ungenau bestimmt werden können.

Die zur Bestimmung der obigen Festigkeitsdaten nöthigen Versuche werden auf die bekannte Weise mit kleineren, entsprechend vorbereiteten Probestäben mit Zuhülfenahme der hiezu eingerichteten Zerreißmaschinen ausgeführt. In Tabelle Nr. 9 sind von 749 Versuchen, die mit, aus ungarischen Walzwerken stammenden Schweißeisensorten ausgeführt wurden, die mittleren Resultate, entsprechend geordnet, zusammengestellt worden.

Tabelle Nr. 9. Versuchsergebnisse mit ungarischen Schweißeisensorten.

Nr.	Die Richtung der Belastung	Die Walzeisen-gattung und Dimensionen	Die Anzahl der Probestäbe	Die Streckgrenze	Die Tragfestigkeit	Die Zusammenziehung	Die Dehnung	Der Unterschied	Die Werthziffer	Nr.	Die Richtung der Belastung	Die Walzeisen-gattung und Dimensionen	Die Anzahl der Probestäbe	Die Streckgrenze	Die Tragfestigkeit	Die Zusammenziehung	Die Dehnung	Der Unterschied	Die Werthziffer
				Mittelwerthe										Mittelwerthe					
				$s$	$t$	$c$	$\frac{\Delta l}{l}$	$t-s$	$(t-s) \frac{\Delta l}{l}$					$s$	$t$	$c$	$\frac{\Delta l}{l}$	$t-s$	$(t-s) \frac{\Delta l}{l}$
Stück	Tonnen	Perzent	Cm.	Tonnen	Tonn.-Cm.	Stück	Tonnen	Perzent	Cm.	Tonnen	Tonn.-Cm.								
A. Materiale aus dem Diosgyörer Eisenwerke.										16.	⊥	Flacheisen 501 — 750 7 — 15	21	—	3 290	5.4	0.09	—	—
1.		Flacheisen 50 — 250 7 — 15	38	—	3 700	33.7	0.18	—	—	—	⊥	Durchschnitt	30	—	3 260	5.5	0.04	—	—
2.		Flacheisen 251 — 500 7 — 15	53	—	3 590	32.0	0.21	—	—	17.		Winkelisen 35 × 35 5	2	—	4 010	21.7	0.09	—	—
—		Durchschnitt	91	2 210	3 640	32.7	0.20	1 430	0.29	18.		Winkelisen 40 × 40 8	1	—	4 410	27.3	0.17	—	—
3.	⊥	Flacheisen 251 — 500 7 — 15	2	—	2 650	5.0	0.03	—	—	19.		Winkelisen 45 × 45 6	2	—	4 150	20.3	0.09	—	—
4.		Winkelisen 60 × 60 8 — 10	11	—	3 710	24.2	0.18	—	—	20.		Winkelisen 50 × 50 7	4	—	4 190	27.3	0.16	—	—
5.		Winkelisen 65 × 65 8 — 10	3	—	3 800	22.4	0.16	—	—	21.		Winkelisen 55 × 55 7	3	—	4 060	26.2	0.14	—	—
6.		Winkelisen 70 × 70 7 — 10	22	—	3 730	26.3	0.16	—	—	22.		Winkelisen 60 × 60 8 — 10	6	—	3 660	22.7	0.17	—	—
7.		Winkelisen 80 × 80 8 — 12	64	—	3 680	28.2	0.17	—	—	23.		Winkelisen 70 × 70 8 — 10	7	—	3 670	26.4	0.19	—	—
8.		Winkelisen 90 × 90 9 — 13	21	—	3 650	30.8	0.20	—	—	24.		Winkelisen 80 × 80 8 — 12	14	—	3 930	23.1	0.17	—	—
9.		Winkelisen 100 — 100 10 — 12	44	—	3 720	27.7	0.20	—	—	25.		Winkelisen 90 × 90 9 — 12	15	—	3 790	22.5	0.16	—	—
—		Durchschnitt	165	2 370	3 700	28.1	0.18	1 330	0.24	26.		Winkelisen 100 × 100 10 — 12	14	—	3 670	22.0	0.18	—	—
—		A.	256	2 310	3 675	30.0	0.09	1 365	0.26	27.		Winkelisen 120 × 120 12	2	—	4 040	14.4	0.15	—	—
B. Materiale aus dem Zólyom-Brezoer Eisenwerke.										28.		Winkelisen 105 × 130 13	4	—	3 680	34.2	0.21	—	—
10.		Blech 751 — 1390 8 — 15	50	2 430	3 570	16.1	0.12	1 140	0.14	—		Durchschnitt	74	2 400	3 830	24.0	0.17	1 430	0.24
11.	⊥	Blech 751 — 1390 8 — 15	27	—	3 130	8.0	0.05	—	—	29.		I-Eisen 160 × 6.5 84 × 9.5	6	—	3 900	26.1	0.17	—	—
12.		Flacheisen 50 — 250 7 — 15	76	—	3 850	29.9	0.18	—	—	30.		I-Eisen 200 × 8 96 × 12	2	—	3 930	23.6	0.19	—	—
13.		Flacheisen 251 — 500 7 — 15	158	—	3 850	27.8	0.16	—	—	31.		I-Eisen 235 × 10 96 × 12	4	—	3 910	29.2	0.22	—	—
14.		Flacheisen 501 — 750 7 — 15	43	—	3 650	22.1	0.14	—	—	32.		I-Eisen 260 × 11.5 115 × 15.5	2	—	3 460	27.2	0.18	—	—
—		Durchschnitt	277	2 640	3 820	27.4	0.17	1 180	0.20	—		Durchschnitt	14	2 488	3 840	26.8	0.19	1 360	0.24
15.	⊥	Flacheisen 251 — 500 7 — 15	9	—	3 180	4.4	0.03	—	—	—		B.	415	2 550	3 792	25.4	0.16	1 242	0.20

Nr.	Die Richtung der Belastung	Die Walzeisen-gattung und Dimensionen	Die Anzahl der Probe-stäbe	Die Streckgrenze	Die Tragfestigkeit	Die Zusammenziehung	Die Dehnung	Der Unterschied	Die Werthziffer	Nr.	Die Richtung der Belastung	Die Walzeisen-gattung und Dimensionen	Die Anzahl der Probe-stäbe	Die Streckgrenze	Die Tragfestigkeit	Die Zusammenziehung	Die Dehnung	Der Unterschied	Die Werthziffer
				Mittelwerthe										Mittelwerthe					
				$s$	$t$	$c$	$\frac{\Delta l}{l}$	$t-s$	$(t-s) \frac{\Delta l}{l}$					$s$	$t$	$c$	$\frac{\Delta l}{l}$	$t-s$	$(t-s) \frac{\Delta l}{l}$
Stück	Tonnen	Perzent	Cm.	Tonnen	Tonn.-Cm.	Stück	Tonnen	Perzent	Cm.	Tonnen	Tonn.-Cm.								
C. Materiale aus dem Reschitzaer Eisenwerke.																			
33.		Flacheisen 50 — 250 13	2	—	3 770	21.8	0.17	—	—	45.		Winkelisen 60 × 60 8 — 10	5	—	3 670	20.2	0.12	—	—
34.		Flacheisen 251 — 500 8 — 12	4	—	3 690	39.1	0.17	—	—	46.		Winkelisen 70 × 70 8 — 10	8	—	3 730	20.7	0.17	—	—
—		Durchschnitt	6	2 960	3 720	33.3	0.17	0.760	0.13	47.		Winkelisen 80 × 80 8 — 12	8	—	3 770	24.0	0.18	—	—
35.		Winkelisen 100 × 100 12	2	—	4 080	40.2	0.20	—	—	48.		Winkelisen 90 × 90 10	1	—	3 640	19.6	0.17	—	—
36.		Winkelisen 110 × 110 10	1	—	4 420	44.2	0.23	—	—	49.		Winkelisen 100 × 100 12	13	—	3 880	25.0	0.18	—	—
37.		Winkelisen 120 × 120 13	1	—	3 960	38.0	0.24	—	—	50.		Winkelisen 75 × 60 8	2	—	3 890	23.9	0.14	—	—
38.		Winkelisen 80 × 60 9.5	2	—	3 330	29.0	0.13	—	—	51.		Winkelisen 100 × 70 10	2	—	3 640	19.1	0.11	—	—
39.		Winkelisen 100 × 66 10.5	2	—	3 560	36.6	0.15	—	—	—		Durchschnitt	41	2 620	3 810	22.5	0.16	1 190	0.19
40.		Winkelisen 105 × 80 13	2	—	3 920	35.4	0.18	—	—	—		D.	58	2 660	3 820	21.2	0.16	1 160	0.18
—		Durchschnitt	10	2 300	3 810	32.7	0.16	1 510	0.24	A—D. Allgemeine Durchschnittwerthe.									
41.		[-Eisen 153 × 7 58 × 9	4	2 300	4 170	26.2	0.18	1 870	0.36	52.		Blech	50	2 430	3 570	16.1	0.12	1 140	0.14
—	—	C.	20	2 560	3 855	31.6	0.17	1 295	0.23	53.	⊥	Blech	(27)	—	3 130	8.0	0.05	—	—
D. Material aus dem Rimamuranyer Eisenwerke.																			
42.		Flacheisen 50 × 250 8 — 10	7	—	3 930	21.6	0.19	—	—	54.		Flacheisen	391	2 530	3 780	28.0	0.17	1 250	0.21
43.		Flacheisen 251 — 500 8 — 20	10	—	3 780	15.7	0.13	—	—	55.	⊥	Flacheisen	(30)	—	3 260	5.5	0.04	—	—
—		Durchschnitt	17	2 770	3 840	18.1	0.15	1 170	0.18	56.		Winkelisen	290	2 420	3 742	29.8	0.19	1 322	0.25
44.		Winkelisen 50 × 50 6	2	—	3 470	16.8	0.07	—	—	57.		Formeisen	18	2 520	3 910	26.6	0.19	1 360	0.27
—		Durchschnitt	17	2 770	3 840	18.1	0.15	1 170	0.18	—		Durchschnitt	749	2 480	3 640	25.4	0.16	1 150	0.19
—		Vorgeschr.	—	—	3 600	—	0.12	—	—	—		Grenzen	—	—	3 000	—	0.20	—	—

Das in den Brückenkonstruktionen verwendete Materiale wird aber nun bekanntlich noch auf mannigfache Weise bearbeitet, wodurch die auf die vorhin angeführte Weise bestimmten Festigkeitsresultate oft eine nicht unwesentliche Aenderung erleiden, daher man bemüht war, auch in dieser Richtung Daten zu beschaffen. Hiebei hat man bis nun zweierlei Methoden angewendet und zwar: nach der ersten Methode werden ebenfalls kleine Probestäbe verschiedenartig bearbeitet und dann geprobt, während bei der zweiten Methode man mit ganzen Brückenkonstruktionen Belastungsversuche bis zum Bruche vornimmt.

Der Verfasser hat in dieser Richtung nach dem erstgenannten Vorgange mit Stäben von Schweisseisen und Fluss-eisen Parallelversuche angestellt und deren Resultate in den Tabellen 10 und 11 zusammengestellt. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich zwar deutlich, wie die eine oder die andere Bearbeitung von Einfluss ist, allein andererseits lässt sich auch sagen, dass in den Brücken das Materiale mehrfach nach einander bearbeitet wird, daher nicht selten sich die eintretenden Einflüsse zum Theil ausgleichen werden, demnach im Allgemeinen das Resultat günstiger sein dürfte.

Bei der Bearbeitung ist insbesondere die Art der Herstellung der Nietlöcher von grosser Bedeutung, und besteht auch seit Jahren der Kampf darüber: ob diese Löcher gestantzt werden können oder aber gebohrt werden sollen? Da beide Vorgänge Vor- und Nachtheile haben, so ist es wohl ziemlich unfruchtbar, die eine oder andere Herstellungsweise ausschliesslich vorzuschreiben, um so mehr als man beide Arbeitsweisen ganz zweckmässig vereinen kann, wie dies in der vom Verfasser geleiteten Brückenbauanstalt geschieht. Es werden nämlich die Löcher alle auf einen um 3 bis 4 Mm. kleineren Durchmesser gestantzt, die Theile dann zusammengestellt und wenn dieselben in der richtigen Stellung sind, gemeinsam auf den vorgeschriebenen Durchmesser ausgebohrt, wozu bereits seit einiger Zeit leicht transportable Bohrmaschinen mit elektrischem Betriebe angewendet werden, wodurch die ziemlich kostspielige Handarbeit vermieden wird.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass man bei einer hinreichenden Anzahl von Festigkeitsversuchen in der Lage ist, bei entsprechender Berücksichtigung des Mischungsverhältnisses der einzelnen Eisengattungen sich über die mittleren

Festigkeitseigenschaften der ganzen Brückenkonstruktion ein annähernd richtiges Urtheil zu bilden.

Aus den Resultaten der Tabellen Nr. 9 und 10 ergibt sich auch, dass weiches Flusseisen in jeder Richtung so wie Schweisseisen behandelt werden kann, demnach dessen Ver-

wendung zu Brückenbauten wohl begründet ist, da bei diesem Materiale in der Regel die Streckgrenze höher liegt, als beim Schweisseisen, was, wie im nächsten Absatze nachgewiesen werden wird, mit nicht unbedeutenden Vortheilen verbunden ist.

Tabelle Nr. 10. Versuchsergebnisse über den Einfluss der Bearbeitung auf Schweisseisen.

Nr.	Gegenstand	A. Flacheisen von $\frac{180}{10}$ Mm. aus dem Diosgyörer Eisenwerke.																
		Die Bezeichnung	Die Maassgattung	Probestab im rohen Zustande	Ausgeglühter Probestab	Kalt gehämmerter Probestab	An einem Ende eingefällter Probestab	Gebohrtes Loch in der Mitte des Stabes	Gestanztes Loch in der Mitte des Stabes	Gestanztes Loch in der Mitte des Stabes, aber ausgießen	Je am Rande ein Loch gebohrt	Je am Rande ein Loch gestanzt*)	Je am Rande ein Loch gestanzt**)	Je am Rande ein Loch gestanzt***)	Drei gebohrte und vernietete Löcher	Drei gestanzte und vernietete Löcher	Vier gebohrte und vernietete Löcher	Vier gestanzte und vernietete Löcher
1.	Streckgrenze . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	<i>s</i>	Tonnen	2·113	2·413	2·692	2·351	2·628	2·875	2·754	2·862	3·006	3·192	3·509	3·001	2·950	2·790	2·880
					14	22	6	24	36	33	35	41	51	66	42	39	27	31
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	Tragfestigkeit . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	<i>t</i>	Tonnen	3·368	3·826	4·083	2·675	3·592	3·219	3·686	3·845	3·319	3·516	4·211	3·550	3·420	3·920	3·400
					13	21	—	6	—	9	13	—	4	25	5	1	16	1
					—	—	21	—	5	—	—	2	—	—	—	—	—	—
3.	Dehnung . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	$\frac{\Delta l}{l}$	Cm.	0·215	0·260	0·095	0·025	0·055	0·030	0·040	0·070	0·025	0·020	0·015	0·070	0·040	0·055	0·035
					21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					—	56	89	74	86	81	67	89	91	93	68	81	74	81
4.	Werthziffer . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	$(t-s)\frac{\Delta l}{l}$	Tonn.-Cm.	0·264	0·364	0·139	0·008	0·058	0·012	0·037	0·069	0·008	0·006	0·001	0·039	0·023	0·062	0·018
					39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					—	48	96	59	95	85	73	96	97	99	84	91	76	33
5.	Schaubildfläche . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	<i>f</i>	Tonn.-Cm.	0·075	0·105	0·036	0·004	0·015	0·004	0·020	0·020	0·007	0·003	0·007	—	—	—	—
					40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					—	53	95	80	95	84	73	90	96	90	—	—	—	
Nr.	Gegenstand	B. Winkeleisen von $\frac{90 \times 90}{10}$ Mm. aus dem Diosgyörer Eisenwerke.																
6.	Streckgrenze . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	<i>s</i>	Tonnen	2·685	2·511	2·948	2·991	3·102	3·067	2·947	3·430	3·472	3·995	4·572	3·388	3·280	3·240	3·300
					—	9	11	11	11	9	13	13	14	16	13	12	13	
					6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7.	Tragfestigkeit . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	<i>t</i>	Tonnen	3·625	3·753	4·056	3·128	4·003	3·582	4·026	4·335	3·793	4·403	4·630	4·130	3·920	4·200	3·680
					3	12	—	10	—	11	20	4	21	21	14	7	15	1
					—	—	15	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	
8.	Dehnung . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	$\frac{\Delta l}{l}$	Cm.	0·100	0·190	0·050	0·020	0·030	0·025	0·035	0·045	0·025	0·020	0·010	0·050	0·040	0·050	0·020
					90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					—	50	20	30	25	35	45	25	20	10	50	40	50	
9.	Werthziffer . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	$(t-s)\frac{\Delta l}{l}$	Tonn.-Cm.	0·094	0·236	0·055	0·003	0·027	0·013	0·038	0·041	0·007	0·010	0·001	0·001	0·039	0·026	0·048
					15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					—	41	97	71	86	60	50	92	90	99	99	59	72	39
10.	Schaubildfläche . . . . . Zunahme, Perzent . . . . . Abnahme, „ . . . . .	<i>f</i>	Tonn.-Cm.	0·040	0·076	0·024	0·002	0·010	0·011	0·014	0·006	0·004	0·005	0·000	—	—	—	—
					90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					—	40	95	75	73	65	85	90	87	100	—	—	—	

Bemerkungen: Die zu einer Versuchsreihe gehörigen Probestäbe wurden demselben Stücke entnommen und die Versuche mit der grössten Sorgfalt auf einer Grafenstadener Zerriissmaschine ausgeführt: bei \*) ist die innere Entfernung der Lochränder 40 Mm., bei \*\*) 30 Mm., bei \*\*\*) 20 Mm. Die Schaubildfläche bezieht sich auf die über der Streckgrenze liegenden Belastungen.

II. Die zulässige Inanspruchnahme.

Von jeder Brückenkonstruktion wird verlangt, dass dieselbe bei den normal vorgesehenen Belastungen in keinem ihrer Theile eine solche Beanspruchung erleide, in Folge welcher wirkliche bleibende Formänderungen eintreten könnten. Demnach ist es klar, dass die Inanspruchnahme nirgends die Elastizitätsgrenze des Materiales erreichen oder übersteigen darf, das heisst die Elastizitätsgrenze muss als Maximalwerth der Inanspruchnahme aufgefasst werden.

Da es nun in der Praxis nur selten möglich, den Werth der Elastizitätsgrenze genau zu ermitteln, so war es naheliegend zu untersuchen, welcher Zusammenhang besteht zwischen der Elastizitätsgrenze *t*, der Streckgrenze *s*, und der Tragfestigkeit *t*? Aus den in der Tabelle Nr. 12 angeführten Versuchsergebnissen verschiedener Beobachter — sowie für die Streckgrenze bei Schweisseisen auch aus den Resultaten der Tabelle Nr. 9 — ergab sich, dass bei Schweisseisen  $e = 0·4$  Tonnen und  $s = \frac{t}{1·5}$ ,

Tabelle Nr. 11. Versuchsergebnisse und der Einfluss der Bearbeitung auf Flusseisen (Martin).

Nr.	Gegenstand	A. Flacheisen von $\frac{180}{10}$ Mm. aus dem Diosgyörer Eisenwerke.																
		Die Bezeichnung	Die Maassgattung	Probestab in rohem Zustande	Ausgeglühter Probestab	Kaltgehämmerter Probestab	An einem Rande eingefeilter Probestab	Gebohrtes Loch in der Mitte des Stabes	Gestanztes Loch in der Mitte des Stabes	Gestanztes Loch in der Mitte des Stabes, aber ausgerichteten	Je am Rande ein Loch gebohrt	Je am Rande ein Loch gestanzt*)	Je am Rande ein Loch gestanzt**)	Je am Rande ein Loch gestanzt***)	Drei gebohrte und vernietete Löcher	Drei gestanzte und vernietete Löcher	Vier gebohrte und vernietete Löcher	Vier gestanzte und vernietete Löcher
1.	Streckgrenze .....	<i>s</i>	Tonnen	2·160	2·230	2·020	2·210	2·440	2·380	2·500	2·340	2·680	2·830	3·320	—	—	—	—
	Zunahme, Prozent....				8	—	8	11	10	11	10	12	13	15	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	Tragfestigkeit .....	<i>t</i>	Tonnen	3·310	3·400	3·540	3·410	3·620	3·610	3·730	3·880	3·840	4·010	4·120	3·730	3·640	3·760	3·500
	Zunahme, Prozent....				2	1	2	9	9	13	17	16	21	24	13	10	13	6
	Abnahme, „ .....				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	Dehnung .....	$\frac{\Delta l}{l}$	Cm.	0·300	0·300	0·185	0·090	0·080	0·075	0·080	0·095	0·075	0·055	0·035	0·160	0·150	0·150	0·120
	Zunahme, Prozent....				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				—	29	70	74	75	74	68	75	82	88	47	50	50	60
4.	Werthziffer .....	$(t-s) \frac{\Delta l}{l}$	Tonn.-Cm.	0·340	0·051	0·290	0·108	0·094	0·091	0·098	0·101	0·087	0·064	0·028	—	—	—	—
	Zunahme, Prozent....				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				85	14	68	72	73	71	70	74	80	91	—	—	—	—
5.	Schaubildfläche .....	<i>f</i>	Tonn.-Cm.	0·091	0·091	0·078	0·040	0·024	0·022	0·028	0·044	0·036	0·017	0·018	—	—	—	—
	Zunahme, Prozent....				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				—	15	57	73	75	70	51	60	81	87	—	—	—	—
Nr.	Gegenstand	B. Winkeleisen von $\frac{90 \times 90}{10}$ Mm. aus dem Diosgyörer Eisenwerke.																
6.	Streckgrenze .....	<i>s</i>	Tonnen	2·525	2·284	2·997	2·725	3·069	2·955	2·844	2·985	3·132	3·589	4·223	3·250	3·460	3·260	3·260
	Zunahme, Prozent....				—	—	10	21	21	12	21	21	42	67	28	36	28	28
	Abnahme, „ .....				10	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	Tragfestigkeit .....	<i>t</i>	Tonnen	3·668	3·604	4·036	3·500	4·084	3·761	3·993	4·195	3·979	4·520	4·977	4·130	3·950	4·240	4·170
	Zunahme, Prozent....				—	10	—	11	2	8	13	8	23	36	12	7	15	13
	Abnahme, „ .....				2	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.	Dehnung .....	$\frac{\Delta l}{l}$	Cm.	0·290	0·330	0·170	0·070	0·060	0·050	0·075	0·085	0·055	0·045	0·030	0·100	0·088	0·070	0·070
	Zunahme, Prozent....				13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				—	42	76	80	83	74	71	81	85	90	66	82	76	76
9.	Werthziffer .....	$(t-s) \frac{\Delta l}{l}$	Tonn.-Cm.	0·331	0·436	0·177	0·055	0·055	0·040	0·093	0·103	0·047	0·042	0·023	—	—	—	—
	Zunahme, Prozent....				31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				—	46	83	83	88	71	68	86	87	93	—	—	—	—
10.	Schaubildfläche .....	<i>f</i>	Tonn.-Cm.	0·064	0·109	0·029	0·017	0·018	0·012	0·021	0·033	0·012	0·012	0·007	—	—	—	—
	Zunahme, Prozent....				86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Abnahme, „ .....				—	54	76	76	81	67	51	81	81	90	—	—	—	—

Bemerkungen: Die zu einer Versuchsreihe gehörigen Probestäbe wurden demselben Stücke entnommen und die Versuche mit der grössten Sorgfalt mit einer Grafenstadener Zerreiassmaschine ausgeführt; bei \*) ist die innere Entfernung der Lochränder 40 Mm., bei \*\*) 30 Mm., bei \*\*\*) 20 Mm.; die Schaubildfläche bezieht sich auf die über der Streckgrenze liegenden Belastungen.

daher  $s = 1.667 e$  und bei Flusseisen  $e = 0.53$  Tonnen und  $s = \frac{t}{1.5}$ , daher  $s = 1.245 e$ ; hienach kann man jederzeit aus dem üblichen Versuchsergebnisse den Werth von  $e$  annähernd richtig bestimmen.

In früherer Zeit begnügte man sich, von der Tragfestigkeit  $t$  des Materiales ausgehend, die zulässige Inanspruchnahme konstant  $\rho = \frac{t}{(m)}$  zu wählen, wo  $(m)$  einen zwischen 5 und 6 liegenden willkürlichen Sicherheits-Koeffizienten bedeutet.

Durch Wöhler's Versuche, deren Resultate zwar nur indirekt für Brückenkonstruktionen verwertbar sind, wurde die Aufmerksamkeit auf den Einfluss der, in einem Konstruktions-theile auftretenden Unterschiede in den Grenzspannungen gelenkt und von Launhard vorgeschlagen, die sogenannte Arbeitsfestigkeit  $a$  als Ausgangspunkt für die Bestimmung der

zulässigen Inanspruchnahme zu wählen. Hierbei wurde die, freilich nur schwerer bestimmbare sogenannte Ursprungsfestigkeit in Betracht gezogen, für welche mit hinreichender Berechtigung die stets erhebliche Streckgrenze  $s$ , und für den als Schwingungsfestigkeit bezeichneten Werth aber  $\frac{s}{2}$  gesetzt werden kann.

Führt man diese Werthe in die Launhard-Weyrauch'sche Formel ein, so wird die Arbeitsfestigkeit:

$$a = s \left( 1 + \frac{1}{2} \psi \right) = A e \left( 1 + \frac{1}{2} \psi \right)$$

wobei  $\psi = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$  und  $P_{\min}$ ,  $P_{\max}$  die Grenzspannungen bedeuten, bemerkend, dass deren Vorzeichen zu berücksichtigen ist.

Bezeichnet man  $A \left( 1 + \frac{1}{2} \psi \right) = m'$  so wird  $a = m' \cdot e$ .

Tabelle Nr. 12. Allgemeine Festigkeitsdaten für Schweiss- und Flusseisen.

Nr.	Der Name			Die Versuchsergebnisse						Die Rechnungsergebnisse				Bemerkungen
	des Beobachters	des Erzeugungs-ortes	der Materialgattung	$\epsilon$	$\frac{\Delta l}{l}$	$s$	$\epsilon$	$\frac{\Delta l}{l}$	$E$	$\epsilon$	$\frac{\Delta l}{l}$	$s$	$E$	
				Tonnen	Centim.	Tonnen	Tonnen	Centim.	Tonnen	Tonnen	Centim.	Tonnen	Tonnen	
1.	Bauschinger	?	Schweisseisen	1·620	0·00074	—	4·140	0·21	2196	1·656	0·00085	2·760	2000	Für die Elastizitätsgrenze ist $\frac{\Delta l}{l} = 0·0005 \times \epsilon$ . 1 — 6 Weyrauch, Festigkeitseigenschaften. 7 — 9 Claudel, Formules etc. $l = 0·4 t$ , $s = 1·667 \epsilon$ .
2.	"	?	"	1·290	0·00060	—	3·520	0·09	2161	1·408	0·00070	2·347	2000	
3.	"	?	"	0·920	0·00087	—	3·030	0·28	2188	1·212	0·00061	2·020	2000	
4.	Intze	Rothe-Erde	"	1·600	0·00080	—	3·500	0·09	2000	1·400	0·00070	2·334	2000	
5.	Tetmayer	Neunkirchen	"	1·440	0·00070	2·440	3·760	0·22	2035	1·504	0·00075	2·504	2000	
6.	"	"	"	1·390	0·00067	2·360	3·460	0·11	2053	1·384	0·00070	2·307	2000	
7.	Rouvenat	?	"	1·198	0·00072	—	2·750	—	1661	1·100	0·00055	1·834	2000	
8.	"	?	"	1·439	0·00081	—	3·250	—	1801	1·300	0·00065	2·167	2000	
9.	"	?	"	1·680	0·00088	—	3·750	—	1917	1·500	0·00075	2·500	2000	
1-9.	—	—	Mittelwerthe	1·400	0·00075	2·400	3·464	0·17	2001	1·385	0·00069	2·308	2000	
10.	Intze	Rothe-Erde	Flusseisen	3·200	0·00151	—	4·500	0·25	2120	2·385	0·00110	3·000	2174	$\frac{\Delta l}{l} = 0·00046 \times \epsilon$ . 10 — 12 Weyrauch, Festigkeitseigenschaften. 12 — 23 Brick, Zeitschrift des österreichischen Ingenieurvereines 1891. 24 Considère, Stahl und Eisen.
11.	Tetmayer	Neunkirchen	Thomasflusseisen	2·310	0·00109	2·800	4·240	0·32	2110	2·247	0·00103	2·827	2174	
12.	"	"	"	2·510	0·00119	3·210	4·690	0·30	2100	2·486	0·00115	3·127	2174	
13.	Jenny	Kladno	"	1·910	0·00099	—	3·860	0·25	1920	2·046	0·00092	2·573	2174	
14.	"	"	"	2·010	0·00100	—	3·860	0·25	2000	2·046	0·00092	2·573	2174	
15.	"	"	Martinflusseisen	2·100	0·00102	—	4·180	0·25	2000	2·215	0·00097	2·787	2174	
16.	"	"	"	2·410	0·00116	—	4·180	0·25	2050	2·215	0·00110	2·787	2174	
17.	"	Witkowitz	"	1·940	0·00098	—	4·660	0·26	1970	2·563	0·00089	3·167	2174	
18.	"	"	"	2·625	0·00127	—	4·660	0·26	2080	2·563	0·00120	3·167	2174	
19.	"	Donawitz	"	2·205	0·00112	—	3·870	0·28	1950	2·051	0·00092	2·580	2174	
20.	"	"	"	2·205	0·00112	—	3·870	0·28	2000	2·051	0·00092	2·580	2174	
21.	Böck	Teschen	"	1·720	0·00089	—	3·830	0·28	1920	2·034	0·00079	2·583	2174	
22.	"	"	"	1·620	0·00052	—	3·875	0·28	2000	2·034	0·00074	2·582	2174	
23.	"	"	"	1·640	—	—	3·880	0·24	—	2·056	0·00074	2·587	2174	
24.	Considère	?	"	2·500	—	—	4·030	0·26	—	2·136	0·00115	2·687	2174	
10-24.	—	—	Mittelwerthe	2·197	0·00106	3·000	4·145	0·27	2030	2·209	0·00097	2·763	2174	

Berücksichtigt man nun, dass sowohl in den angewendeten Materialien als auch in der Ausführung unvermeidliche kleine Fehler vorkommen, ausserdem verschiedene durch die, über die Brücke verkehrenden bewegten Lasten verursachten Nebenumstände von Einfluss sind, so wird man die zulässige Inanspruchnahme

$$\rho = \frac{a}{m''}$$

wählen, wobei  $m''$  ein auf Grund gemachter Erfahrungen empirisch zu bestimmender Sicherheitskoeffizient ist, für welchen die Gleichung

$$m' = B - C\psi$$

vorgeschlagen wird. Für die Feststellung der Konstanten  $B$  und  $C$  wurde angenommen, dass für den Fall  $\psi = 0$ , der Werth von  $\rho$  eine durch die Erfahrung als entsprechend gefundene untere Grenze erreicht. Dagegen für  $\psi = 1$  als oberste Grenze,  $\rho$  den Werth der Elastizitätsgrenze annimmt, wobei noch für Eisenbahn- und Strassenbrücken verschiedene Annahmen zu machen wären.

In Tabelle Nr. 13 wurden die in Oesterreich und Ungarn für die Festigkeit des Schweisseisens vorgeschriebenen Zahlen, die Werthe der zulässigen Inanspruchnahme zusammengestellt, und mit den, nach anderen bisher gemachten Vorschlägen gefundenen Zahlen verglichen.

Im Allgemeinen ist für jene Theile, bei denen nur Spannungen mit gleichem Vorzeichen vorkommen,  $\psi = \frac{p}{q}$  für die ganze Oeffnung konstant zu nehmen, wie dies in der obigen Tabelle geschah, hingegen bei verschiedenen Vorzeichen muss der Werth von  $\psi$  genau bestimmt werden.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass es nach dem Vorschlage des Verfassers keine Schwierigkeiten darbieten würde, bei der Wahl des Werthes der zulässigen Inanspruchnahme auch auf die thatsächlich vorliegenden Festigkeits-Eigenschaften des anzuwendenden Materiales Rücksicht zu nehmen.

### C. DIE BELASTUNGEN.

Die von den eisernen Brückenkonstruktionen aufzunehmenden Belastungen sind zum Theile verticale, zum Theile horizontale und zwar gehören zu den ersteren die Verkehrsbelastung und das Eigengewicht der Tragkonstruktion, zu den letzteren der Winddruck, als auch bei Bahnbrücken, wo das Geleise in einer Kurve liegt, die Zentrifugalkraft.

Von diesen Belastungen sind alle, mit Ausnahme des, erst auf Grund des zu entwerfenden Projektes der Brücke zu erhebenden Eigenschaften bekannt und dieses muss daher für die Zwecke der statischen Berechnung hinreichend genau voraus berechnet werden, welcher Vorgang auf verschiedene Weise durchgeführt werden kann.

#### I. Die Verkehrsbelastungen.

Die Verkehrsbelastungen bestehen entweder in einer Anzahl von Fahrzeugen, bei denen die Belastungen in bestimmten gegebenen Entfernungen konzentriert erscheinen, oder aber ist die Belastung über die ganze Fläche der Brückenfahrbahn gleichmässig vertheilt. Da man die Dimensionen der einzelnen Konstruktionstheile so zu bestimmen hat, dass diese selbst bei den ungünstigsten Belastungen genügen sollen, so hat man für die Brücke die voraussichtlich schwerste Belastung in der für jeden Theil unvortheilhaftesten Stellung in Betracht zu ziehen. Hierbei ist namentlich bei Bahnbrücken mit Rücksicht auf den Umstand, dass infolge der erhöhten Anforderungen des steigenden Verkehrs durch die immer schwerer zu konstruierenden Lokomotiven, auch die Belastung immer mehr steigt, zu empfehlen, statt der jetzt zunehmenden Maximalbelastung eine ungünstigere, aber unbedingt nicht übersteigbare ideale Belastung in Rechnung zu ziehen.

Obwohl es bei den Balkenbrücken keine besonderen Schwierigkeiten hat, namentlich wenn dieselben nur zwei Stützen

Tabelle Nr. 13. Die zulässige Inanspruchnahme bei Schweisseisen.

Nr.	$\frac{p}{q} = \downarrow$	Obere Grenzen					Untere Grenzen					G r e n z e n					
		$\frac{\Delta l}{l} = 0.12 \text{ Cm., } t = 3.6 \text{ Tonnen, } l = 1.44 \text{ Tonnen, } s = 2.4 \text{ Tonnen}$					$\frac{\Delta l}{l} = 0.2 \text{ Cm., } t = 3.3 \text{ Tonnen, } l = 1.32 \text{ Tonnen, } s = 2.2 \text{ Tonnen}$					$\frac{\Delta l}{l} = ?, t = 3.5 \text{ Tonnen, } l = 1.4 \text{ Tonnen, } u = s = 2.4 \text{ Tonnen.}$					
		<i>a</i>	<i>m''</i>	$\rho$	<i>m</i>	( <i>m</i> )	<i>a</i>	<i>m''</i>	$\rho$	<i>m</i>	( <i>m</i> )	$\rho^*$ ) nach der Formel von:					
		Tonnen	—	Kilogr.	—	—	Tonnen	—	Kilogr.	—	—	K i l o g r a m m					
Für Eisenbahnbrücken											Mainzer Rheinbrücke	Gerber	Launhard- Weyrauch	Schäffer	Winkler	Lippold	
$m'' = 4 - 1.5 \frac{p}{q}$					$m'' = 3.67 - 1.17 \frac{p}{q}$												
1.	+ 1.00	3.600	2.500	1440	1.000	2.500	3.300	2.500	1320	1.000	2.500	1600	1600	1050	1600	1400	1300
2.	+ 0.75	3.300	2.875	1147	1.256	3.120	3.025	2.792	1083	1.218	3.047	1067	1402	962	1402	1106	1040
3.	+ 0.50	3.000	3.250	923	1.560	3.900	2.750	3.090	889	1.485	3.712	800	1140	875	1140	914	867
4.	+ 0.25	2.700	3.625	744	1.935	4.837	2.475	3.382	732	1.804	4.507	640	891	787	892	779	743
5.	0.00	2.400	4.000	600	2.400	6.000	2.300	3.670	600	2.200	5.500	533	703	700	704	678	650
6.	- 0.25	2.100	4.375	480	3.000	4.500	1.925	3.977	484	2.727	6.818	—	570	622	572	636	878
7.	- 0.50	1.800	4.750	378	3.809	9.520	1.650	4.270	386	3.419	8.549	—	474	525	474	590	520
8.	- 0.75	1.500	5.125	293	4.914	12.448	1.375	4.562	301	4.385	10.963	—	404	437	404	554	473
9.	- 1.00	1.200	5.500	219	6.570	16.348	1.100	4.855	276	4.786	11.959	—	351	350	351	448	433
Für Strassenbrücken											Kherndel	Clericetti	Sejourné	Landsberg	Tetmayer	Amerika	
$m'' = 3.43 - 0.93 \frac{p}{q}$					$m'' = 3.14 - 0.64 \frac{p}{q}$												
1.	+ 1.00	3.600	2.500	1440	1.000	2.500	3.300	2.500	1320	1.000	2.500	766	1250	1000	1050	1030	700
2.	+ 0.75	3.300	2.732	1207	1.193	2.982	3.025	2.660	1136	1.162	2.817	701	1000	857	1050	997	700
3.	+ 0.50	3.000	2.965	1017	1.416	3.540	2.750	2.820	975	1.354	3.374	736	833	750	1050	795	700
4.	+ 0.25	2.700	3.198	844	1.706	4.266	2.475	2.980	830	1.591	3.971	572	714	667	1018	692	700
5.	+ 0.60	2.400	3.430	700	2.057	5.143	2.200	3.140	700	1.886	4.718	507	625	600	908	600	700
6.	- 0.25	2.100	3.662	573	2.513	6.282	1.925	3.300	583	2.264	5.662	463	473	545	820	518	560
7.	- 0.50	1.800	3.895	461	3.339	7.808	1.650	3.460	477	2.788	6.797	378	371	500	659	445	467
8.	- 0.75	1.500	4.125	363	3.978	9.916	1.375	3.620	379	3.484	8.701	411	305	462	533	383	400
9.	- 1.00	1.200	4.360	275	5.235	13.091	1.100	3.780	289	4.567	11.422	403	260	438	448	360	350

\*) Weyrauch, Festigkeitseigenschaften,  $p$  Eigengewicht,  $q$  Totalbelastung für den laufenden Meter Stützweite.

haben, die betreffenden Lokomotiven und Lastwagen, beziehungsweise Strassenfahrwerke in Rechnung zu ziehen, so ist es doch recht zweckmässig, namentlich bei Brücken grösserer Spannweite, zur Vereinfachung der Rechnungen, eine entsprechend ermittelte gleichförmig vertheilte Belastung  $k$  zur Bestimmung der Momente und  $k_1$  für die Scheerkräfte an die Stelle der konzentrirten Lasten einzuführen.

Hiebei muss natürlich den verschiedenen Gattungen von Lokomotiven, beziehungsweise Strassenfahrwerken, Rechnung getragen werden, wie dies in Tabelle Nr. 14 geschah, wo für die verschiedenen Belastungen Näherungsgleichungen aufgestellt wurden.

## II. Das Eigengewicht.

Das Eigengewicht der eisernen Balkenbrücken wird allgemein als auf die Längeneinheit der Stützweite reduzierte gleichförmig vertheilte Belastung  $p$  angenommen, und setzt sich aus den folgenden Posten zusammen:  $g_1$  das Gewicht der Gurte,  $g_2$  das Gewicht der Vertikalen,  $g_3$  das Gewicht der Streben, so dass das Gewicht der Hauptträger  $g_1 + g_2 + g_3$  ist, hiezu kommt je nach der Art der Anordnung das Gewicht der Querträger  $g_4$ , der Längsträger  $g_5$ , der Querverbindungen und Konsolen  $g_6$ , der Windstreben  $g_7$ , endlich sonstiger Nebentheile  $g_8$ , und der Fahrbahn  $g_9$ , demnach das Konstruktionsgewicht  $g = g_{1-3} + g_{4-8}$ , und das Gesamtgewicht  $p = g + g_9$ .

### 1. Das Gewicht der Hauptträger.

Um das Gewicht der Hauptträger annähernd zu bestimmen, kann man entweder deren theoretisches Gewicht  $g'_{1-3}$  er-

mitteln und mit einem empirisch bestimmten Konstruktions-Koeffizienten  $\sigma$  multiplizieren, oder aber man bestimmt direkt  $g'_{1-3}$  nach ausgeführten Brücken oder auf Grund der bei denselben erhobenen Daten aufgestellten Gleichungen, und sollen hier alle Vorgänge behandelt werden.

#### a) Das theoretische Gewicht im Allgemeinen.

Ist  $P_r$  die in einem Konstruktionstheile auftretende Maximalspannung,  $\rho$  die zulässige Inanspruchnahme,  $z_r$  die Länge des betreffenden Theiles auf Fachdistanz  $d$ ,  $\gamma$  das spezifische Gewicht des verwendeten Materiales, so wird das auf die Längeneinheit der Stützweite reduzierte theoretische Gewicht sein:

$$g'_r = \frac{\gamma}{\rho} \cdot P_r \cdot \frac{z_r}{d}$$

Bedeutet in Fig. 1  $h_r$  die Höhe des Hauptträgers im betrachteten Querschnitte am  $r^{\text{ten}}$  Knotenpunkte,  $d_r$  den Neigungswinkel des Obergurtes mit der Horizontalen, so ist zunächst

$$P_{ar} = \pm \frac{M_r}{h_r} \cdot \sec \alpha_r = \pm \sec \alpha_r n_r \frac{M_r}{l}$$

wenn  $M_r$  das statische Moment der äusseren Kräfte ist; da ferner  $\frac{z_{ra}}{d} = \sec \alpha_r$ , so wird das theoretische Gewicht des betrachteten

Obergurststückes  $g'_{ar} = \frac{\gamma}{\rho} \cdot n_r \cdot \sec^2 \alpha_r \cdot \frac{M_r}{l}$ , somit für den ganzen Obergurt  $g'_a = \frac{\gamma}{\rho} \sum_0^m g_{ar}$

Für die Zwecke der Praxis ist es nun hinreichend genau für  $n_r$ ,  $\alpha_r$ , und  $M_r$  die Mittelwerthe  $n'$ ,  $\alpha'$ ,  $M$  einzusetzen, dann wird für den Obergurt

Tabelle Nr. 14. Die gleichförmig vertheilten Verkehrslasten.

Die Eisenbahnbrücken																					
Nr.	Gegenstand	Bei der Lokomotive ist			Die Gesammtlänge	Das Gesammtgewicht	Beim Tender ist			Die Gesammtlänge	Das Gesammtgewicht	K für die Momente bei der Lichtweite von		K <sub>i</sub> für die Scheerkräfte bei der Lichtweite von							
		die Anzahl der Achsen	die Achsen-Distanz	der Achsen-Druck			der Lokomotive	die Anzahl der Achsen	die Achsen-Distanz			der Achsen-Druck	des Tenders	2 bis 12 Meter	12 bis 150 Meter	2 bis 12 Meter	12 bis 150 Meter				
		Stück	Cm.	Tonnen	Meter	Tonnen	Stück	Cm.	Tonnen	Meter	Tonnen	Tonnen für den Meter der Stützweite									
1.	Gebirgs-Lokomotive der königl. ungar. Staatsbahnen Hauptlinie, Normalspur IV. Kategorie	4	115	11·75	8·54	48·00	3	158	10·00	6·34	30·00	14·000 — 0·560 /	16·000 — 0·600 /	7·300 — 0·020 /							
			115	12·00																5·750 — 0·012 /	
			115	12·25																	
2.	Thal-Lokomotive der königl. ungar. Staatsbahnen Hauptlinie, Normalspur III. Kategorie	3	158	13·10	8·35	38·60	3	158	10·00	6·34	30·00	14·000 — 0·600 /	18·000 — 0·800 /	6·180 — 0·012 /							
			158	13·15																5·210 — 0·014 /	
				12·35																	
3.	Thal-Lokomotive der königl. ungar. Staatsbahnen Nebenlinie, Normalspur XII. Kategorie	3	135	8·80	7·78	26·50	—	—	—	—	—	8·100 — 0·340 /	9·000 — 0·540 /	5·410 — 0·014 /							
			145	8·80																	4·840 — 0·017 /
				8·90																	
4.	Thal-Lokomotive der königl. ungar. Staatsbahnen Nebenlinie, Spur = 1 Meter	3	102	5·00	6·43	15·00	—	—	—	—	—	11·000 — 0·360 /	13·000 — 0·320 /	3·900 — 0·020 /							
			102	5·00																	3·210 — 0·014 /
				5·00																	
5.	Schleppbahn-Lokomotive Marm.-Sziget-Ronaszék Nebenlinie, Spur = 0·75 Meter	2	130	4·50	4·20	9·00	—	—	—	—	—	4·600 — 0·160 /	5·250 — 0·150 /	3·150 — 0·010 /							
				4·50																	7·280 — 0·003 /

Die Strassenbrücken

Nr.	Gegenstand	Beim Wagen ist			Die Länge	Die Breite	Das Gewicht	Die Anzahl der Pferdepaare	Die Länge	Das Gewicht	K für die Momente bei der Lichtweite von	K <sub>i</sub> für die Scheerkräfte bei der Lichtweite von	Menschen-Gedränge	Bemerkung
		die Anzahl der Achsen	die Achsen-Distanz	der Achsen-Druck										
		Stück	Cm.	Tonnen	Meter	Tonnen	Stück	Meter	Tonnen	Tonnen für den Quadrat-Meter den Fahrbahn				
1.	Sehr schweres Fuhrwerk	2	3·0	6·0	7·8	2·5	12·0	2	7·2	3·0	0·420 + $\frac{2·500}{l}$	0·460 + $\frac{2·800}{l}$	0·460	Bei den Bahnbrücken sind drei Lokomotiven und Lastwagen, bei den Strassenbrücken drei Wagen und Menschen-Gedränge in Rechnung gezogen worden.
2.	Schweres Fuhrwerk	2	2·8	3·0	5·4	2·4	6·0	1	3·6	1·5	0·400 + $\frac{1·500}{l}$	0·440 + $\frac{1·100}{l}$	0·400	
3.	Leichtes Fuhrwerk	2	2·4	1·5	4·8	2·3	3·0	1	3·2	1·0	0·300 + $\frac{1·000}{l}$	0·350 + $\frac{1·500}{l}$	0·340	

$$g'_a = \frac{\gamma}{\rho} \cdot n' \cdot \sec^2 \alpha' \cdot \frac{M}{l}$$

und für den Untergurt

$$g'_b = \frac{\gamma}{\rho} \cdot n' \cdot \sec^2 \beta' \cdot \frac{M}{l}$$

und das Gewicht bei der Gurte

$$g'_1 = \frac{\gamma}{\rho} n' (\sec^2 \alpha' + \sec^2 \beta') \cdot \frac{M}{l}$$

im Mittel.

Für eine Vertikale im  $r^{\text{ten}}$  Knotenpunkte ist die Spannung

$$R_r = V_r + \frac{M_r}{h_r} (\tan \alpha_r + \tan \beta_r),$$

wenn  $V_r$  die Scheerkraft; da ferner

$$\tan \alpha_r = \frac{(a_r - a_{r-1})}{d} = \frac{2m(u_r - v_r)}{n_a},$$

$$\text{und } \tan \beta_r = \frac{2m(u_r - v_r)}{n_b},$$

so wird

$$R_r = V_r + 2m(u_r - v_r) \left( \frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right) n_r \cdot \frac{M_r}{l}$$

Für den vorliegenden Zweck genügt es aber  $R_r = V_r$  zu nehmen, demnach ist für die Vertikale im  $r^{\text{ten}}$  Knotenpunkte

$$g'_{hr} = 2 \cdot \frac{\gamma}{\rho} \cdot \frac{m}{n_r} \cdot V_r,$$

und im Mittel

$$g'_2 = 2 \cdot \frac{\gamma}{\rho} \cdot \frac{m}{n'} \cdot V,$$

wenn

$$V = \frac{1}{m} \sum_0^m V_r.$$

Bei der Strebe im  $r^{\text{ten}}$  Fache ist die Spannung  $S_r = R_r \cdot \sec \delta_r$  und  $s_r = (h_r) \sec \delta_r$  somit

$$g'_{sr} = 2 \cdot \frac{\gamma}{\rho} \cdot \frac{m}{(n_r)} \cdot \sec^2 \delta_r \cdot V_r,$$

und im Mittel

$$g'_s = 2 \cdot \frac{\gamma}{\rho} \cdot \frac{m}{(n')} \cdot \sec^2 \delta' \cdot V,$$

also das Gesammtgewicht des Hauptträgers

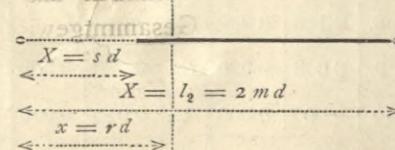
$$g'_{1-3} = \frac{\gamma}{\rho} \left[ n' (\sec^2 \alpha' + \sec^2 \beta') \frac{M}{l} + 2m \left( \frac{1}{n'} + \frac{1}{n'} \sec^2 \delta' \right) \cdot V \right].$$

α. Die Bestimmung der Werthe  $M_r$ ,  $M$  und  $V_r$ ,  $V$ . — Obwohl in neuerer Zeit die Anwendung der durchlaufenden Träger ohne Gelenke seltener geworden, so eignet sich dieser Träger doch als allgemeinsten Fall zum Ausgangspunkte der Ableitung, umso mehr, als auch die durchlaufenden Träger mit Gelenken gerade umgekehrt mehr an Bedeutung gewinnen, und sind die von Weyrauch\*) entwickelten Formeln ihrer Durchsichtigkeit wegen hierzu am allergeeignetsten.

Betrachtet man einen durchlaufenden Träger von  $n$  Oeffnungen, dessen Stützpunkte alle in einer Horizontalen liegen, und auf den in der  $n^{\text{ten}}$  Oeffnung in den Entfernungen  $a_1, a_2, \dots, a_n$  die Einzellasten  $P_1, P_2, \dots, P_n$  einwirken, so wird, wenn  $l_{n-1} = c_{n-1} \cdot l$ ,  $l_n = c \cdot l$ ,  $l_{n+1} = c_{n+1} \cdot l$  gesetzt wird, die Hauptgleichung der Stützenmomente sein:

$$N_{n-1} c_n + 2 N_n (c_n + c_{n+1}) + N_{n+1} c_{n+1} = - \frac{1}{l_{n-1}} \left( \frac{1}{l} \sum_0^l P \cdot a (l-a) (l+a) \right)_{n-1} - \frac{1}{l_n} \left( \frac{1}{l} \sum_0^l P \cdot a (l-a) (2l-a) \right)_n.$$

Figur 11. Fall A.



\*) Weyrauch: »Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuierlichen und einfachen Träger«.

Setzt man an Stelle der Einzellasten  $P$ , eine entsprechend bestimmte gleichförmig vertheilte Last  $k$  und erstreckt sich dieselbe (Fig. 11) auf die Strecke von  $X = s d$  bis  $X = l_n = 2 m d$ , so wird

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (l + a) = \frac{1}{4} [l^3 - X^2 (2l^2 - X^2)] k = \frac{1}{4} \frac{[16 m^3 - s^2 (8 m^2 - s^2)]}{16 m^3} \cdot c^3 k l^3,$$

und

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (2l - a) = \frac{1}{4} [l^3 - X^2 (2l - X)^2] k = \frac{1}{4} \frac{[16 m^3 - s^2 (4m - s)^2]}{16 m^3} \cdot c^3 k l^3,$$

wenn man

$$\frac{16 m^3 - s^2 (8 m^2 - s^2)}{16 m^3} = u' \quad \frac{16 m^3 - s^2 (4m - s)^2}{16 m^3} = v'$$

setzt, so wird

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (l + a) = \frac{1}{4} (u' c^3)_{n-1} k l^3,$$

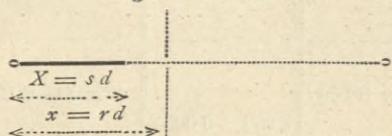
und

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (2l - a) = \frac{1}{4} (v' c^3)_n k l^3,$$

also

$$N_{n-1} c_n + 2 N_n (c_n + c_{n+1}) + N_{n+1} c_{n+1} = - \frac{1}{4} [(u' c^3)_{n-1} + (v' c^3)_n] k l^2.$$

Figur 12. Fall B.



Sind die Belastungsgrenzen  $X = 0$  und  $X = s d$  (Fig. 12), dann ist

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (l + a) = \frac{1}{4} X^2 (2l^2 - X^2) k = \frac{1}{4} \frac{s^2 (8 m^2 - s^2)}{16 m^3} c^3 \cdot k l^3,$$

und

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (2l - a) = \frac{1}{4} X^2 (2l - X)^2 \cdot k = \frac{1}{4} \frac{s^2 (4m - s)^2}{16 m^3} \cdot c^3 \cdot k l^3,$$

wenn weiter

$$\frac{s^2 (8 m^2 - s^2)}{16 m^3} = u'' \quad \text{und} \quad \frac{s^2 (4m - s)^2}{16 m^3} = v''$$

gesetzt wird, so wird

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (l + a) = \frac{1}{4} (u'' c^3)_{n-1} k l^3,$$

und

$$\sum_0^l P \cdot a (l - a) (2l - a) = \frac{1}{4} (v'' c^3)_n \cdot k l^3,$$

daher

$$N_{n-1} c_n + 2 N_n (c_n + c_{n-1}) + N_{n+1} c_{n+1} = - \frac{1}{4} [(u'' c^3)_{n-1} + (v'' c^3)_n] k l^2.$$

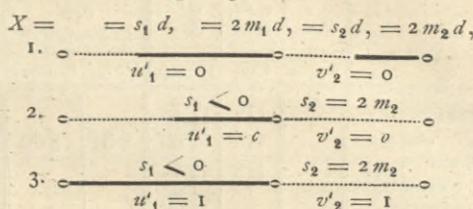
Tabelle Nr. 15. Die Werthe  $u'$ ,  $v'$ ,  $u''$ ,  $v''$ .

X = s d bis X = 2 m d, Fall A.			X = 0 bis X = s d, Fall B.								
s	u'	v'	s	u''	v''						
$u' = \frac{1}{4} \cdot \frac{16 m^3 - s^2 (8 m^2 - s^2)}{16 m^3}$			$u'' = \frac{1}{4} \cdot \frac{s^2 (8 m^2 - s^2)}{16 m^3}$								
$v' = \frac{1}{4} \cdot \frac{16 m^3 - s^2 (4m - s)^2}{16 m^3}$			$v'' = \frac{1}{4} \cdot \frac{s^2 (4m - s)^2}{16 m^3}$								
m = 2		m = 5		m = 2		m = 5					
0.	1.000	1.000	3.	0.878	0.740	0.	0.000	0.000	3.	0.172	0.260
1.	0.884	0.809	4.	0.704	0.592	1.	0.116	0.191	4.	0.290	0.408
2.	0.564	0.436	5.	0.564	0.436	2.	0.436	0.564	5.	0.436	0.564
3.	0.016	0.012	6.	0.408	0.298	3.	0.984	0.988	6.	0.592	0.704
4.	0.000	0.000	7.	0.260	0.172	4.	1.000	1.000	7.	0.740	0.882
m = 5		m = 5		m = 5		m = 5		m = 5		m = 5	
8.	0.128	0.080	9.	0.026	0.020	8.	0.872	0.920	9.	0.964	0.980
1.	0.980	0.964	10.	0.000	0.000	1.	0.020	0.036	10.	1.000	1.000
2.	0.920	0.872				2.	0.080	0.128			

Zur Verzeichnung der Momentenkurven ist es zumeist genügend die Werthe von  $u'$ ,  $v'$ ,  $u''$ ,  $v''$  für  $m = 2$ , allfällig  $m = 5$  zu berechnen, für welche Fälle dieselben in Tabelle Nr. 15 zu finden sind.

Bei einem Träger mit zwei ungleichen Oeffnungen ist  $l_1 = l$ ,  $l_2 = c l$ , somit für den Fall A (Fig. 13):

Figur 13. Fall A.



demnach bei:

$$1. N_1 = - \frac{1}{4} \cdot \frac{(u'_1 + v'_2 c^3)}{2(1+c)} \cdot k l^2, \text{ bei } c = 1, N_1 = - \frac{1}{16} (u'_1 + v'_2) k l^2,$$

$$2. N_1 = - \frac{1}{4} \cdot \frac{u'}{2(1+c)} k l^2, \quad \text{,, } c = 1, N_1 = - \frac{1}{16} \cdot u'_1 k l^2,$$

$$3. N_1 = - \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2(1+c)} k l^2, \quad \text{,, } c = 1, N_1 = - \frac{1}{16} \cdot k l^2.$$

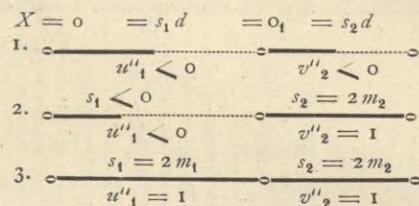
Im anderen Falle B (Fig. 15) wird bei:

$$1. N_1 = - \frac{1}{4} \cdot \frac{(u''_1 + v''_2 c^3)}{2(1+c)} \cdot k l^2, \text{ bei } c = 1, N_1 = - \frac{1}{16} (u''_1 + v''_2) k l^2,$$

$$2. N_1 = - \frac{1}{4} \cdot \frac{(u''_1 + c^3)}{2(1+c)} k l^2, \quad \text{,, } c = 1, N_1 = - \frac{1}{16} (u''_1 + 1) k l^2,$$

$$3. N_1 = - \frac{1}{4} \cdot \frac{(1 + c^2)}{2(1+c)} \cdot k l^2, \text{ und wenn } c = 1, N_1 = - \frac{1}{8} k l^2.$$

Figur 14. Fall B.



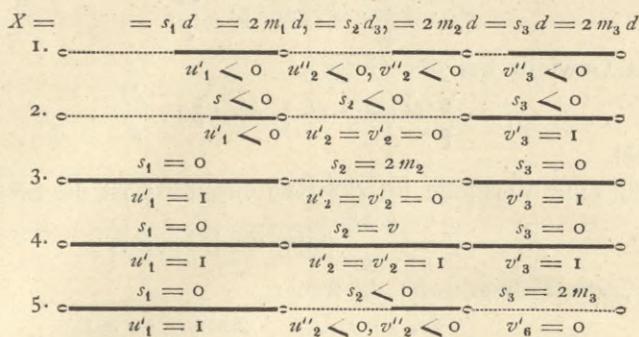
Wenn man nur totale, mit dem Eigengewichte  $p$  beziehungsweise der Totallast  $q = p + k$  belastete Oeffnungen in Betracht zieht \*) dann ist:

$$N_1 = - \frac{1}{8} \cdot \frac{(p + k_1) + (p + k_2)}{(1 + c)} l^2,$$

wenn  $k_1$ ,  $k_2$  die jeder einzelnen Oeffnung entsprechende Verkehrslast bedeutet.

Bei den Trägern mit drei Oeffnungen ist in der Regel  $l_1 = l_3 = l$  und  $l_2 = l$ , dann ist für den Fall A (Fig. 15)

Figur 15. Fall A.



dann ist bei 1:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(u'_1 c^3 + v'_2) - c(u'_2 + v'_3 c^3)}{c^3 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(u'_2 + v'_3 c^3) - c(u'_1 c^3 + v'_2)}{c^3 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

bei 2:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)u'_1 - c^4}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c) - c^4 u'_1}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

bei 3:

$$N_1 = N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c^3) - c^4}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

bei 4:

$$N_1 = N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{(1+c^3)(1+2)}{c^3 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

\*) Koechlin: »Applications de la graf. statique«, Gleichungen für Träger von 2 bis 10 Oeffnungen.

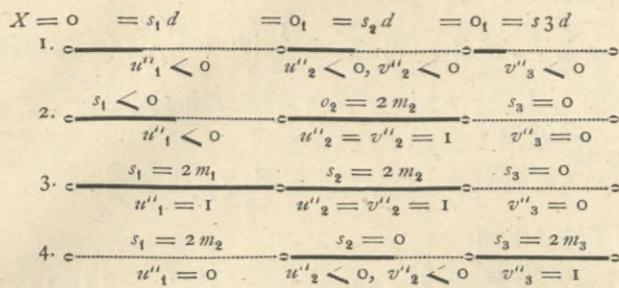
bei 5:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(c^3 + v_2) - c u_2'}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c) u_2' - c(c^3 + v_2)}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2.$$

Im anderen Falle B (Fig. 16.)

Figur 16. Fall B.



ist dann bei 1:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(u_1' c^3 + v_2') - c(u_2' + v_3' c^3)}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(u_2' + v_3' c^3) - c(u_1' c^3 + v_2')}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{(p+k_1)(8+7c) + (p+k_2)(5c+6)c^3 + (p+k_3)(c+2) + (p+k_n)c}{4(3c^2+7c+4)} \cdot l^2,$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{-(p+k_1) + (p+k_2)(c+2)c^2 + (p+k_3)(c+2)c^2 + (p+k_n)c}{4(4+3c)} \cdot l^2,$$

$$N_3 = \frac{1}{4} \cdot \frac{(p+k_1)c - (p+k_2)(c+2)c^3 + (p+k_3)(5c+6)c^3 + (p+k_n)(8+7c)}{4(3c^2+7c+4)} \cdot l^2.$$

In vielen Fällen wird es vollkommen genügen, die Stütz-  
momente nur für Totalbelastungen zu bestimmen, da es zur  
Ermittlung der Kurven der Scheerkräfte für Theilbelastungen  
genügt, die tangirenden Linien zu verzeichnen und in dieselben  
eine Parabel anzuschließen.

Sind die Stütz-  
momente bekannt, so kann man  $M_r$  nach  
der folgenden allgemeinen Gleichung bestimmen:

$$M_r = N_{n-1} + A_n x - \sum_0^x P \cdot (x-a),$$

die Scheerkraft an der  $n-1$ ten Stütze:

$$A_{n-1} = \left( N_{n-1} - N_n + \sum_0^l P(l-a) \right) \cdot \frac{1}{l_n}, \text{ da}$$

$$\sum_0^l P \cdot (l-a) = \frac{1}{2} [l^2 n - X(2l_n - X)] k = \frac{(2m-s)^2}{8m^2} \cdot k \cdot l_n,$$

ferner wenn

$$\frac{N_{n-1} - N_n}{l_n^2} = k' \text{ und } \frac{(2m-s)^2}{8m^2} = o'_r,$$

so wird

$$A_{n-1} = (k' + o'_r k) l_n,$$

dagegen ist:

$$A_n = \left( N_{n-1} - N_n - \sum_0^l P \cdot a \right) \cdot \frac{1}{l_n},$$

und da

$$\sum_0^l P \cdot a = \frac{1}{2} (l_n^2 - X^2) k = \frac{(4m^2 - s^2)}{8m^2} k l_n^2,$$

so wird wenn

$$\frac{4m^2 - s^2}{8m^2} = t'_r A_n = (k' - t'_r k) l_n.$$

Ist nun  $s = 0$ , so wird  $o'_r = t'_r = \frac{1}{2}$  und

$$A_{n-1} = \frac{2k' + k}{2} \cdot l_n, \quad A_n = \frac{2k' - k}{2} \cdot l_n.$$

Wenn nun  $x \leq X$  so ist

$$\sum_0^x P(x-a) = 0,$$

somit

$$M_r = N_{n-1} + \frac{r}{4m} \left( 2k' + \frac{(2m-s)^2}{4m^2} \cdot k \right) l_n^2,$$

hingegen bei  $x > X$  ist

$$\sum_0^x P(x-a) = \frac{1}{8m^2} (r-s) k l_n^2,$$

somit

$$M_r = N_{n-1} + \frac{r}{4m} \left[ 2k' + \left( \frac{(2m-s)^2}{4m^2} - \frac{(r-s)}{2m_r} \cdot k \right) \right] l_n^2,$$

ist  $r = s$ , dann wird allgemein:

$$M_r = N_{n-1} + \frac{r}{2m} (k' + o_r k) l_n^2,$$

bei 2:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(u_1' c^3 + 1) - c u_2'}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c) u_2' - c(u_1' c^3 + 1)}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

bei 3:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(c^3 + 1) - c}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c) - c(c^3 + 1)}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2,$$

bei 4:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c) v_2' c^3 - c(u_2' + c^3)}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2 \text{ und}$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(1+c)(u_2' + c^3) - c v_2'}{c^2 - 4(1+c)^2} k l^2.$$

Bei ganz belasteten Oeffnungen findet sich:

$$N_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2(p+k_1)(1+c) + (p+k_2)(c+2)c^3 - (p+k_3)c}{c^2 - 4(1+c)^2} \cdot l^2,$$

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{-(p+k_1)c + (p+k_2)(c+2)c^3 + 2(p+k_3)(1+c)}{c^2 - 4(1+c)^2} \cdot l^2.$$

Bei den schon seltener vorkommenden Trägern mit vier  
Oeffnungen findet sich, wenn nur Totalbelastungen in Rechnung  
gezogen werden, und  $l_1 = l_4 = l, l_2 = l_3 = cl$ , dass

und wenn  $s = 0$

$$M_r = N_{n-1} + \frac{1}{8} (4rk' + u_r k) \cdot l_n^2.$$

Bei der Bestimmung des theoretischen Eigengewichtes  
der Träger benötigt man den Werth  $M = \frac{1}{m} \sum_0^m M_r$ , daher für  
einzelne Fälle nach Winkler's Vorgang dieselben berechnet  
und in Tabelle Nr. 16 zusammengestellt wurden; ebendort sind  
auch die Gleichungen zur Bestimmung der Abzisse ( $x$ ), bei  
welcher  $M_r = 0$  innerhalb der Oeffnung wird.

Tabelle Nr. 16. Die Werthe  $M, V$  und ( $x$ ).

A. $M, V, (x)$ für durchlaufende Träger									
Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_3 = l$ $c = 1.00$		Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_2 = l_3 = l$ $c = 1.00$			
		2	$M$ $V$ ( $x$ )			0.0767 $kl^2$ 0.3287 $kl$ 0.75 $l_1$	0.0495 $pl^2$ 0.2656 $pl$ 0.75 $l_2$	3	$M$ $V$ ( $x$ )
Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_3 = 0.37 l$ $l_2 = 1.06 l, c = 1.10$		Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_3 = 0.94 l$ $l_2 = 1.12 l, c = 1.20$			
		3	$M$ $V$ ( $x$ )			0.0749 $kl^2$ 0.3138 $kl$ 0.78 $l_1$	0.0464 $pl^2$ 0.2668 $pl$ 0.24 $l_2$	3	$M$ $V$ ( $x$ )
Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_3 = 0.91 l$ $l_2 = 1.18 l, c = 1.30$		Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = l$ $c = 1$			
		3	$M$ $V$ ( $x$ )			0.0859 $kl^2$ 0.3889 $kl$ 0.73 $l_1$	0.0508 $pl^2$ 0.2904 $pl$ 0.22 $l_2$	4	$M$ $V$ ( $x$ )
Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_3 = 0.95 l$ $l_2 = l_3 = 1.05 l, c = 1.10$		Oeff- nungen	Werth	$l_1 = l_3 = 0.91 l$ $l_2 = l_3 = 1.03 l, c = 1.20$			
		4	$M$ $V$ ( $x$ )			0.0684 $kl^2$ 0.3518 $kl$ 0.77 $l_1$	0.0400 $pl^2$ 0.2566 $pl$ 0.24 $l_2$	4	$M$ $V$ ( $x$ )
B. $M$ und $V$ für frei aufliegende Träger auf zwei Stützen									
Werthe	$o$	$2m = 7$	$9$	$11$	$8$	$10$	$12$	$14$	$16$
$Mq = A_1 q l^2 = r$	$A_1 = 0.1170$	$0.1150$	$0.0950$	$0.0976$	$0.0950$	$0.0940$	$0.0905$	$0.0890$	$0.0890$
$Vk = A_2 k l = o$	$A_2 = 0.4030$	$0.3773$	$0.3625$	$0.3731$	$0.3744$	$0.3457$	$0.3370$	$0.3354$	$0.3354$
$Vp = A_3 p l = o$	$A_3 = 0.3264$	$0.3088$	$0.2997$	$0.3125$	$0.3000$	$0.2997$	$0.2915$	$0.2822$	$0.2822$

Die Scheerkraft im Querschnitte bei  $x = r d$  ist allgemein

$$V_r = A_{n-1} - \sum_0^x P,$$

und bei  $x \leq X$  wird  $\sum_0^x P = 0$ , demnach

$$V_r = A_{n-1} = (k' + o'_r k) l_n,$$

hingegen wenn  $x > X$  wird

$$\sum_0^x P = (x - X) k = \frac{1}{2} \cdot \frac{(r - s)}{m} \cdot k \cdot l_n,$$

also

$$V_r = \left[ k' + \left( o'_r - \frac{(r - s)}{2m} \right) k \right] l_n,$$

für  $r = s$

$$V_r = (k' + o'_r k) l_n,$$

bei  $s = 0$

$$V_r = \left( k' + \frac{(m - r)}{2m} k \right) l_n$$

$$\frac{(m - r)}{2m} = t_r,$$

und wenn

wird

$$V_r = (k' + t_r k) l_n,$$

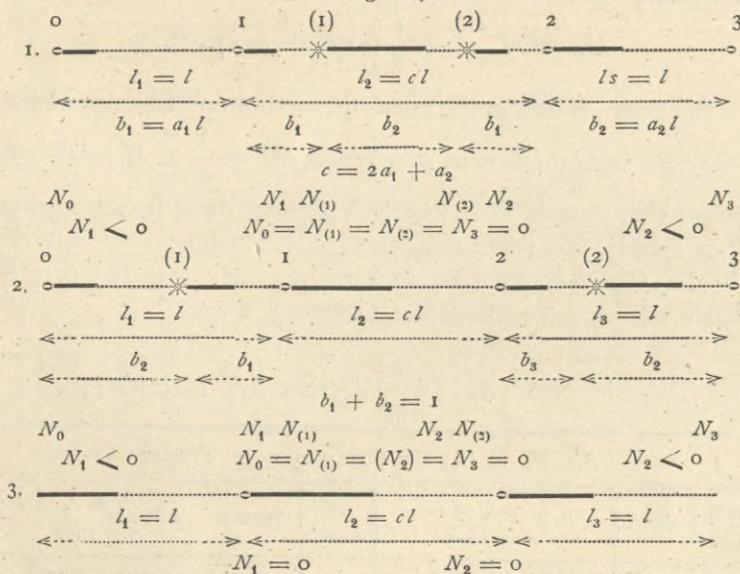
und in Tabelle Nr. 16 sind die Werthe von

$$V = \frac{1}{m} \sum_0^x V_r$$

enthalten.

Bei den durchlaufenden Trägern kommen noch die folgenden, in Fig. 17 dargestellten Anordnungen vor und zwar nennt man den Träger im Falle 1 und 2 Gelenkträger, im Falle 3 dagegen Konsolträger, welche beide Anordnungen nicht selten nebeneinander zur Anwendung kommen.

Figur 17.



Hiebei gelten die vorhin abgeleiteten allgemeinen Formeln, nur ist  $N_1$  und  $N_2$  entsprechend zu bestimmen und einzusetzen.

Bei Fall 1 und 2 ist  $l_n = b_1 = a_1 l$  zu setzen und zu berücksichtigen, dass von der Theilstrecke  $b_1$  das Stützmoment  $N_1 = \sum_0^{b_1} P a$  und von der Strecke  $b_2$  hinzukommt, hingegen

$N'_1 = -A_{(1)} \cdot b_2$ , demnach wird dann

$$N_1 = - \left( \frac{4m^2 - s^2}{8m^2} a^2_1 + o'_r a_1 a_2 \right) k l^2 = - (t'_r u_1 + o'_r a_2) k l$$

ähnlich findet sich  $N_2$ .

Beim Fall 3 ist  $N_1 = - \sum_0^{l_1} P \cdot a = - \frac{1}{2} (l^2_1 - X^2) k = - \frac{1}{2} \frac{(4m^2_1 - s^2_r)}{4m^2_1} k l^2 = - \frac{1}{4} (t'_r)_1 k l^2$  und  $N_2 = \frac{1}{4} (t'_r)_3 k l^2$ .

Hat der Träger nur zwei Stützen, auf denen er frei aufliegt, so ist  $N_0 = N_1 = 0$ , demnach  $A_1 = o'_r k l$ ,  $A_1 = - t'_r k l$ . Für  $o = r$  ist  $A_0 = o_r k l$ ,  $A_1 = - t_r k l$ ; wenn  $s = 0$ , so ist  $A_0 = \frac{1}{2} k l$ ,  $A_1 = - \frac{1}{2} k l$ . Für  $x \leq X$  wird  $M_r = \frac{r(2m - s)^2}{16m^3} k l^2$ , für  $x > X$  dagegen  $M_r = \frac{r}{4m} \left( \frac{(2m - s)^2}{4a^2} - \frac{(r - s)}{2m} \right) k l^2$ , wenn  $r = s$ , so wird  $M_r = \frac{r}{2m} s_r k l^2$ , bei  $s = 0$  dagegen  $M_r = \frac{1}{8} u_r k l^2$ . Die Scheerkraft wird wenn  $x \leq X$ , sein  $V_r = A_0 = o'_r k l$ , für  $x > X$  hingegen  $V_r = \left( o'_r - \frac{r - s}{2m} \right) k l$ , bei  $r = s$  ist  $V_r = o'_r k l$ , bei  $s = 0$  aber  $V_r = t_r k l$  und sind für den am häufigsten vor-

kommenden Fall, dass  $s = r$  die Mittelwerthe  $M$  und  $V$  in Tabelle Nr. 16 enthalten.

Hat der Träger zwei Stützpunkte, an welchen er fest eingespannt ist, so ist

$$N_0 = - \frac{1}{l^2} \sum_0^l P \cdot a (l - a)^2 = - \frac{1}{l^2} \left( l^2 - \frac{X^2}{l^2} (6l^2 - 8Xl + 3X^2) \right) k = - \frac{1}{192m^3} [16m^3 + s^2(24m^2 - 16ms + 3s^2)] \cdot k l^2$$

$$N_1 = - \frac{1}{l^2} \sum_0^l P \cdot a^2 (l - a) = - \frac{1}{12} \left( l^2 + \frac{X^2}{l^2} (4l - 3X) \right) k = - \frac{1}{192m^3} [16m^3 - s^2(8m - 3s)] k l^2,$$

für  $s = 0$  ist

$$N_0 = N_1 = - \frac{1}{12} k l^2.$$

Die Scheerkraft

$$A_0 = \frac{1}{2} \frac{(2m - s)^2}{4m^2} \cdot k l, \quad A_1 = - \frac{(4m^2 - s^2)}{4m^2} \cdot k l,$$

bei  $s = r$

$$A_0 = o_r k l, \quad A_1 = - t'_r \cdot k l,$$

bei  $s = 0$

$$A_0 = \frac{1}{2} k l \text{ und } A_1 = - \frac{1}{2} k l;$$

für  $x \leq X$  wird

$$M_r = N_0 + \frac{r}{4m} \left( 2k' + \frac{(2m - s)^2}{4m^2} k \right) l^2,$$

für  $x > X$  dagegen wird

$$M_r = N_0 + \frac{r}{4m} \left[ 2k' + \left( \frac{(2m - s)^2}{4m^2} - \frac{(r - s)}{2mr} \right) k \right] l^2,$$

bei  $s = r$  hingegen wird

$$M_r = N_0 + \frac{r}{2m} (2k' + o_r k) l^2,$$

bei  $s = 0$  endlich

$$M_r = N_0 + \frac{r}{4m} (2k' + u_r k) l^2.$$

Die Scheerkraft für  $x \leq X$  ist

$$V_r = A_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{(2m - s)^2}{4m^3} k l,$$

für  $s = r$ ,  $V_r = o_r k l$  und  $s = 0$ ,  $V_r = t_r k l$ .

Wenn endlich der Träger nur eine Stütze hat, an welcher derselbe fest eingespannt, so ist  $N_0 < 0$ ,  $N_1 = 0$ , und

$$N_1 = - \sum_0^l P a = - \frac{1}{2} (l^2 - X^2) = - \frac{1}{2} \cdot \frac{(4m^2 - s^2)}{4m^2} k l^2;$$

für  $x \leq X$  wird dann

$$M_r = N_0 - A_0 x - \sum_0^x P (x - a) = - \frac{1}{8m^2} \left( 4m^2 - s - \frac{r}{m} [4m(m - s)] + s^2 \right) k l^2$$

und für  $x > X$

$$M_r = - \frac{1}{8m^2} \left( 2(2m^2 - s') - \frac{r}{m} [4m(m - s)] - r + 2rs \right) k l^2,$$

für  $s = r$  wird allgemein

$$M_r = - \frac{1}{8m^2} \left( 2(2m^2 - r^2) - \frac{r}{m} [4m(m - r)] + r^2 \right) k l^2,$$

für  $s = 0$  dagegen

$$M_r = - \frac{1}{8m^2} (2m - r)^2 k l^2 = - o_r k l^2.$$

Die Scheerkraft ist für  $x \leq X$

$$V_r = A_0 = \frac{1}{4m^2} \left( 4m(m - s) - s^2 \right) k l,$$

für  $x > X$

$$V_r = - \frac{1}{4m^2} [2m(r - s) - 4m(m - s) - s^2] k l,$$

für  $s = r$  wird

$$V_r = - \frac{1}{4m^2} [4m(m - r) - r^2] k l,$$

für  $s = 0$

$$V_r = - \frac{(2m - r)}{2m} k l.$$

Wie ersichtlich, konnten durch die Einführung der Fachdistanz  $d$  und des Werthes  $c$  die sämtlichen Formeln sehr übersichtlich abgeleitet werden. Die Rechnungen sind nur mit verhältnissmässig kleinen, zumeist ganzen Zahlen durchzuführen, ohne dass dieselben an Allgemeinheit oder Genauigkeit eingebüsst hätten, und sind sowohl für die theoretische Bestimmung der Trägergewichte, als auch bei Kontrolrechnungen, wo man nur Stichproben möglichst rasch zu machen wünscht, mit Vortheil zu verwenden.

Tabelle Nr. 17. Das theoretische Gewicht der Hauptträger.

Nr.	Werth		1. Der konvexe halb- parabolische Träger	2. Der konkave halb- parabolische Träger	3. Der konvexe parab- olische Träger	5. Der Halbsichelträger	6. Der Sichelträger	Bemerkungen
	Be- zeich- nung	Maass- gattung						
1.	$n, m$	—	8 4	16 4	8 4	8 4	8 4	Ueberall ist, mit Aus- nahme von 10a, wo $\rho = 0.70$ Tonnen ist, $\rho = 0.80$ Tonnen ge- rechnet $\sec^2 \alpha_1 = \frac{1}{m} \sum \sec^2 \alpha_r =$ $= 1 + \frac{4}{n^2 a_0^2} \sum (n_r - v_r)^2$ $\sec^2 \delta_1 = \frac{1}{m} \sum \sec^2 \delta_r =$ $= 1 + \frac{1}{m^3} \sum (n_r)^2 =$ $= 1 + \frac{(n')^2}{m^3}$
2.	$n_a, n_b$	—	32 32	32 32	16 16	8 16	$\frac{16}{3}$ 16	
3.	$n', (n')$	—	9.10 10.00	7.10 6.70	10.70 13.50	10.90 14.10	10.70 11.10	
4.	$\sec^2 \alpha',$ $\sec^2 \beta'$	—	1.005 1.005	1.005 1.005	1.020 1.020	1.180 1.020	1.180 1.020	
5.	$\sec^2 \delta'$	—	2.560	1.700	3.840	4.060	2.900	
6.	$\frac{M}{l}$	Tonn.- Meter	0.098 ( $k + p$ ) $l$	0.098 ( $k + p$ ) $l$	0.098 ( $k + p$ ) $l$	0.098 ( $k + p$ ) $l$	0.098 ( $k + p$ ) $l$	
7.	$V_k$	Tonnen	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	
8.	$V_p$	"	0.31 $p l$	0.31 $p l$	0.31 $p l$	0.31 $p l$	0.31 $p l$	
9.	$g'_1$	"	(0.0018 $k + 0.0018 p$ ) $l$	(0.0014 $k + 0.0014 p$ ) $l$	(0.0021 $k + 0.0021 p$ ) $l$	(0.0023 $k + 0.0023 p$ ) $l$	(0.0024 $k + 0.0024 p$ ) $l$	
10.	$g'_2$	"	(0.0003 $k_1 + 0.0003 p$ ) $l$	(0.0004 $k_1 + 0.0004 p$ ) $l$	0.0003 $k_1 l$	(0.0003 $k_1 + 0.0002 p$ ) $l$	0.0003 $k_1 l$	
11.	$g'_3$	"	(0.0007 $k_1 + 0.0006 p$ ) $l$	(0.0010 $k_1 + 0.0009 p$ ) $l$	0.0008 $k_1 l$	(0.0008 $k_1 + 0.0006 p$ ) $l$	0.0008 $k_1 l$	
12.	$g'_{1-3}$	"	(0.0018 $k + 0.0010 k_1 +$ $+ 0.0027 p$ ) $l$	(0.0014 $k + 0.0014 k_1 +$ $+ 0.0027 p$ ) $l$	(0.0021 $k + 0.0011 k_1 +$ $+ 0.0021 p$ ) $l$	(0.0023 $k + 0.0011 k_1 +$ $+ 0.0031 p$ ) $l$	(0.0024 $k + 0.0011 k_1 +$ $+ 0.00024 p_3$ ) $l$	
Nr.	Werth		7. Der Halbparabelträger	8. Der Parabelträger	10a. Der Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	10b. Der Fachwerkträger mit parallelen geraden Gurtungen	10c. Der Vollwandträger mit parallelen geraden Gurtungen	Bemerkungen
	Be- zeich- nung	Maass- gattung						
1.	$n, m$	—	8 4	8 4	10 5	10 5	10 5	
2.	$n_a, n_b$	—	10 $\infty$	8 $\infty$	10 $\infty$	10 $\infty$	10 $\infty$	
3.	$n', (n')$	—	9.10, 11.10	10.70, 18.20	10.00, 10.00	10.00, 10.00	10.00, 10.00	
4.	$\sec^2 \alpha',$ $\sec^2 \beta'$	—	1.020 1.000	1.080 1.000	1.000 1.000	1.000 1.000	1.000 1.000	
5.	$\sec^2 \delta'$	—	2.900	6.060	2.000	2.000	2.000	
6.	$\frac{M}{l}$	Tonn.- Meter	0.098 ( $k + p$ ) $l$	0.098 ( $k + p$ ) $l$	0.095 ( $k + p$ ) $l$	0.095 ( $k + p$ ) $l$	0.095 ( $k + p$ ) $l$	
7.	$V_k$	Tonnen	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	0.37 $k_1 l$	
8.	$V_p$	"	0.31 $p l$	0.31 $p l$	0.30 $p l$	0.30 $p l$	0.30 $p l$	
9.	$g'_1$	"	(0.0018 $k + 0.0018 p$ ) $l$	(0.0024 $k + 0.0024 p$ ) $l$	(0.0019 $k + 0.0019 p$ ) $l$	(0.0019 $k + 0.0019 p$ ) $l$	(0.0021 $k + 0.0021 p$ ) $l$	
10.	$g'_2$	"	(0.0013 $k + 0.0002 p$ ) $l$	0.0003 $k_1 l$	(0.0002 $k_1 + 0.0002 p$ ) $l$	(0.0002 $k_1 + 0.0002 p$ ) $l$	(0.0008 $k + 0.0007 p$ ) $l$	
11.	$g'_3$	"	(0.0006 $k_1 + 0.0004 p$ ) $l$	0.0008 $k_1 l$	(0.0004 $k_1 + 0.0003 p$ ) $l$	(0.0004 $k_1 = 0.0003 p$ ) $l$	—	
12.	$g'_{1-3}$	"	(0.0018 $k + 0.0009 k_1 +$ $+ 0.0024 p$ ) $l$	(0.0024 $k + 0.0011 k_1 +$ $+ 0.0024 p$ ) $l$	(0.0019 $k + 0.0004 k_1 +$ $+ 0.0024 p$ ) $l$	(0.0019 $k + 0.0006 k_1 +$ $+ 0.0024 p$ ) $l$	(0.0021 $k + 0.0008 k_1 +$ $+ 0.0028 p$ ) $l$	

β) Die Formeln für das theoretische Gewicht der Hauptsysteme. — Mit Rücksicht auf die in den beiden vorhergehenden Abschnitten aufgestellten Formeln wurden für die am häufigsten angewendeten Trägersysteme, unter der Annahme, dass dieselben auf zwei Stützpunkten frei aufliegen, die Gleichungen zur Berechnung der theoretischen Gewichte abgeleitet und in der Tabelle Nr. 17 zusammengestellt. Für durchlaufende Träger jeder Art lassen sich die Formeln nach den gegebenen Anhaltspunkten leicht ableiten, wenn man die Werthe der Tabelle Nr. 16 benützt.

β) Das praktische Gewicht.

Auf Grund der vom Verfasser zur Ausführung gebrachten zahlreichen eisernen Brückenkonstruktionen, für welche ihm das gesammte statistische Materiale zur Verfügung stand, hat derselbe für den sogenannten Konstruktions-Koeffizienten  $\sigma$  gefunden, dass bei Berücksichtigung der verschiedenen Brückensysteme: für Bahnbrücken  $\sigma = \frac{1}{A + Bl}$ , für Strassenbrücken hingegen  $\sigma = A - Bl$  zu wählen wäre und sind die hauptsächlichsten Angaben hierüber in Tabelle Nr. 18 zusammengestellt

Tabelle Nr. 18. Konstruktions-Koeffizienten.

Nr.	Das Brückensystem	Die Länge der Fabr.	Für Eisenbahnbrücken			Für Strassenbrücken			Bemerkungen
			Lokomotive IV. u. III. Kateg.	Lokomotive XII. u. VII. Kateg.	Lokomotive für Schmalspurbahn	für schweres Fuhrwerk	für leichtes Fuhrwerk	für Menschen- gedränge	
1.	Halbparabelträger	oben	—	—	—	—	—	—	Für die übrigen Systeme können im Allgemeinen die Koeffizienten der Rubrik 1 genommen werden.
		vers. od. unt.	$\frac{1}{0.80 + 0.0015 l}$	$\frac{1}{0.70 + 0.0020 l}$	$\frac{1}{0.60 + 0.0010 l}$	$1.70 - 0.0015 l$	$1.70 - 0.0010 l$	$1.70 - 0.0005 l$	
2.	Netzwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	oben	$\frac{1}{0.60 + 0.0015 l}$	$\frac{1}{0.50 + 0.0015 l}$	$\frac{1}{0.50 + 0.0010 l}$	$1.80 - 0.0015 l$	$1.80 - 0.0010 l$	$1.80 - 0.0005 l$	
		vers. od. unt.	$\frac{1}{0.65 + 0.0015 l}$	$\frac{1}{0.60 + 0.0015 l}$	$\frac{1}{0.55 + 0.0010 l}$	$1.65 - 0.0015 l$	$1.65 - 1.0010 l$	$1.65 - 0.0005 l$	
3.	Fachwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen	oben	$\frac{1}{0.60 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.50 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.45 + 0.0010 l}$	$1.90 - 0.0020 l$	$1.90 - 0.0015 l$	$1.90 - 0.0010 l$	
		vers. od. unt.	$\frac{1}{0.70 + 0.0015 l}$	$\frac{1}{0.55 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.50 + 0.0010 l}$	$1.80 - 0.0020 l$	$1.80 - 0.0015 l$	$1.80 - 0.0010 l$	
4.	Vollwandträger mit geraden parallelen Gurtungen	oben	$\frac{1}{0.50 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.45 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.40 + 0.0010 l}$	$2.00 - 0.0020 l$	$2.20 - 0.0020 l$	$2.40 - 0.0020 l$	
		vers. od. unt.	$\frac{1}{0.50 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.45 + 0.0010 l}$	$\frac{1}{0.40 + 0.0010 l}$	$2.00 - 0.0025 l$	$2.20 - 0.0025 l$	$2.40 - 0.0025 l$	

Gleichzeitig aber wurden für das praktische Gewicht  $g_{1-3}$  unmittelbar verwendbare Näherungsformeln aufgestellt, in denen unter der Annahme bestimmter Angaben, nur  $l$  als Unbekannte

vorkommt und sind diese Gleichungen in den Tabellen Nr. 19 und 20 zusammengestellt worden.

Tabelle Nr. 19. Formeln zur Bestimmung des Eigengewichtes der Balkenträger.

Die Eisenbahnbrücken mit auf zwei Stützen freiaufliegenden Trägern												
Die Spurweite	Meter	1.50			1.00	0.75	1.50			1.00	0.75	Bemerkungen
Die Lokomotive	Kateg.	IV.	III.	XII.	VII.	—	IV.	III.	XII.	VII.	—	
Die Lage d. Fahrbahn	—	Obere Fahrbahn					Untere oder versenkte Fahrbahn					
Das System:		Die Halbparabelträger von 15 bis 150 Meter Stützweite										$n = 8, 2m = 8,$ $\rho = 0.800$ Tonnen
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	—	—	—	—	31 $l$	28 $l$	22 $l$	16 $l$	12 $l$	
2.	$g_{4-8}$	"	—	—	—	—	5 $l$ + 500	4 $l$ + 450	3 $l$ + 300	2 $l$ + 250	200	
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	—	—	—	—	36 $l$ + 500	32 $l$ + 450	25 $l$ + 300	18 $l$ + 250	12 $l$ + 200	
4.	$g_9$	"	—	—	—	—	370	370	300	260	200	
5.	$p$	Kilogr.	—	—	—	—	36 $l$ + 870	32 $l$ + 820	25 $l$ + 600	18 $l$ + 510	12 $l$ + 400	
Das System:		Die Netzwerträger mit geraden parallelen Gurtungen von 12 bis 80 Meter Stützweite										$n = 10, 2m = 10,$ $\rho = 0.800$ Tonnen
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	29 $l$	26 $l$	18 $l$	14 $l$	11 $l$	33 $l$	30 $l$	22 $l$	17 $l$	13 $l$
2.	$g_{4-8}$	"	300	300	250	200	160	3 $l$ + 500	3 $l$ + 400	2 $l$ + 300	2 $l$ + 200	200
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	29 $l$ + 300	26 $l$ + 300	18 $l$ + 250	14 $l$ + 200	11 $l$ + 160	36 $l$ + 500	33 $l$ + 400	24 $l$ + 300	19 $l$ + 250	13 $l$ + 200
4.	$g_9$	"	380	380	340	280	240	370	370	300	260	200
5.	$p$	Kilogr.	29 $l$ + 680	26 $l$ + 680	18 $l$ + 590	14 $l$ + 480	11 $l$ + 400	36 $l$ + 870	33 $l$ + 770	24 $l$ + 600	19 $l$ + 510	13 $l$ + 400
Das System:		Die Fachwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen von 12 bis 100 Meter Stützweite										$n = 10, 2m = 10,$ $\rho = 0.800$ Tonnen
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	31 $l$	28 $l$	21 $l$	15 $l$	12 $l$	35 $l$	32 $l$	24 $l$	17 $l$	15 $l$
2.	$g_{4-8}$	"	300	300	250	200	160	3 $l$ + 500	3 $l$ + 400	2 $l$ + 300	2 $l$ + 250	180
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	31 $l$ + 300	28 $l$ + 300	21 $l$ + 250	15 $l$ + 200	12 $l$ + 160	38 $l$ + 500	35 $l$ + 400	26 $l$ + 300	19 $l$ + 250	15 $l$ + 180
4.	$g_9$	"	380	380	340	280	240	370	370	300	260	200
5.	$p$	Kilogr.	31 $l$ + 650	28 $l$ + 680	21 $l$ + 590	15 $l$ + 480	12 $l$ + 400	38 $l$ + 870	35 $l$ + 770	26 $l$ + 600	19 $l$ + 510	15 $l$ + 380
Das System:		Die Vollwandträger mit geraden parallelen Gurtungen von 2 bis 12 Meter Stützweite										$n = 10, 2m = 10,$ $\rho = 0.800$ Tonnen
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	54 $l$	44 $l$	34 $l$	26 $l$	20 $l$	55 $l$	45 $l$	36 $l$	27 $l$	22 $l$
2.	$g_{4-8}$	"	120	120	100	80	60	45 $l$	42 $l$	34 $l$	24 $l$	19 $l$
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	54 $l$ + 120	44 $l$ + 120	34 $l$ + 100	26 $l$ + 80	20 $l$ + 60	100 $l$	87 $l$	70 $l$	51 $l$	41 $l$
4.	$g_9$	"	380	380	340	280	240	370	370	300	260	200
5.	$p$	Kilogr.	54 $l$ + 500	44 $l$ + 500	34 $l$ + 440	26 $l$ + 360	20 $l$ + 300	100 $l$ + 370	87 $l$ + 370	70 $l$ + 300	51 $l$ + 260	41 $l$ + 200
Die Eisenbahnbrücken mit durchlaufenden Trägern												
Das System:		Die Netzwerträger mit geraden parallelen Gurtungen von 12 bis 100 Meter Stützweite										$n = 10, 2m = 10,$ $\rho = 0.800$ Tonnen
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	27 $l$	24 $l$	19 $l$	13 $l$	11 $l$	29 $l$	26 $l$	20 $l$	14 $l$	12 $l$
2.	$g_{4-8}$	"	300	300	250	200	160	3 $l$ + 500	3 $l$ + 400	2 $l$ + 300	2 $l$ + 250	200
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	27 $l$ + 300	24 $l$ + 300	19 $l$ + 250	13 $l$ + 200	11 $l$ + 160	32 $l$ + 500	29 $l$ + 400	22 $l$ + 300	16 $l$ + 250	12 $l$ + 200
4.	$g_9$	"	380	380	340	280	240	370	370	300	260	200
5.	$p$	Kilogr.	27 $l$ + 680	24 $l$ + 680	19 $l$ + 590	13 $l$ + 480	11 $l$ + 400	32 $l$ + 870	29 $l$ + 770	22 $l$ + 600	16 $l$ + 510	12 $l$ + 400
Das System:		Die Fachwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen von 12 bis 100 Meter Stützweite										$n = 10, 2m = 10,$ $\rho = 0.800$ Tonnen
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	29 $l$	26 $l$	20 $l$	14 $l$	11 $l$	32 $l$	29 $l$	22 $l$	16 $l$	13 $l$
2.	$g_{4-8}$	"	300	300	250	200	160	3 $l$ + 500	3 $l$ + 400	2 $l$ + 300	2 $l$ + 250	200
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	29 $l$ + 300	26 $l$ + 300	20 $l$ + 250	14 $l$ + 200	11 $l$ + 160	35 $l$ + 500	32 $l$ + 400	24 $l$ + 300	18 $l$ + 250	13 $l$ + 200
4.	$g_9$	"	380	380	340	280	240	370	370	300	260	200
5.	$p$	Kilogr.	29 $l$ + 680	26 $l$ + 680	20 $l$ + 590	14 $l$ + 480	11 $l$ + 400	35 $l$ + 870	32 $l$ + 770	24 $l$ + 600	18 $l$ + 510	13 $l$ + 400

## 2. Das Gewicht der Nebentheile.

Es ist nicht zweckmässig, das Gewicht der Nebentheile auf Grund theoretischer Untersuchungen zu bestimmen, da auf diese Theile sowohl die spezielle Art der Anordnung von Einfluss, als auch das Gewicht derselben relativ gering ist, daher ein kleiner Fehler selbst sich eher fühlbar macht, dagegen kann man unter Berücksichtigung der Anordnung der Fahrbahn als auch der Belastung auf ausgeführte Beispiele basirende Näherungs-Gleichungen, wie dieselben in den Tabellen Nr. 19 und 20 enthalten sind, ableiten, oder aber für genauere Berechnungen die Gewichte auf Grund von Skizzen bestimmen.

## 3. Das Gewicht der Fahrbahn.

Das Gewicht der Fahrbahn wird entweder annähernd angenommen, für welchen Zweck die Werthe der Tabelle Nr. 21 dienen können, oder aber wird dasselbe auf Grund von Skizzen genauer bestimmt.

## 4. Das Gewicht der Auflagerschuhe.

Nach den von ausgeführten Brücken erhobenen Gewichtsangaben wurden die in der Tabelle Nr. 19 enthaltenen Näherungs-Gleichungen aufgestellt.

Tabelle Nr. 20. Formeln zur Bestimmung des Eigengewichtes der Balkenträger.

Die Strassenbrücken mit auf zwei Stützen freiaufliegenden Trägern											
Die Belastung	—	Sehr schweres Fuhrwerk	Schweres Fuhrwerk	Leichtes Fuhrwerk	Menschen-gedränge	Sehr schweres Fuhrwerk	Schweres Fuhrwerk	Leichtes Fuhrwerk	Menschen-gedränge	Bemerkungen	
Die Lage d. Fahrbahn	—	Untere oder versenkte Fahrbahn				Untere oder versenkte Fahrbahn					
Das System:		1. Die Halbparabelträger				2. Die Netzwerträger mit geraden parallelen Gurtungen				Alle Gewichte beziehen sich auf den Quadrat-Meter Fahrbahnbreite: $\rho = 0.950$ Tonn.: bei 1. ist $n = 8$ , $2m = 8$ , 2-4 ist $n = 10$ , $2m = 10$ .	
1.	$g_{1-3}$	Kilogr.	4.00 l	3.20 l	2.56 l	2.88 l	4.80 l	3.52 l	2.88 l		2.88 l
2.	$g_{1-8}$	"	150	160	80	80	150	100	80		80
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	4.00 l + 150	3.20 l + 100	2.56 l + 80	2.88 l + 80	4.80 l + 150	3.52 l + 100	2.88 l + 80		2.88 l + 80
4.	$g_9$	"	230	230	130	170	230	230	230		170
5.	$p$	Kilogr.	4.00 l + 380	3.20 l + 330	2.56 l + 310	2.88 l + 250	4.80 l + 380	3.52 l + 330	2.88 l + 310		2.88 l + 250
Das System:		3. Die Fachwerkträger mit geraden parallelen Gurtungen				4. Die Vollwandträger mit geraden parallelen Gurtungen					
1.	$g_{1-4}$	Kilogr.	4.96 l	4.16 l	3.20 l	2.88 l	8.00 l	6.40 l	5.20 l	2.88 l	
2.	$g_{1-8}$	"	150	100	80	80	80	80	60	80	
3.	$g_{1-8}$	Kilogr.	4.96 l + 150	4.16 l + 100	3.20 l + 80	2.88 l + 80	8.00 l + 80	6.40 l + 80	5.20 l + 60	2.88 l + 80	
4.	$g_9$	"	230	230	230	170	730	230	230	170	
5.	$p$	Kilogr.	4.96 l + 380	4.16 l + 330	3.20 l + 310	2.88 l + 250	8.00 l + 310	6.40 l + 310	5.20 l + 290	2.88 l + 250	

Tabelle Nr. 21. Die Fahrbahngewichte.

Die Eisenbahnbrücken														Bemerkungen
Nr.	Gegenstand	Hauptlinie			Nebenlinie									
		Spannweite = 1.50 Meter			Spannweite = 1.50 Meter			Spannweite = 1.00 Meter			Spannweite = 0.75 Meter			
		obere	untere	vers.	obere	untere	vers.	obere	untere	vers.	obere	untere	vers.	
F a h r b a h n														
g <sub>9</sub> in Kilogramm-Meter														
1.	Bahnoberbau	75	75	75	50	50	50	32	32	32	23	23	23	Alle Gewichte beziehen sich auf den laufenden Meter Stützweite. *) Säulen aus Gusseisen, Gestänge aus Rundeisen, bei Schweisseisen allein etwa um 40 Prozent weniger.
2.	Fahrbahn	263	245	248	248	230	258	216	188	216	175	157	185	
3.	Geländer	42*	—	42	42	—	42	42	42	42	42	—	42	
4.	Zusammen	380	320	390	340	280	350	290	290	290	240	180	250	
Nr.	Gegenstand	Die Strassenbrücken				Bemerkungen								
		g <sub>9</sub>	Sehr schwer. Fuhrw.	Schwer. Fuhrw.	Leicht. Fuhrw.		Menschen-ge-dränge							
1.	Hölzernes Gebälke und Dielen . . . . .	Kilogr.	230	190	150	90	Alle Gewichte beziehen sich auf den Quadrat-Meter der Fahrbahnbreite. Zorèisenbelag allein im Mittel 70 Kilogr., Wellenblech 50 Kilogr.							
2.	Hölzernes Gebälke und Holzpflaster . . . . .	"	230	200	170	170								
3.	Hölzernes Gebälke und Beschotterung . . . . .	"	590	520	450	270								
4.	Zorèisenbelag und Beschotterung . . . . .	"	600	550	460	270								
5.	Wellenblech und Beschotterung . . . . .	"	540	490	440	250								
6.	Gerades Blech und Beschotterung . . . . .	"	560	500	440	250								
7.	Zorèisen, Asphalt und Béton . . . . .	"	540	510	420	270								
8.	Wellenblech, Asphalt und Béton . . . . .	"	480	450	400	250								

5. Gewichtsangaben ausgeführter Brücken.

Wenn man zur Bestimmung des Gewichtes einer zu projektirenden Brücke die Resultate einer bereits ausgeführten ähnlichen Konstruktion benützen will, so muss man von beiden alle jene Faktoren kennen, welche auf die Grösse des Gewichtes von massgebendem Einflusse sind, denn nur dann kann man allfällige Aenderungen richtig vornehmen, wodurch aber die Bestimmung selbst unbedingt einen hohen Grad von Genauigkeit erlangen wird.

Zu diesem Behufe hat der Verfasser aus der ihm zur Verfügung stehenden Sammlung von Brücken, charakteristische Beispiele auswählend, die Hauptabmessungen und Gewichtsangaben in den Tabellen Nr. 23 bis 28 nach Systemen geordnet systematisch zusammengestellt, so dass es wohl für viele Fälle hinreichen dürfte, die angegebenen Werthe zu be-

nützen, oder allfällig diese zur Berechnung des theoretischen, beziehungsweise praktischen Gewichtes zu verwenden. Es sind demnach in diesem Abschnitte verschiedene Methoden der Eigengewichts-Bestimmungen vorgeführt worden, die je nach der gewünschten Genauigkeit des Resultates anzuwenden wären.

Die angeführten Formeln für die Bestimmung der Eigengewichte werden nicht nur bei den statischen Berechnungen, sondern auch bei vergleichenden Kostenvorberechnungen verschiedener Projekte mit Vortheil verwendet werden können, und so gewiss vielen nachgehenden gute Dienste leisten, umso mehr als deren Anwendung für andere Annahmen als die bei der Aufstellung berücksichtigten, nur mit ganz einfachen Korrekturen leicht durchführbar ist, wobei aber auf alle verschiedenen Faktoren unbedingt Rücksicht zu nehmen ist, wenn das Resultat ein entsprechend genaues sein soll.

Tabelle Nr. 22. Das Gewicht der Auflagerschuhe.

Nr.	Die Konstruktion des Auflagers	Untere Grundplatte	Unterer Kipptheil	Oberer Kipptheil	Zapfen	Walzen oder Stelzen	Das Material	Bei Eisenbahnbrücken					Bei Strassenbrücken				Bemerkungen
								IV. Kat.	III. Kat.	XII. Kat.	VII. Kat.	Schleppbahn-	sehr schweres	schweres	leichtes	Menschen-gedränge	
								Lokomotive					Fuhrwerk				
								Gewicht für die Oeffnung und ein Geleise in Kilogramm					Gewicht für die Oeffnung und Quadratmeter der Fahrbahnbreite in Kilogramm				
1.	Einfache Gleitplatte	Gusseisen	—	—	—	—	Gusseisen	31/	28/	21/	15/	12/	3·4/	2·7/	2·4/	2·1/	Die Stützweite $l$ ist in Metern einzusetzen.
							Stahl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1.							—	31/	28/	21/	15/	12/	3·4/	2·7/	2·4/	2·1/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.	Kipplager ohne Zapfen	—	Gusseisen	Gusseisen	—	—	Gusseisen	36/	33/	25/	18/	15/	3·8/	3·1/	2·7/	2·4/	
							Stahl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2.							—	36/	33/	25/	18/	15/	3·8/	3·1/	2·7/	2·4/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	Kipplager mit Zapfen	—	Gusseisen	Stahl	Stahl	—	Gusseisen	25/	23/	18/	13/	10/	2·6/	2·1/	1·9/	1·6/	
							Stahl	15/	13/	11/	8/	6/	1·6/	1·3/	1·1/	1·0/	
3.							—	40/	36/	29/	21/	16/	4·2/	3·4/	3·0/	2·6/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	Gleitplatte mit Stelzen	Gusseisen	—	Gusseis. *)	—	Stahl	Gusseisen	30/	27/	21/	15/	12/	3·1/	2·6/	2·2/	1·9/	
							Stahl	18/	16/	13/	10/	8/	1·9/	1·5/	1·4/	1·3/	
4.							—	48/	43/	34/	25/	20/	5·0/	4·1/	3·6/	3·2/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.	Kipplager mit Zapfen u. Stelzen	Gusseisen	Gusseisen	Gusseis. *)	Stahl	Stahl	Gusseisen	52/	47/	36/	26/	20/	5·4/	4·5/	3·8/	3·4/	
							Stahl	70/	63/	49/	35/	28/	7·4/	5·9/	5·2/	4·7/	
5.							—	122/	110/	85/	61/	48/	12·8/	10·4/	9·0/	8·1/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.	Kipplager mit Zapfen u. Walzen	Gusseisen	Gusseisen	Gusseisen	Stahl	Stahl	Gusseisen	66/	60/	46/	33/	26/	7·3/	6·0/	5·2/	4·7/	
							Stahl	35/	35/	27/	19/	16/	3·7/	3·0/	2·6/	2·3/	
6.							—	105/	95/	73/	52/	42/	11·0/	9·0/	7·8/	7·0/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	Kipplager mit Zapfen u. Walzen	Stahl	Stahl	Stahl	Stahl	Stahl	Gusseisen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
							Stahl	93/	85/	65/	46/	37/	9·6/	7·9/	6·8/	6·1/	
7.							—	93/	85/	65/	46/	37/	9·6/	7·9/	6·8/	6·1/	
							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\*) Obere Gleitplatte.

## III. Der Winddruck und die Zentrifugalkraft.

Bei der durch den Winddruck hervorgerufenen horizontal wirkend annehmbaren Belastung ist der auf die Brückenfläche gerichtete Theil von dem die Brücke zeitweise passierenden beweglichen Verkehrslasten herrührenden Theile getrennt zu behandeln. Es ist der Lage der betreffenden Resultante sowohl in Hinsicht der Gurte als auch der vorhandenen Querverbände Rechnung zu tragen.

In erster Linie ist die Grösse des Winddruckes für den Quadrat-Meter Fläche zu ermitteln, wobei die von Hutton \*) aufgestellte Formel benützt werden kann, hienach ist

$$(k_2) = 0 \cdot 11 \gamma' \cdot v^2 \cdot \sin \alpha^{1 \cdot 84} \cos \alpha,$$

wobei  $\gamma'$  das spezifische Gewicht der bewegten Luft bei 12° C. und 755 Mm. Barometerstand bedeutet,  $v$  die Geschwindigkeit des Windes für die Sekunde in Metern ausgedrückt,  $\alpha$  hingegen die Neigungswinkel der Windrichtung mit der betreffenden Fläche ist. In Tabelle Nr. 29 sind für  $(k_2)$ , wenn  $\alpha = 90^\circ$ , sowohl Erfahrungswerthe als auch die in einzelnen Ländern vorgeschriebenen Angaben enthalten.

Als interessantes Beispiel für die Grösse des Winddruckes kann das in der Tabelle Nr. 29 unter 6 bezeichnete Resultat angeführt werden. In der Station Novska auf der Linie Sunja-Neogradiska (Slavonien) wurde am 31. Mai 1892 durch einen Zyklon ein Eisenbahnzug zum Theile umgestürzt, und zwar bestand derselbe aus der Lokomotive sammt Tender (72 Tonnen), 8 gedeckten Lastwagen, 13 offenen Lastwagen, Kondukteur- und Gepäckswagen, Postwagen, 6 Personenwagen, so dass das Gesamtgewicht des Zuges 34692 Tonnen betrug, wovon 228·2 Tonnen auf das Eigengewicht entfallen. Durch den Wind

wurden 8 Wagen umgestürzt, 21 beschädigt, 6 entgleisten und ergab sich, dass die Geschwindigkeit des Windes 49 Meter betragen, und der Winddruck für den Quadrat-Meter Fläche 394 Kilogr. gewesen \*).

Ist  $(k_2)$  bekannt, so ist der Winddruck für den laufenden Meter Brücke  $k'_2$  und  $k''_2$  für die Verkehrslast zu ermitteln, wozu es nöthig, die betreffenden Flächen zu kennen, worüber in Tabelle Nr. 29 die weiteren Angaben zu finden, wie auch für den Einfluss der Zentrifugalkraft.

## D. DIE PROBEBELASTUNGEN.

## I. Allgemeine Betrachtungen.

Bevor eine eiserne Brücke dem Verkehre übergeben wird, findet fast überall eine sogenannte amtliche Probebelastung statt, deren Zweck es sein sollte, einerseits zu bestätigen, dass die unter den vorgeschriebenen Belastungen eintretenden Spannungen, beziehungsweise Formänderungen der einzelnen Theile, die auf theoretischem Wege ermittelten Werthe nicht überschreiten, andererseits nachzuweisen, dass sowohl die verwendeten Materialien, als deren Anarbeitung allen jenen Forderungen entsprechen, welche bedingen, dass nach der Entlastung der Brücke in keinem Theile einzeln grössere bleibende Formänderungen, sondern nur im Ganzen in einem oder mehreren Punkten zu beobachtende verhältnissmässig geringe bleibende Aenderung konstatiert werden könne.

Derzeit gibt es noch kein Mittel, den angeführten Zweck auf einfache Weise zu erreichen, daher man sich zumeist damit begnügt, im Untergurte des Hauptträgers, die Höhenlageänderung

\*) Claudel: Tables, formules etc., partie pratique.

\*) Holló: »A magy. mérnök és építész egyesület közlönye«, 1892 (sammt Abbildungen).

Tabelle Nr. 23. Ausgeführte Eisenbahnbrücken mit frei aufliegenden Trägern auf zwei Stützen.

Nr.	Der Name der Bahnstrecke		Bei den Hauptträgern ist:				Bei der Tragkonstruktion		Bei den Auflagern		In der Konstruktion ist für die Öffnung				Die beobachteten Einsenkungen				Bemerkungen					
	l	h <sub>0</sub>	h	n	d	m	t	g <sub>1-3</sub>	g <sub>4-8</sub>	g <sub>1-8</sub>	Zusammen	Zu-	Stahl	Zu-	Stahl	g	q	y'		y''	y	(y')		
			Meter				Kategorie		Kategorie		Kategorie		Kilogramm				Millimeter							
D i e H a l b s i c h e r																								
1.	Szolnok—Szajol	15.50	4.30	12.22	7.83	9.55	5.0	8.80	III.	2357	650	3007	7	68	75	621815	1415	12945	636175	0.56	41.50	4.50	40.35	*) Zweigeleisige Brücke, Schwellenträger, Netzwerkwärter.
2.	Zákány—Agram	95.50	4.30	12.22	7.83	9.55	5.0	8.80	III.	2405	897	3302	14	62	76	630719	2817	11676	645212	0.54	42.10	5.75	39.95	**) Zweigeleisige Brücke, Schwellenträger, Vollwandträger.
D i e H a l b p a r a b e l t r ä g e r																								
1.	Miskolcz—Kaschau	15.90	0.52	2.00	7.95	1.99	4.0	4.45	IV.	514	578	1092	36	13	49	17422	575	215	18212	0.79	—	—	—	*) Probela-
2.	Bársonyosbrücke	17.40	0.80	2.30	8.29	2.18	4.0	4.45	IV.	576	469	1045	31	—	31	18504	545	—	19049	0.79	10.10	1.45	9.50	stung mit Lokomotive III. Kategorie.
3.	Arad—Karlsburg	20.30	0.84	2.50	8.01	2.00	5.0	4.45	III.	530	532	1062	27	10	37	21701	555	210	22466	0.77	11.25	1.50	11.50	
4.	Zákány—Agram	20.90	0.84	2.50	8.36	2.09	5.0	4.45	IV.	600	416	1018	21	10	31	22316	410	210	22866	0.80	12.00	2.00	10.50	
5.	Klausenburg—Kronstadt	23.00	1.00	3.00	7.67	2.75	4.0	4.45	IV.	599	461	1060	25	13	38	24320	590	300	25210	0.77	14.10	4.00	13.25	
6.	Budapester Ringbahn	24.82	0.90	3.25	7.60	2.48	5.0	4.45	IV.	680	565	1245	22	14	36	30903	570	345	31818	0.77	14.80	1.80	15.50	
7.	Klausenburg—Kronstadt	31.00	0.84	3.80	7.50	3.10	4.5	4.45	IV.	884	508	1392	90	21	111	43435	2770	666	46871	0.74	18.00	3.30	19.35	
8.	Miskolcz—Szerencs	38.70	1.90	4.80	8.06	1.95	10.0	4.45	III.	1080	584	1664	59	—	59	62411	2225	—	61636	0.73	—	—	—	
9.	Klausenburg—Kronstadt	40.00	1.97	5.00	8.00	2.00	10.0	4.45	IV.	1078	516	1628	53	15	68	65025	2215	550	67780	0.73	24.50	3.20	25.40	Der Obergurt ist geradlinig.
10.	Munkács—Beskid	42.00	2.00	5.00	8.40	3.50	6.0	4.10	IV.	1330	701	2031	67	7	74	85300	2848	265	88413	0.67	25.70	5.05	27.75	
11.	Kl. Zell—Steinamanger	43.77	3.50	6.99	6.20	3.65	6.0	4.60	III.	1307	853	2160	28	8	35	94659	1200	370	96229	0.64	—	—	—	
12.	Raab—Bruck a. d. L.	44.00	3.00	6.20	7.10	3.67	6.0	4.60	III.	1075	492	1567	39	25	61	68925	1718	1110	71753	0.70	26.15	2.05	27.10	Der Obergurt ist geradlinig.
13.	Cseba—Grosswarden	45.90	3.70	6.00	7.65	2.55	9.0	4.51	III.	1074	614	1688	30	—	30	77207	1380	—	78557	0.69	27.55	3.35	28.85	**) Die Konstruktion ruht auf Holzbochen.
14.	Neu-Gradjiska—Brod	51.96	3.11	7.31	7.10	4.33	6.0	4.72	III.	1242	611	1853	51	30	81	96457	8010	1540	101007	0.66	27.70	2.45	27.50	
15.	Klausenburg—Kronstadt	53.30	2.50	7.30	7.30	3.80	7.0	4.80	IV.	1460	458	1918	50	9	59	102470	2663	490	105623	0.68	29.35	3.80	27.20	
16.	Szerencs—M.-Sziget	54.10	2.70	6.86	8.00	5.41	5.0	4.70	III.	1398	705	2013	80	21	101	113272	4300	1146	118718	0.61	26.10	2.45	25.30	
17.	Munkács—Beskid	56.00	4.00	7.50	7.50	2.80	12.0	4.90	IV.	1546	972	2518	70	14	84	130050	3925	785	134760	0.63	30.00	2.35	29.55	Der Obergurt ist geradlinig.
18.	Arad—Karlsburg	56.20	3.10	7.00	8.00	5.62	5.0	4.70	III.	1280	772	2052	26	39	65	114394	1405	2215	134760	0.63	31.80	7.70	31.80	
19.	Szerencs—M.-Sziget	59.20	3.14	7.30	8.00	5.92	5.0	4.70	III.	1540	655	2196	73	19	92	129951	4360	1134	135545	0.63	28.25	3.10	28.00	
20.	Munkács—Beskid	60.00	2.00	7.50	8.00	3.00	6.0	4.50	IV.	1850	713	2563	66	27	93	153791	3940	1000	159331	0.62	30.80	9.20	21.60	
21.	Szerencs—M.-Sziget	61.60	2.37	7.60	8.10	3.08	10.0	4.80	III.	1693	494	2187	81	21	102	134546	5025	1369	140904	0.64	27.25	0.75	25.00	Der Obergurt ist geradlinig.
22.	Szolnok—Szajol	62.52	2.18	8.18	7.60	5.21	6.0	8.50	III.	1570	833	2133	10	65	75	299266	1290	8060	308616	0.61	31.05	2.95	30.65	Der Obergurt ist geradlinig.
23.	Szerencs—Debreccin	69.70	3.50	8.80	7.90	6.34	5.5	5.00	III.	1724	785	2509	—	74	74	175677	—	5213	180890	0.60	38.05	1.95	35.65	
24.	Munkács—Beskid	75.86	2.02	9.50	8.00	5.84	6.0	4.90	IV.	2362	777	3130	52	21	73	239628	3900	1570	245098	0.59	32.25	15.65	33.85	Der Obergurt ist geradlinig.
25.	Pressburg—Porpác	90.64	7.83	12.63	7.67	4.12	11.0	4.85	III.	2467	750	3219	45	39	85	291500	4160	3640	299690	0.59	43.05	2.35	45.40	

Bemerkungen zu den Tabellen Nr. 23 bis 28. I einf. st. = ein einfaches steifes Strebensystem. Zweif. gk. st. schl. = zweifach gekreuztes System mit steifen und schlaffen Streben. Lagerbezeichnungen wie in Tabelle Nr. 22, bei den Strassenbrücken ist (b) = die Fahrbahnbreite, (G) das Gewicht je einer Wagenachse, (z) Gewicht des Menschengedränges. Die Inanspruchnahme ist bei den Bahnbrücken  $p = 0.7$  Tonnen — 0.8, bei den Strassenbrücken  $p = 0.8$  Tonnen.

Tabelle Nr. 24. Ausgeführte Eisenbahnbrücken mit frei aufliegenden Trägern auf zwei Stützen.

Nr.	D e r N a m e		Die Anzahl der Oeffnungen	Die Richtung der Brücke und die Anordnung der Fahrbahn	Die Anzahl und Konstruktion der Strebensysteme	Die Konstruktion der Auflage	Bei den Hauptträgern ist:					Die Lokomotive	Bei der Tragkonstruktion			Bei den Anlagern			In der Konstruktion ist für die Oeffnung			Die beobachteten Einsenkungen					Bemerkungen			
	der Bahnstrecke	der Brücke					l	h	n	d	m		l	Kategorie	δ <sub>1-3</sub>	δ <sub>4-8</sub>	δ <sub>1-8</sub>	Guss-eisen	Stahl	Zusammen	Schweiss-eisen	Guss-eisen	Stahl	Zusammen	q	q'		q''	q'''	(q <sup>iv</sup> )
1.	Csap—Nyiregyháza	Threisbrücke	3	1 u.	1 einf. st.	K. L. m. W.	85 00	9 66	8 80	7 14	6 00	5 00	III.	2430	548	3028	55	67	122	258512	4670	5720	268902	0.49	44.50	4.00	48.50	44.20		
2.	Klausenburg—Kronstadt	Pálosbrücke	1	1 o. / u.	2 gk. st.	L.	15.52	1.55	10.00	0.97	8.00	2.00	IV.	471	196	667	51	—	51	10213 <sup>*)</sup>	800	—	11013	0.80	—	—	—	—	—	
3.	Arad—Karlsburg	Monorostabbrücke	1	1 u. / u.	4 gk. st.	L.	16.24	1.62	10.00	1.62	5.00	4.45	IV.	558	547	1105	35	—	35	17901	575	—	18476	0.79	—	2.38	11.50	11.50		
4.	Legény-Mihalyci—Mező-Laborecz	Sebes-Fluthbrücke	1	1 o. / u.	4 gk. st.	L.	20.30	2.00	10.00	2.03	5.00	1.80	IV.	672	165	837	26	—	26	15195	530	—	15725	0.80	—	4.50	16.00	14.50		
5.	Arad—Karlsburg	Kopanyagrabenbrücke	1	1 o. / u.	2 gk. st. schl.	L.	21.10	2.11	10.00	2.11	5.00	4.60	III.	560	577	1137	23	—	23	24'00	442	—	24492	0.76	—	0.25	14.75	—		
6.	Budapest—Hatvan	Csorabrtücke	1	1 o. / u.	4 gk. st.	L.	23.43	2.59	9.10	0.97	12.00	2.30	III.	749	178	927	21	—	21	20917	500	—	21447	0.74	—	—	—	—		
7.	Budapest—Hatvan	Bahnüberbrückung der Ringbahn	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	23.79	3.08	7.70	2.89	4.00	8.30	IV.	570	872	1442	20	37	58	62765 <sup>***)</sup>	1030	1755	65550	0.74	13.55	1.05	14.60	14.40	14.40	
8.	Munkács—Beskid	Zagyvabrtücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	25.50	2.55	10.00	2.55	5.00	5.00	IV.	947	562	1509	70	66	136	38374	1790	1625	41789	0.73	14.40	—	15.30	15.30		
9.	Hatvan—Miskolcz	Malamlnskaviadukt	1	1 u. / u.	4 gk. st.	L.	25.78	2.67	9.50	2.57	5.00	4.52	III.	850	369	1219	29	—	29	34078	740	—	34818	0.76	16.10	0.85	16.95	15.70		
10.	Sissek—Doberlin	Sunjabrtücke	1	1 o. / u.	4 gk. st. schl.	L. m.	26.19	2.62	10.00	3.94	3.50	2.30	III.	773	154	927	21	—	21	24143	540	—	24683	0.83	18.87	0.25	19.12	16.38		
11.	Raab—Bruck a. L.	Raabbrücke	4	4 u. / u.	2 gk. st. schl.	L. m.	26.20	2.62	10.00	2.62	5.00	4.60	III.	744	464	1208	19	7	26	31776 <sup>***)</sup>	520	210	32506	0.75	18.65	—	18.65	19.85		
12.	Raab—Oedenburg	"	4	4 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	27.16	2.93	9.30	2.71	5.00	4.60	IV.	624	681	1305	40	20	60	71387 <sup>***)</sup>	2160	1150	74697	0.75	19.50	1.00	20.50	17.55		
13.	Budapest—Hatvan	Bahnüberbrückung in Budapest	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	27.16	2.93	9.30	2.71	5.00	4.60	IV.	791	591	1382	32	32	95	37684 <sup>***)</sup>	1721	850	40255	0.75	17.35	1.15	18.50	16.25		
14.	Pressburg—Porpácz	Qualüberbrückung	2	2 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	27.79	3.38	8.20	3.08	4.50	8.80	IV.	655	715	1370	20	36	56	77801 <sup>***)</sup>	1170	1990	80961	0.70	16.35	1.70	18.05	14.30		
15.	Pressburg—Porpácz	Slobostnabrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	L. m.	31.60	3.56	8.90	3.16	5.00	4.80	III.	781	578	1359	41	29	70	43000	1400	950	45350	0.73	20.00	1.10	21.10	14.30		
16.	Sunja—Neu-Gradiska	Raabbrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	L. m.	33.00	3.30	10.00	3.30	5.00	4.60	III.	869	442	1311	19	21	40	43310	625	690	41625	0.72	22.50	0.95	23.45	24.80		
17.	Kl. Zell—Steinmanger	Raabbrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	L. m.	33.50	3.85	10.00	3.85	5.00	4.60	III.	1080	596	1311	19	—	19	62619	750	—	63369	0.70	—	—	—	—		
18.	Munkács—Beskid	7. Vicsabrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	38.50	3.80	10.10	3.85	5.00	5.30	IV.	1235	616	1676	20	21	19	71075	1090	805	72170	0.70	23.50	1.30	24.80	24.65		
19.	Szabadka—Gombos	Franzenskanalbrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	38.70	3.87	10.00	3.87	5.00	4.60	III.	1031	545	1381	60	—	60	61793	2025	—	63818	0.75	—	—	—	—		
20.	Szolnok—Szajol	Theisbrücke	5	5 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	38.90	4.75	8.20	3.89	5.00	6.20	III.	865	486	1596	10	34	44	104686 <sup>***)</sup>	856	2556	108098	0.70	—	—	—	—		
21.	Munkács—Beskid	Fluthöffnungen	1	1 v. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	39.10	3.39	11.60	3.90	5.00	5.10	IV.	1286	511	1361	28	23	34	71391	1080	795	73166	0.70	24.90	2.45	30.30	27.65		
22.	Zákány—Agram	3. Vicsabrücke	5	5 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	41.00	4.10	10.00	4.10	5.00	6.20	III.	869	580	1449	19	55	51	138136 <sup>***)</sup>	1570	4516	134322	0.74	29.40	4.30	33.70	28.20		
23.	Munkács—Beskid	Drahtbrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	41.20	3.80	11.00	4.12	5.00	4.55	IV.	1313	563	1449	26	19	74	77300	1080	800	79180	0.70	26.55	0.65	27.20	28.30		
24.	Pressburg—Porpácz	5. Vicsabrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	51.20	5.70	9.00	5.12	5.00	4.40	XII.	1183	457	1876	22	36	45	84036	1120	1900	87106	0.60	26.80	2.45	29.25	24.75		
25.	Pressburg—Porpácz	Rabnitzbrücke	1	1 u. / u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	54.20	5.70	9.40	5.42	5.00	4.40	XII.	1160	547	1707	19	35	54	92519	1060	1920	95499	0.60	30.15	4.10	34.25	—		
26.	Sunja—Neu-Gradiska	Savebrücke	1	1 u. / u.	4 gk. st. schl.	K. L. m. W.	92.50	9.12	10.10	4.62	10.00	4.80	III.	2707	735	3442	38	52	90	319985	3540	4820	328345	0.52	41.09	5.50	46.50	42.00		

Die Netzwerkkträger mit geraden parallelen Gurtungen

Die Parabelträger

\*) Ohne Versteifungsverkanten.  
\*\*) Probelastung mit Lokomotiven III. Kateg.

\*\*\*) Zweigleisige Brücke.

\*\*\*\*) Die Bahn liegt in der Kurve.





Tabelle Nr. 27. Ausgeführte Eisenbahnbrücken mit durchlaufenden Trägern.

Nr.	D e r N a m e		Die Anzahl der Öffnungen	Die Richtung der Brücke und die Anordnung der Fahrbahn	Die Anzahl und Konstruktion der Strebensysteme	Die Konstruktion der Auflager	Bei den Hauptträgern ist:						Die Lokomotive	Bei der Tragkonstruktion			In der Konstruktion ist im Mittel für eine Öffnung				Die beobachteten Einsenkungen			Bemerkungen				
	der Bahnstrecke	der Brücke					Das Brückensystem	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	h	n		d	m	t	Kategorie	δ <sub>1-3</sub>	δ <sub>4-8</sub>	δ <sub>1-9</sub>	Gewicht für den Lauf, Meter und für ein Geleise in Kilgr.	Schweisseisen	Guss-eisen		Zu-sammen	y'	y''	y
1.	Arad—Karlsburg	Pujbachbrücke	2	—	1 einf. schl.	L.	14-49	14-49	1-60	9-00	1-60	4-5	4-60	III.	374	685	959	13800	230	—	—	—	—	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
2.	Budapester Verbindungsbahn	Quai-Ueberbrückung	2	u.	2 gk. st. schl.	L.	15-00	15-00	1-50	6-00	1-50	3-0	9-40	IV.	473	847	1320	39627	510	—	—	—	—	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
3.	M.-Sziget—Zlatina	Theisskanalbrücke	2	u.	2 gk. st. schl.	L.	17-50	17-50	2-00	8-75	2-20	4-0	3-00	schmal-sp. Lok. III.	225	153	378	6605	—	—	—	8-00	—	—	**) Spurweite 1 Meter, die Konstruktion ruht auf Holzbohlen.			
4.	Arad—Karlsburg	Branicskabrücke	2	u.	1 einf. schl.	K. L. m. W.	30-70	30-70	3-00	10-00	2-88	5-5	2-00	III.	734	223	957	28709	1702	—	—	—	—	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
5.	Leg.-Mihályi—Mező-Laborcz	Laborczbrücke	2	o.	2 gk. st. schl.	L. m.	32-60	32-60	3-26	10-00	3-26	5-0	4-50	III.	780	440	1220	39650	1445	470	—	21-85	3-20	—	**) Spurweite 1 Meter, die Konstruktion ruht auf Holzbohlen.			
6.	Munkács—Beskid	II. Latorczabücke	2	u.	2 gk. st. schl.	L. m.	38-00	38-00	3-80	10-00	3-80	5-0	4-55	IV.	962	438	1400	59211	737	782	—	23-95	1-40	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
7.	Kaschau—Abos	I. Hernádbücke	2	u.	4 gk. st. schl.	K. L. m. W.	40-00	40-00	3-38	11-90	3-33	6-0	4-70	III.	1129	579	1708	68334	1900	—	—	21-25	1-50	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
8.	" "	IV. Hernádbücke	2	u.	4 gk. st. schl.	K. L. m. W.	53-70	53-70	3-75	9-30	4-47	6-0	4-70	III.	1280	775	2055	105193	4340	—	—	30-50	3-50	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
9.	Sunja—Neu-Gradiska	Savebrücke	2	u.	4 gk. st. schl.	K. L. m. W.	55-00	55-00	6-50	8-40	3-24	8-5	4-60	III.	1251	649	1900	104561	1730	2410	—	26-90	1-40	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
10.	Kaschau—Abos	II. Hernádbücke	2	u.	4 gk. st. schl.	K. L. m. W.	57-50	57-50	5-90	9-50	5-75	5-0	4-70	III.	1285	874	2159	124277	2200	—	—	30-12	3-87	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
11.	Arad—Karlsburg	Marosbrücke	2	u.	2 einf. schl.	K. L. m. W.	66-00	68-00	6-80	10-00	3-50	8-5	4-70	III.	1891	665	2556	193829	7830	174	—	28-50	3-40	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
12.	Budapester Verbindungsbahn	Ueberbrückung der Steinbrucherstrasse	3	u.	schl.	L.	8-70	13-40	1-10	9-30	—	—	2-80	IV.	469	647	1116	11479	214	—	—	32-95	1-35	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
13.	dtto.	Ueberbrückung der Ullferstrasse	3	v.	—	L.	10-20	15-70	1-24	9-70	—	—	2-80	IV.	492	718	1200	13805	248	—	—	7-50	—	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
14.	Budapest—Semlin	Ueberbrückung der Soroksárgasse	3	v.	—	L.	11-00	16-00	1-23	10-20	—	—	5-00	IV.	582	1044	1626	20587	350	—	—	6-00	—	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
15.	Budapester Verbindungsbahn	Quai-Ueberbrückung	3	u.	—	L.	10-87	16-75	1-28	10-90	—	—	2-80	IV.	498	702	1200	15382	218	—	—	3-50	—	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
16.	Bruck a. L.	Leithakanal	3	u.	2 gk. st. schl.	L.	15-00	15-80	2-50	6-01	2-50	3-0	9-40	IV.	940	1700	2640	40827	510	—	—	10-25	1-30	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
17.	Leg.-Mihályi—Mező-Laborcz	Dussabrücke	3	v.	4 gk. st. schl.	K. L.	16-32	16-67	1-58	10-50	0-81	10-0	1-90	IV.	501	237	741	19250	503	—	—	10-60	1-20	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
18.	M.-Sziget—Ronszék	Izabrücke	3	o.	1 einf. schl.	L.	19-05	19-05	1-80	10-60	1-90	5-0	2-10	III.	421	207	628	11934	313	—	—	12-70	2-20	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
19.	Fiski—Petrozsény	Faradinbrücke	3	o.	2 gk. st. schl.	L.	19-52	28-96	2-44	9-00	2-44	4-5	3-00	schmal-sp. Lok. III.	681	403	1084	23649	270	—	—	12-75	1-70	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
20.	Sunja—Neu-Gradiska	Strugbrücke	3	u.	2 gk. st. schl.	L. m. St.	24-00	28-60	2-53	10-40	2-55	5-0	4-70	III.	717	615	1332	33584	295	—	—	12-75	1-60	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
21.	Szerencs—M.-Sziget	Theiss-Fluthbrücke	3	u.	2 gk. st. schl.	L. m.	28-00	34-00	3-40	9-00	3-75	4-0	4-60	III.	681	439	1120	33648	388	612	—	16-52	1-15	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
22.	Munkács—Beskid	I. Latorczabücke	3	u.	2 gk. st. schl.	L.	29-80	35-00	3-20	9-70	3-43	4-5	4-40	III.	756	468	1324	38090	1261	—	—	16-90	0-90	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
23.	Arad—Karlsburg	Strellbachbrücke	3	u.	2 gk. st. schl.	L. m.	30-50	38-00	3-80	8-68	1-90	8-5	4-80	III.	1012	524	1536	49702	1643	—	—	17-70	1-50	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
24.	Sunja—Neu-Gradiska	Strugbrücke	3	u.	2 gk. st. schl.	L. m.	30-60	42-38	3-40	10-00	3-40	5-0	4-70	III.	1121	578	1699	52708	490	760	—	17-70	1-50	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
25.	Villány—Esseg	Draubrücke	3	u.	2 gk. st. schl.	L. m.	36-00	45-00	4-50	9-00	4-50	4-5	4-60	III.	925	447	1372	53622	400	680	—	19-60	1-00	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
26.	M.-Sziget—Zlatina	Theissbrücke	4	u.	2 einf. schl.	L.	30-00	30-00	3-20	9-40	3-20	4-5	4-70	III.	1750	684	2434	156745	5790	—	—	27-30	0-00	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
27.	Budapest—Semlin (Neusatz)	Donaubrücke	5	u.	2 gk. st. schl.	K. L. m. W.	30-00	30-00	3-20	9-40	3-20	4-5	4-70	schmal-sp. Lok. III.	285	251	536	16090	420	—	—	37-70	1-10	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			
28.				u.	4 gk. st. schl.	K. L. m. W.	76-00	92-00	8-06	10-80	4-00	11-0	5-00	III.	2883	1206	4089	450017	3075	12750	—	46-25	2-90	—	*) 2 Geleise u. 2 Gehstege zu je 1,9 Meter.			



Tabelle Nr. 29. Der Winddruck und die Zentrifugalkraft.

Nr.	Der Beobachter	Jahr	Der Beobachtungsort	v Meter	(k <sub>2</sub> )		der Name des Landes	(k <sub>2</sub> )		Die in Rechnung zu ziehende Fläche		Bemerkungen		
					von	bis		be- lastete Brücke	unbe- lastete Brücke	Verhältniss der offenen Maschenfläche zur geraden Fläche	die Wandfläche des zweiten Trägers ist zu reduzieren			
					Kilogramm für den Quadrat-Meter			Kilogramm für den Quadrat-Meter						
1.	Nördling	1867	Französ. Südbahn	—	154	254	Ungarn	150	250	Oesterreich ein Träger	Oesterreich zwei Träger	Nach Winkler für Eisenbahnen k'' <sub>2</sub> = 48 + 72 k Kilogr. Nach Engesser für Bahnen: k'' <sub>2</sub> = 450 Kilogr., Resultante 2 Meter über Schiene. Bei Strassen: k'' <sub>2</sub> = 300 Kilogr., wobei Resultante 1.5 Meter über der Fahrbahn liegend angenommen.		
2.	—	1879	Taybrücke	—	—	238	Oesterreich	170	270	40%	20%			
3.	—	1888	Karlstadt—Fiume (Borawind)	—	140	350	Deutschland	150	270	60%	40%			
4.	—	1889	Forthbrücke	—	200	400	Frankreich	150	250	80%	100%			
5.	—	1889	Eiffelthurm	—	140	350	—	—	—	nach Engesser				
6.	Holló	1892	Novska	49	—	394	—	—	—	für den Quadrat-Meter = 1 + 0.04 / Quadr.-M.				
1.	Die Fahrgeschwindigkeit des Eisenbahnzuges für die Stunde . . . . .							Kilometer	90	75	60	45	35	20
2.	" " " " " " " " Minute . . . . .							Meter	25.00	20.80	16.67	12.50	7.23	5.55
3.	Der Werth $\frac{v^2}{2g}$ . . . . .							—	63.76	44.16	28.76	16.04	8.26	3.06
—	Die Vergrösserung oder Verminderung der Verkehrslast k ist $\pm \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{2}{r}$ wenn r der Radius der Kurve ist.													

jenes Punktes zu beobachten, wo bei der gegebenen — in den häufigsten Fällen — Totalbelastung der Maximalmomentenpunkt sein wird. Da aber die Formänderung eines so vielgliederigen Körpers, wie dies eine Brückenkonstruktion zu sein pflegt, bei der Belastung ein verwickelter Vorgang ist, so hat man nach der Beobachtung nur eines Punktes wohl kaum die Berechtigung auf den Zustand der einzelnen Theile zuverlässige Rückschlüsse zu ziehen, daher, nicht mit Unrecht, der Werth dieser Beobachtungsweise in Frage gestellt würde. Wenn man zum mindesten im Untergurte eine grössere Anzahl von Punkten beobachten würde, hätte man doch einige Wahrscheinlichkeit, dass eine etwa bei einem Theile eintretende Unregelmässigkeit hiebei zum Ausdruck kommen dürfte, und demnach immerhin einen Fingerzeig, welchem Theile etwa mehr Aufmerksamkeit zu schenken wäre.

Die bis nun vorgeschlagenen Methoden machten die Beobachtung mehrerer Punkte schwierig, daher man fast ausschliesslich den oben bezeichneten Punkt beobachtete, hiebei die Beobachtungsapparate auf oft recht elastischen Montirungs- oder besonders hergestellten Hilfsgerüsten anbringend, oder aber, indem der Fixpunkt des Apparates am Ende eines schlecht gespannten Drahtes im Bette des Flusses liegt. Natürlich ist es aber weder begründet, die beobachtete Einsenkung mit der theoretischen möglichst gleich zu erwarten, noch verlohnt es sich der Mühe, für derlei Beobachtungen kostspielige Gerüste aufzustellen oder Apparate zu verwenden, da die Beobachtungsfehler die Richtigkeit des Resultates sehr beeinflussen werden.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die auf diese Weise ausgeführte Probelastung nur dann von irgend welcher Bedeutung sein kann, wenn man während der Herstellung der Brückenkonstruktion hinreichend Daten gesammelt, um über die Konstruktion, beziehungsweise deren Sicherheit sich ein Urtheil zu bilden. Hiebei ist es ganz gleichgültig, mit welcher Belastung man die Probe vornimmt, denn wenn man selbst 1 1/2- bis 2fache Belastung anwendet, so wäre die einzige Beruhigung die, dass die Brücke eventuell nicht eingestürzt; hiezu bedarf es aber keiner weiteren Apparate, man hat nur den Effekt abzuwarten. Ist es schon schwierig, die erste Probelastung richtig zu machen, so ist es noch viel schwieriger, hiebei für spätere Probelastungen richtige Anhaltspunkte zu schaffen, da die zu beobachtenden Einsenkungen unter dem Einflusse von drei, von einander ganz unabhängigen Einflüssen entstehen. Wäre die Brücke vollkommen elastisch, so müsste dieselbe nach der Entlastung ihre ursprüngliche Gestalt ohne jede Aenderung wieder annehmen, weshalb man denn auch von einer elastischen Einsenkung spricht, welche lediglich von der Gestalt des Trägers und der Art des Materials abhängig, theoretisch bestimmt werden kann\*).

\*) Ritter: Die Anwendung der graphischen Statik, II. Theil: Das Fachwerk.

In Folge der unvermeidlichen kleineren Material- und Ausarbeitungsfehler, gewisser Anfangsspannungen u. s. w., wird sich nach der Entlastung doch eine verhältnissmässig kleine bleibende Einsenkung zeigen, deren genaue Beobachtung wohl Werth hat. Allein wenn die Probelastung längere Zeit erfordert und bei höherer Temperatur und Sonnenschein erfolgt, so wird der Träger in Folge der ungleichen Temperatur der einzelnen Theile, Spannungen erleiden, beziehungsweise Hebungen erfahren, welche die vorher angeführten zwei Resultate störend beeinflussen werden, daher man bestrebt war, diesen Einfluss zu eliminieren.

Der Verfasser war nun bemüht, auf Grund der Erfahrungsergebnisse einerseits für die Berechnung der elastischen Einsenkung einfache annähernde Formeln aufzustellen, andererseits ein Beobachtungsverfahren vorzuschlagen, welches in einfacher Weise die Beobachtung aller Knotenpunkte im Untergurte gestattet, zu selbstständigen Temperatur-Beobachtungen der Brücke ebenso geeignet ist, und welches von ihm bei den allein massgebenden Belastungen mit ruhender Verkehrslast seit zwei Jahren mit vielem Vortheile angewendet wird. Die Probelastung mit sogenannten »schnellfahrenden Zügen« sind lediglich Paradenfahrten, deren Resultate noch weniger Werth haben als diejenigen der ruhenden Belastungen.

II. Die elastische Einsenkung.

Wenn ein Fachwerk aus irgend einer Ursache eine unendlich kleine Formänderung erleidet, so ist die von den äusseren Kräften verrichtete virtuelle Arbeit ebenso gross, wie die virtuelle Arbeit der Stabkräfte. Nimmt man daher an, in einem Knotenpunkte C wirke eine Last G = 1 und zwar in der Entfernung a = sd, die durch dieselbe hervorgerufenen Stabkräfte seien K, die Stablängen λ, Δλ deren Längenänderungen, so wird die Einsenkung bei C sein  $y'_r = \sum_0^{2m} K \cdot \Delta\lambda$ . Ist nun P die äussere Kraft, f der derselben entsprechende Querschnitt, so ist:

$$\Delta\lambda = \frac{P}{f} \cdot \frac{\lambda}{E} = \frac{p}{E} \cdot \lambda \text{ und demnach } y'_r = \frac{1}{E} \sum_0^{2m} p \cdot K \cdot \lambda.$$

Betrachtet man ein Fachwerk mit zwei Stützen, so ist für den Obergurt:

$$K_a = \frac{Mr}{h_r} \cdot \sec \alpha_r,$$

und da für

$$x = 0 \text{ bis } m, Mr = \frac{s x}{4m^2} \cdot l \text{ und für } s = m Mr = \frac{r}{4m} \cdot l,$$

$$x = m \text{ bis } 2m, Mr = \frac{(l-a)(l-x)}{l} = \frac{(2m-s)(2m-r)}{4m^2}, s = m,$$

$$M = \frac{(2m-r)}{4m} \cdot l,$$

Tabelle Nr. 30. Die elastischen Einsenkungen im Allgemeinen.

Nr.	Bezeichnung	W e r t h										B e m e r k u n g e n												
		1.		2.		3.		5.		6.			7.		8.		10 a.		10 b.		10 c.			
	Mass-gattung	Konvex-halbparabolischer Träger	Konkav-halbparabolischer Träger	Konvex-parabolischer Träger	Halbsichel-Träger	Sichel-Träger	Halbparabolischer Träger	Parabel-Träger	Netzwerk-Träger	Fachwerk-Träger	Vollwand-Träger													
1.	$n, m$	8	4	16	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	10	5	10	5	10	—	Mit Ausnahme von 10 c, wo $p = 0.7$ Tonnen genommen wurde, ist mit $p = 0.8$ Tonnen gerechnet worden.		
2.	$n', (n')$	9-100	10-000	7-100	6-700	10-700	13-500	10-900	14-100	10-700	11-100	9-100	11-100	10-700	18-200	10-000	10-000	10-000	10-000	1-000	1-000		—	
3.	$\sec^2 \alpha', \sec^2 \beta'$	1-005	1-005	1-005	1-005	1-020	1-020	1-080	1-020	1-180	1-020	1-020	1-000	1-080	1-000	1-000	1-000	1-000	1-000	1-000	1-000		—	
4.	$\sec^2 \beta'$	2-56	1-70	1-70	3-84	4-06	2-90	2-90	2-90	2-90	2-90	2-90	2-90	6-06	2-00	2-00	2-00	2-00	2-00	2-00	—		Bei den Bahnbrücken ist $p = 0.8$ Tonnen; bei den Strassenbrücken $p = 0.9$ Tonnen angenommen.	
5.	$\frac{m}{n}$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15	—			
6.	$\mu$	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-88	0-80	0-80	0-80	0-80	0-80	0-80	—			
7.	$y'_1$	0-867	0-677	0-677	1-027	1-037	1-107	1-107	1-107	1-107	0-867	1-017	1-017	0-907	0-907	0-907	0-907	0-907	0-907	0-907	—			
8.	$y'_2$	0-117	0-087	0-087	0-107	0-097	0-117	0-117	0-117	0-117	0-117	0-087	0-087	—	—	—	—	—	—	—	—			—
9.	$y'_3$	0-287	0-447	0-447	0-307	0-237	0-187	0-187	0-187	0-187	0-187	0-497	0-497	0-267	0-267	0-267	0-267	0-267	0-267	0-267	—			
10.	$y'_4$	1-257	1-197	1-197	1-437	1-357	1-397	1-397	1-157	1-617	1-167	1-157	1-157	1-617	1-167	1-167	1-167	1-167	1-167	1-167	0-737			
11.	$y$	0-707	0-877	0-707	0-937	0-657	0-977	0-707	0-807	0-807	0-977	0-807	0-927	0-807	1-137	0-807	0-987	0-807	1-017	1-017	0-737			—
12.	$y_2$	0-00877	0-00677	0-00677	0-00677	0-00877	0-01277	0-01277	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01077	0-01277			—

Tabelle Nr. 31. Die elastischen Einsenkungen für besondere Fälle.

Nr.	Werth	Mass-gattung	B e i E i s e n b a h n b r ü c k e n						B e i S t r a s s e n b r ü c k e n						Bahn- brücke	Strassen- brücke	y	B e m e r k u n g e n					
			Lokomotive IV. Kategorie	Lokomotive VII. Kategorie Spurweite = 1.5 Meter	Lokomotive VII. Kategorie	Lokomotive VII. Kategorie Spurweite = 1 Meter	Schleppbahn- Lokomotive Spurweite = 0.75 Meter	sehr schweres Fuhrwerk	schweres Fuhrwerk	leichtes Fuhrwerk	Mittelschwere Fahrbahn												
1.	$\frac{k}{q}$	—	0-90 — 0-0037	0-85 — 0-0037	0-74 — 0-0027	0-58 — 0-0027	0-56 — 0-0047	100	130	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei den Bahnbrücken ist $p = 0.8$ Tonnen; bei den Strassenbrücken $p = 0.9$ Tonnen angenommen.	
2.	$\frac{p}{q}$	—	0-10 + 0-0037	0-15 + 0-0037	0-26 + 0-0027	0-42 + 0-0027	0-44 + 0-0047	$\frac{l}{l+100}$	$\frac{l}{l+110}$	$\frac{l}{l+250}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3.	$y_k$	Millimeter	(0-84 — 0-0037)7	(0-78 — 0-0037)7	(0-68 — 0-0027)7	(0-53 — 0-0027)7	(0-51 — 0-0047)7	$\frac{1037}{l+200}$	$\frac{1347}{l+240}$	$\frac{1447}{l+250}$	0-927	1-037	1-037	$\frac{1037}{l+110}$	$\frac{1037}{l+110}$	$\frac{1037}{l+110}$	$\frac{1037}{l+110}$	$\frac{1037}{l+110}$	$\frac{1037}{l+110}$	$\frac{1037}{l+110}$	1-037		Die H a l b p a r a b e l t r ä g e r
4.	$y_p$	—	(0-08 + 0-0037)7	(0-14 + 0-0037)7	(0-24 + 0-0027)7	(0-39 + 0-0027)7	(0-41 + 0-0047)7	$\frac{1037}{l+200}$	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+250}$	—	—	—	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+240}$	$\frac{1037}{l+240}$	—		
5.	$y_k$	Millimeter	(0-84 — 0-0027)7	(0-79 — 0-0027)7	(0-69 — 0-0027)7	(0-54 — 0-0027)7	(0-52 — 0-0047)7	$\frac{1047}{l+200}$	$\frac{1357}{l+240}$	$\frac{1447}{l+250}$	0-937	1-047	1-047	$\frac{1047}{l+110}$	$\frac{1047}{l+110}$	$\frac{1047}{l+110}$	$\frac{1047}{l+110}$	$\frac{1047}{l+110}$	$\frac{1047}{l+110}$	$\frac{1047}{l+110}$	1-047	Die N e t z w e r k t r ä g e r m i t g e r a d e n p a r a l l e l e n G u r t u n g e n	
6.	$y_p$	—	(0-09 + 0-0027)7	(0-14 + 0-0027)7	(0-24 + 0-0027)7	(0-39 + 0-0027)7	(0-41 + 0-0017)7	$\frac{1047}{l+200}$	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+250}$	—	—	—	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+240}$	$\frac{1047}{l+240}$	—		
7.	$y_k$	Millimeter	(0-91 — 0-0037)7	(0-86 — 0-0037)7	(0-75 — 0-0027)7	(0-59 — 0-0027)7	(0-57 — 0-0047)7	$\frac{1137}{l+200}$	$\frac{1477}{l+240}$	$\frac{1587}{l+250}$	1-017	1-137	1-137	$\frac{1137}{l+100}$	$\frac{1137}{l+110}$	$\frac{1137}{l+110}$	$\frac{1137}{l+110}$	$\frac{1137}{l+110}$	$\frac{1137}{l+110}$	$\frac{1137}{l+110}$	1-137		Die F a c h w e r k t r ä g e r m i t g e r a d e n p a r a l l e l e n G u r t u n g e n
8.	$y_p$	—	(0-10 + 0-0037)7	(0-15 + 0-0037)7	(0-26 + 0-0037)7	(0-42 + 0-0027)7	(0-44 + 0-0027)7	$\frac{1137}{l+200}$	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+250}$	—	—	—	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+240}$	$\frac{1137}{l+240}$	—		

Tabelle Nr. 32. Beobachtungs-Resultate und die Temperatur-Einflüsse.

Nr.	Der Tag der Beobachtung	Die Stunde	Die Luft- Tempe- ratur	Die Tempe- ratur- Dif- ferenzen	Beim rechten Träger			Beim linken Träger			Rechter Träger	Linker Träger	Bemerkungen
					die Art der Beschei- nung	die Hebung $y'$ be- obachtet	die Hebung in Milli- meter gerechn.	die Art der Beschei- nung	die Hebung $y'$ be- obachtet	die Hebung in Milli- meter gerechn.	die seitliche Bewegung	Millimeter	
A. Die zweite Oeffnung der Pressburger Franz Joseph-Brücke *)													*) Fachwerk mit geraden paral- lelen Gurtungen $l = 74.52$ Meter, daher: $y_2 = 0.010 \text{ } t/l = 0.74 \text{ } t$ .
1.	9. August 1890	5	18	0	in der Sonne	—	—	in der Sonne	—	—	—	—	
2.		8	19	1		0.2	0.7		0.2	0.7	0.6	0.5	
3.		9	23	5		0.4	3.7		1.5	3.7	2.4	2.0	
4.		10	24	6		0.8	4.4		2.0	4.4	2.7	1.9	
5.		11	26	8		1.3	6.0		2.3	6.0	2.8	2.2	
6.		12	27	9		2.3	6.7		3.1	6.7	3.6	1.9	
7.		1	28	10	im Schatten	3.6	7.4	im Schatten	3.3	7.4	2.1	1.0	
8.		3	27	9		2.2	6.7		3.1	6.7	-0.1	-1.1	
9.		4	24	6		2.9	4.4		3.1	4.4	-0.3	-1.9	
10.		5	19	1		1.2	0.7		1.9	0.7	-1.7	-3.4	
11.		6	19	1		0.1	0.7		0.8	0.7	-0.7	-3.1	
12.		8	18	0		-0.9	—		-0.2	—	-0.1	-2.7	
B. Die dritte Oeffnung der Komorner Elisabeth-Strassenbrücke **)													**) Halbsichelträger $l = 102.00$ Meter, daher: $y_2 = 0.008 \text{ } t/l = 0.82 \text{ } \text{Tonnen}$ .
1.	28. Mai 1892	4	10	0	in der Sonne	—	—	in der Sonne	—	—	—	—	
2.		5	11	1		—	0.8		0.3	0.8	2.2	2.0	
3.		6	11	1		1.7	0.8		0.3	0.8	3.6	4.0	
4.		7	13	2		2.9	1.6		2.9	1.6	5.9	5.0	
5.		8	13	2		4.9	1.6		4.0	1.6	5.3	5.5	
6.		9	14	3		6.9	2.5		5.2	2.5	5.5	4.5	
7.		10	15	5	im Schatten	8.1	4.1	im Schatten	5.8	4.1	4.0	4.8	
8.		11	16	6		7.8	4.9		6.1	4.9	3.7	4.2	
9.		12	16	6		8.8	4.9		6.8	4.9	3.0	3.8	
10.		1	17	7		8.1	5.7		7.7	5.7	2.6	3.5	
11.		2	17	7		8.0	5.7		5.7	5.7	2.1	2.8	
12.		3	18	8		10.3	6.6		8.0	6.6	2.0	2.0	
13.		4	20	10	im Schatten	10.3	8.2	im Schatten	8.6	8.2	-0.8	0.8	
14.		5	22	12		10.8	9.8		9.8	9.8	-1.6	-1.8	
15.		6	19	9		9.1	7.3		9.3	7.3	-1.6	-2.2	
16.		7	17	7		6.3	5.7		6.4	5.7	-1.5	-2.6	
17.		8	17	7		4.2	5.7		4.2	5.7	-1.2	-1.5	
18.		10	15	5		1.1	4.1		1.4	4.1	-0.7	-1.5	
19.		12	13	3		0.4	2.5		0.4	2.5	-0.5	-1.0	
Die Maximalwerthe													
A. Die zweite Oeffnung der Pressburger Franz Joseph-Brücke													
Rechter Träger	1890, 9. August	1	28	10	—	3.60	7.40	—	—	—	2.10	—	
Linker Träger	"	1	28	10	—	—	—	—	3.30	7.40	—	1.00	
Rechter Träger	1890, 24. August	12	37	18	—	7.00	10.80	—	—	—	4.90	—	
Linker Träger	"	12	37	18	—	—	—	—	6.50	10.80	—	1.50	
B. Zweite und dritte Oeffnung der Komorner Elisabeth-Strassenbrücke													
Rechter Träger	1892, 23. Mai	5	22	12	—	10.80	9.84	—	—	—	1.50	—	
Linker Träger	"	5	22	12	—	—	—	—	9.80	9.84	—	1.80	
Rechter Träger	1892, 24. Mai	4	25	11	—	11.80	9.02	—	—	—	3.40	—	
Linker Träger	"	3	26	12	—	—	—	—	13.80	9.84	—	4.50	
Rechter Träger	1892, 28. Juni	1	29	11	—	9.00	9.02	—	—	—	3.50	—	
Linker Träger	"	1	29	11	—	—	—	—	8.30	9.02	—	4.40	
Rechter Träger	1892, 29. Juni	10	27	9	—	6.50	7.38	—	—	—	4.30	—	
Linker Träger	"	3	30	12	—	—	—	—	5.60	9.02	—	8.20	

nachdem ferner der thatsächliche Stabquerschnitt im Durchschnitt

$$F_a = \frac{3}{2} f_a \text{ und } \rho_a = \frac{2}{5} \rho \text{ ist, so wird}$$

$$y'_a = \frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{E} \left( \sum_0^m K_a \cdot Z_a + \sum_m^{2m} K_a \cdot Z_a \right) = \frac{n'}{6m^2} \cdot \frac{\rho}{E} \cdot \sec^2 \alpha' \cdot \sum_0^m r \cdot l,$$

wenn man die schon benützten Mittelwerthe  $n'$ ,  $\sec^2 \alpha'$  einführt.

$$\text{Beim Untergurt ist } F_b = \frac{6}{5} f_b, \text{ somit } \rho_b = \frac{5}{6} \rho \text{ und}$$

$$y'_b = \frac{5}{6} \cdot \frac{\rho}{E} \left( \sum_0^m K_b \cdot z_b + \sum_n^{2m} K_b \cdot z_b \right) = \frac{5}{24} \cdot \frac{n'}{m^2} \cdot \frac{\rho}{E} \sec^2 \beta' \cdot \sum_0^m r \cdot l,$$

also im Ganzen

$$y'_1 = y'_a + y'_b = \frac{n}{6m^2} \cdot \frac{\rho}{E} \left( \sec^2 \alpha' + \frac{5}{4} \sec^2 \beta' \right) \sum_0^m r \cdot l.$$

$$\text{Bei der Vertikalen ist für } x = 0 \text{ bis } m, K_v = \frac{a}{l} = \frac{s}{2m}, \text{ für}$$

$$x = m \text{ bis } 2m, \text{ dagegen } K_v = \frac{l-a}{l} = \frac{(2m-s)}{2m}, s = m,$$

$$K_v = \frac{1}{2}, \text{ da auch für } \rho_v = \frac{2}{3} \rho \text{ gesetzt werden kann, wird}$$

$$y'_2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{\rho}{E} \sum_0^{2m} K_v \cdot h_r = \frac{2m+1}{3n'} \cdot \frac{\rho}{E} \cdot l.$$

Endlich für die Strebe ist  $K_s = K_2 \sec \delta_r$ , für  $s = m$

$$K_s = \frac{1}{2} \sec \delta_r \text{ und da } \rho_s = \frac{5}{6} \rho \text{ wird}$$

$$y'_3 = \frac{5}{6} \cdot \frac{\rho}{E} \sum_0^m K_s \cdot s_r = \frac{5m}{6(n')} \cdot \frac{\rho}{E} \sec^2 \delta_1 \cdot l.$$

Da bei den Probelastungen gewöhnlich nur Totalbelastungen vorkommen, sind die Werthe von  $y'_2$  und  $y'_3$  noch zu reduzieren, und zwar durch Multiplikation mit dem Faktor

$$u = \frac{1}{m} \frac{(l-2x)}{(l-x)^2} = 4 \sum_0^m \frac{(m-r)}{(2m-r)^2} \frac{1}{l^2}$$

so dass also die ganze elastische Einsenkung

$$y' = \frac{\rho}{E} \times \left[ \frac{n'}{6m^2} \left( \sec^2 \alpha' + \frac{5}{4} \sec^2 \beta' \right) \sum_0^m r + \left( \frac{2m+1}{3n'} + \frac{5}{6} \frac{m}{n'} \sec^2 \delta' \right) \rho \right] l.$$

Aus Tabelle Nr. 12 ergibt sich, dass man  $E = 2000$  Tonnen nehmen darf, daher in Tabelle Nr. 30 auf Grund der theoretischen Formel, wie auch auf Grund der gemachten zahlreichen Beobachtungsergebnisse für die einzelnen Systeme, der zu erwartende Werth der elastischen Einsenkung für verschiedene Systeme zusammengestellt wurden; in Tabelle Nr. 31 sind sowohl die Einsenkungen für einzelne Fälle für die Verkehrslast, als

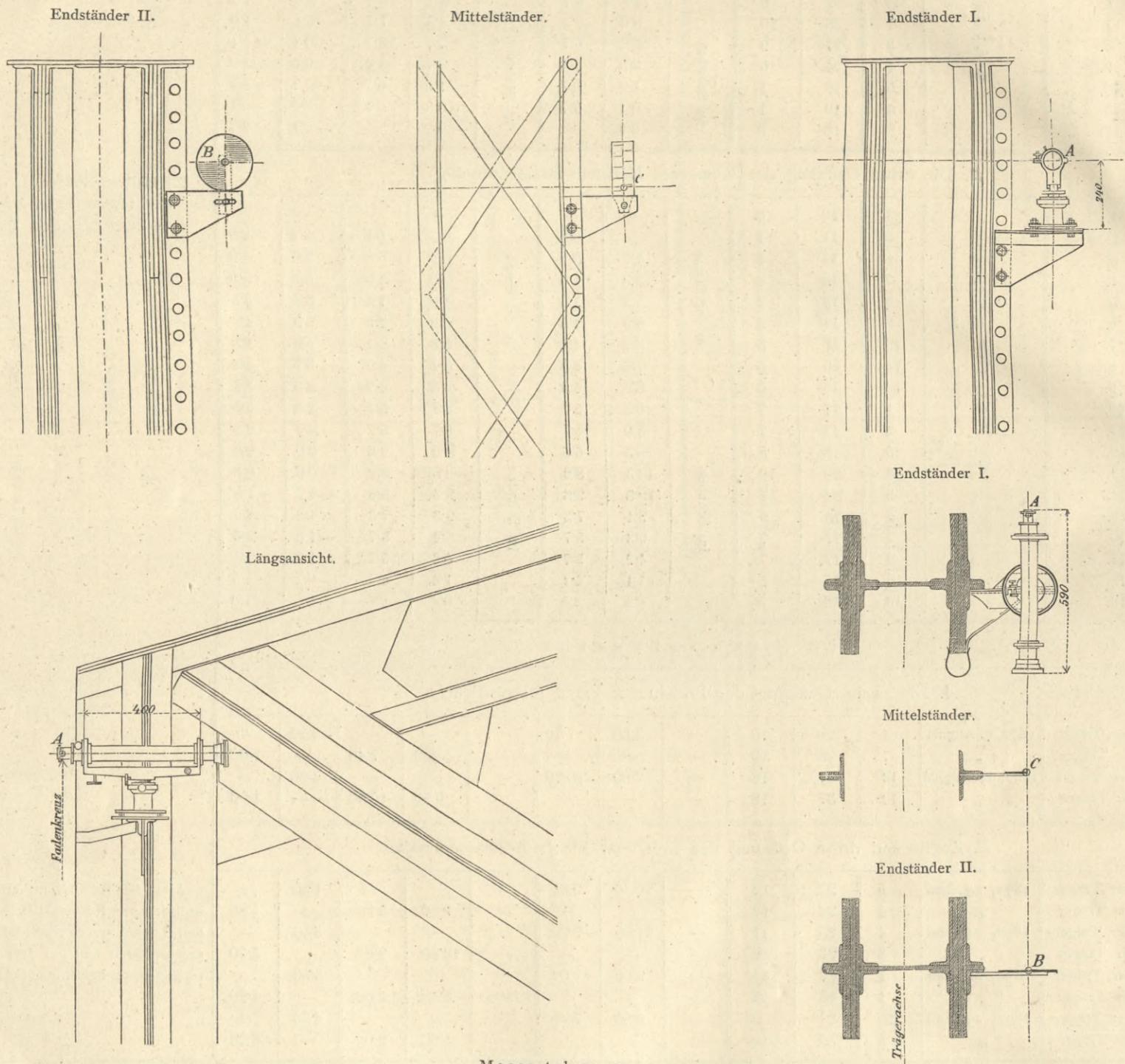
ruhend festgesetzt. Könnte man diesen Werth unabhängig von dem Temperatur-Einfluss genau beobachten, so hätte man ein Mittel aus periodischen Beobachtungen, wenn ein Fortschreiten der Einsenkung merklich sein würde, auf den Gütezustand der Konstruktion einigermaßen schliessen zu können.

IV. Die Temperatur-Einflüsse.

Hätte man ein einfaches Mittel, die Temperatur der beiden Gurtungen zu messen, so könnte man die zu erwartende Hebung berechnen, da dies aber sehr schwierig, hat es der Verfasser versucht, die Lufttemperatur-Differenzen zu benützen.

Figur 18.

VORRICHTUNG ZUR BEOBACHTUNG DER EISENKUNGEN MIT DEM FERNROHRE.



Maassstab 1 : 20.

auch das Eigengewicht für Bahn- und Strassenbrücken aufgestellt worden, bemerkend, dass hiezu die thatsächlichen Resultate der Tabellen Nr. 23 bis 25 benützt wurden. Die in den Tabellen Nr. 23 bis 26, 27 und 28 enthaltenen Einsenkungsergebnisse sind Mittelwerthe der beiden Träger.

Für die Vollwandträger gilt die bekannte Formel:  
 $y' = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^2}{E \mathcal{F}_r}$ , da nun  $\mathcal{F}_r = \frac{f h^2}{2} = \frac{h \cdot q \cdot l^2}{16 \rho}$ , wird  $y' = \frac{5}{24} \cdot \frac{\rho}{E} \cdot n \cdot l$ .

Bei den durchlaufenden Trägern kann man leicht ähnliche Formeln ableiten, aber es dürfte genügen, auch hier die obigen Formeln zu benützen, nur müsste man statt  $l$ , die in Tabelle Nr. 16 bestimmte Entfernung ( $x$ ) einsetzen, um annähernd richtige Resultate zu erhalten.

III. Die bleibende Einsenkung.

Die bleibende Einsenkung entzieht sich der theoretischen Berechnung und ist deren zulässige Grenze auf Erfahrung be-

Ist vor Sonnenaufgang die Lufttemperatur  $t_1$  und zu einer bestimmten späteren Stunde  $t_2$ , so haben Beobachtungen gezeigt, dass der Obergurt um  $t_1 - t_2 = t$  wärmer sein wird, ist  $w$  der Ausdehnungskoeffizient des Materials, so ist die spezifische Längenänderung  $\Delta \lambda = w \cdot t \cdot E$ , damit ist aber auch eine Spannungsänderung verbunden, so dass andererseits  $\Delta \lambda = \frac{\rho_t}{E}$ , wenn  $\rho_t$  die durch die Temperatur-Differenz hervorgerufene Inanspruchnahme ist, somit findet sich  $\rho_t = w \cdot t \cdot E$ , demnach die Hebung des Obergurtes

$$y_t = \frac{\rho_t}{E} \cdot \frac{n'}{6m^2} \sec^2 \alpha_1 \sum_0^m r \cdot l = w \cdot \frac{n'}{6m^2} \sec^2 \alpha_1 \sum_0^m r \cdot t \cdot l,$$

wonach in Tabelle Nr. 30 die Formeln aufgestellt wurden. Da aber ausser der Temperatur-Differenz auch die Stellung der Wolken, Wind u. s. w. von Einfluss, werden auch diese so erhaltenen Resultate nicht ganz mit den beobachteten übereinstimmen, wie dies aus Tabelle Nr. 32 ersichtlich ist.

#### V. Die Beobachtung der Probelastungsergebnisse.

Zur Beobachtung der Probelastungsergebnisse sind vielfache mehr minder gelungene Apparate konstruiert worden, die aber alle nur für die Betrachtung eines Punktes mit Vortheil zu verwenden sind und sich in zwei Hauptgruppen theilen lassen.

In die erste Gruppe gehören alle älteren Apparate, die theils einfache, oder mit Federn oder Uhrwerken versehene Schieber oder Schreibapparate waren, bei denen man überall ein von der Brücke unabhängiges Gerüst als Fixpunkt benötigt, was oft mit bedeutenden Kosten verbunden, oder gar nicht durchführbar ist.

Um diesem Uebelstande abzuweichen, verfiel man auf die Idee, für die Schreibapparate verschiedener Konstruktion durch ein an einem zu spannenden Drahte zu befestigendes Gewicht, einen, leider nicht ganz zuverlässigen Fixpunkt zu schaffen.

Ausnahmsweise hat man auch gewöhnliche Nivellement-Instrumente benützt, welche aber in jeder Hinsicht ungenaue Resultate gaben. Zimmermann \*) liess von Sprenger ein Nivellir-Instrument konstruieren, das drei Okulare mit verschiedener

\*) »Zentralblatt für Bauverwaltung«, 1889.

Vergrosserung besitzt, das also ebenso für kurze wie lange Distanzen zu benützen war. Der Verfasser fand es am einfachsten, ein solches Fernrohr an das eine Ende der Konstruktion, eine Zielscheibe an das andere Ende zu geben, und so eine Visirlinie für alle Zwischenpunkte zu erhalten. In Fig. 18 ist die ganze Anordnung dargestellt und daraus ersichtlich, dass man leicht alle Knotenpunkte beobachten kann, und man lediglich die Einsenkungen der Konstruktion erhält. Das Fernrohr kann von 4 bis 100 Meter Distanz benützt werden und man kann 0.1 Mm. noch genau abschätzen; auch bei Nacht bei Beleuchtung wurde dasselbe vom Verfasser mit ebensoviel Genauigkeit benützt.

#### E. SCHLUSSWORT.

Der Verfasser war bemüht, mit vorliegender Arbeit einerseits ein in langen Zeiträumen gesammeltes Materiale weiteren Fachkreisen zugänglich zu machen, andererseits sollte der Versuch gemacht werden, für eine systematische Statistik der eisernen Brücken, als auch aller auf diese bezüglichen Daten Propaganda zu machen.

Budapest, im Jänner 1893.

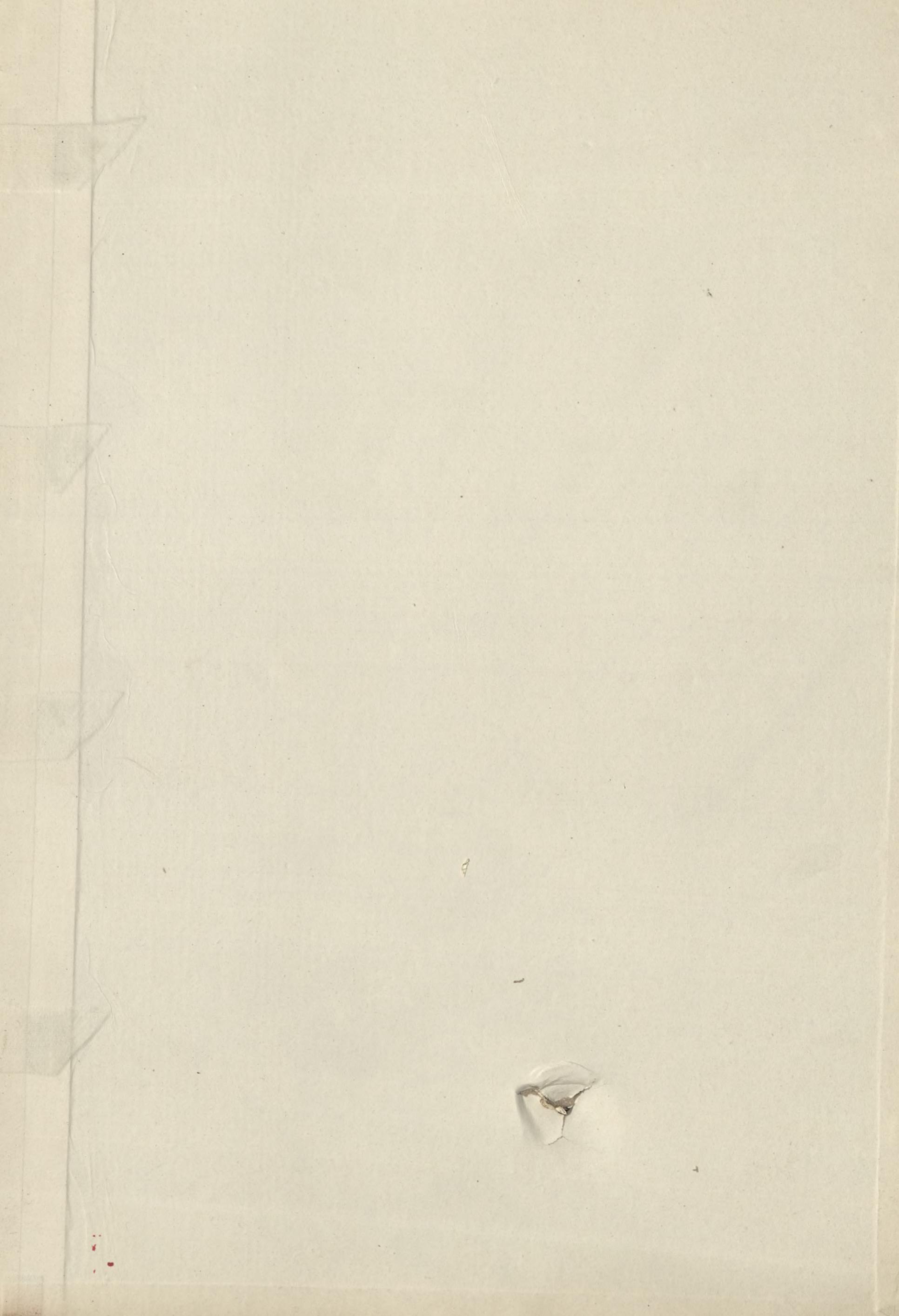






2001

S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

**IV 35141**  
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302917