



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

d) Zwei Beispiele

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

und

$$r = \sqrt{\left(\frac{7,3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25,6^2 \cdot 1200^3} - \frac{7,3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}} = 7,1 \text{ cm};$$

also ist der erstere Wert $r = 8,0 \text{ cm}$ auszuführen. Die Breite der Rollenbahn beträgt für $L = 12 \text{ m}$ nach Gleichung 278:

$$\Delta = 0,000185 \cdot 60 \cdot 1200 = 1,33 \text{ cm}.$$

Zur Erzielung kleinerer Rollenhalbmesser empfiehlt sich die Verwendung von Gußstahl statt Gußeisen für die beiden die Rolle einschließenden Platten.

d) Beispiele.

Die Anwendung der im vorstehenden für Träger entwickelten Grundätze und aufgestellten Gleichungen soll nachstehend durch zwei Beispiele erläutert werden.

Beispiel 1. Vor einem öffentlichen Gebäude soll der Bürgersteig so überdacht werden, daß die vor dem Bordsteine haltenden Wagen im Schutze gegen den Regen erreicht werden können. Die allgemeine Anordnung zeigt Fig. 631; die Säulen stehen je vor der zweiten Gebäudeachse in Teilungen von $9,0 \text{ m}$; zwischen je 2 Säulen kommen in die Drittelteilpunkte 2 Pfettenträger aus geknickten I-Eisen zu liegen, welche gegen die Säulen durch thunlichst leichte Gitterträger abzufangen sind. Gleiche Pfettenträger liegen gerade über den Säulen (Fig. 632).

Die Eindeckung mit Glas wiegt für 1 qm Grundfläche 50 kg ; die Eisenteile wiegen 20 kg ; Schnee lastet auf 1 qm Grundfläche mit 75 kg , und der lotrechte Winddruck beträgt 55 kg ; die Lastsumme für 1 qm ist hiernach 200 kg .

α) Berechnung des Pfettenträgers. Ein solcher unterstützt $3,00 \text{ m}$ Länge des Daches. Somit ist (Fig. 631)

$$P_2 = 3 \cdot 1,8 \cdot 200 = 1080 \text{ kg}$$

für volle Last, und das größte Moment über dem Längsträger $1080 \cdot \frac{180}{2} = 97200 \text{ cmkg}$.

Das größte Moment zwischen Wand und Träger tritt ein, wenn der überkragende Teil unbelastet ist. Alsdann ist

$$P_2 = 3 \cdot 1,8 (50 + 20) = 378 \text{ kg},$$

und

$$P_1 = 4,7 \cdot 3 \cdot 200 = 2820 \text{ kg};$$

folglich der Auflagerdruck $B = \frac{2820 \cdot 470}{2 \cdot 470} - \frac{378 \cdot 180}{2 \cdot 470} = 1338 \text{ kg}$. Im Abstände x von der Wand ist das Moment

$$M_x = 1338x - \frac{3 \cdot 0,01 \cdot 200x^2}{2};$$

die Abscisse des größten Momentes folgt also aus

$$0 = 1338 - 3 \cdot 0,01 \cdot 200x \text{ mit } x = 223 \text{ cm},$$

und das größte Moment ist

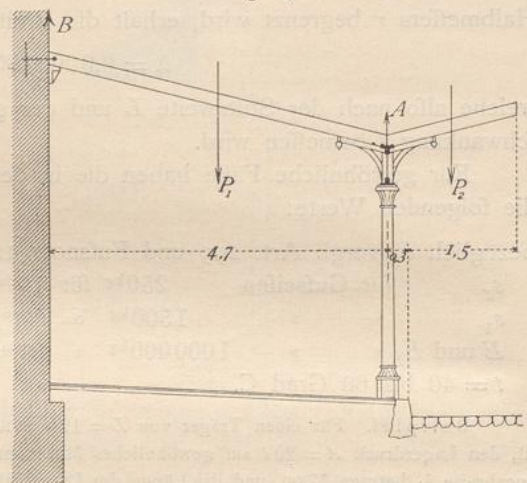
$$M_{max} = 1338 \cdot 223 - \frac{3 \cdot 0,01 \cdot 200 \cdot 223^2}{2} = 149187 \text{ cmkg}.$$

Nach letzterem Moment ist der Pfettenträger zu bemessen; seine zu große Stärke über dem Längsträger ist erwünscht, weil er hier durch das Biegen geschwächt wird. Bei 1000 kg Spannung für 1 qcm muß das Widerstandsmoment $\frac{149187}{1000} = \infty 150$ sein; somit ist das Normal-I-Eisen Nr. 18 zu wählen.

β) Berechnung des Gitterträgers. Die Last, welche von einem Pfettenträger übertragen wird, ist bei ganz voller Belastung nach Fig. 631

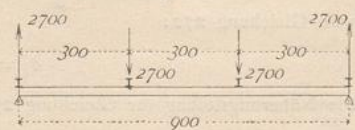
$$A = \frac{3 \cdot 1,8 \cdot 200 \left(470 + \frac{180}{2}\right) + 3 \cdot 4,7 \cdot 200 \cdot \frac{470}{2}}{470} = 2700 \text{ kg}.$$

Fig. 631.



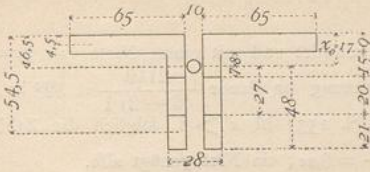
1/100 w. Gr.

Fig. 632.



333.
Vordach
mit Gitter-
trägern.

Fig. 633.



Aus dem in Fig. 632 dargestellten Lastzustande ergibt sich ein zwischen den beiden mittleren Pfettenträgern unveränderliches größtes Biegemoment von $2700 \cdot 300 = 810000$ cmkg. Aeusserer Verhältnisse halber mag die Trägerhöhe auf ungefähr 50 cm festgesetzt werden; die Schwerpunkte der aus je 2 Winkel-eisen zu bildenden Gurtungen werden dann rund 44 cm voneinander liegen, und bei 1000 kg Beanspruchung ist nach Gleichung 254 (S. 258) der Gurtungsquerschnitt

$$f = \frac{M}{s \cdot h} = \frac{810000}{1000 \cdot 44} = \infty 18 \text{ qcm.}$$

Für jedes der zwei Winkel-eisen kommen bei 2 cm Nietdurchmesser und rund 1 cm Schenkeldicke 2 qcm in Abzug (Fig. 633); jeder Winkel muſs also $\frac{18}{2} + 2 = 11$ qcm Nettoquerschnitt haben, und daher wird das Winkel-eisen $6,5 \times 6,5 \times 0,9$ mit $f = 10,89$ qcm gewählt.

Die Niete in diesem Winkel-eisen sind behufs freier Ausbildung der Köpfe nach Fig. 633 anzuordnen; demnach ergibt sich der Abstand des Gurtungsschwerpunktes von der Aufsenkante nach Fig. 633 mit

$$x_0 = \frac{2 \cdot 65 \cdot 9 \cdot 4,5 + 2 \cdot 15 \cdot 9 \cdot 16,5 + 2 \cdot 21 \cdot 9 \cdot 54,5}{2 \cdot 65 \cdot 9 + 2 \cdot 15 \cdot 9 + 2 \cdot 21 \cdot 9} = 16,6 = \infty 17 \text{ mm.}$$

Die Trägerhöhe muſs also genauer auf $44 + 2 \cdot 1,7 = 47,4$ cm oder rund 48 cm bemessen werden.

γ) Unterfuchung der oberen Gurtung auf Zerknicken. Die auf die Gurtung wirkende Druckkraft D folgt aus der Division des Schwerpunktabstandes $48 - 2 \cdot 1,7 = 44,6$ cm in das Moment mit $D = \frac{810000}{44,6} = 18164$ kg.

Zu unterfuchen ist:

a) Ob die Gurtung für ihre lotrechte Mittelachse zwischen zwei der I-Sparren steif genug ist? Nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206 ergibt sich

$$\mathcal{I} = 2f \cdot 0,0946 \cdot 6,5^2 + 2f(0,5 + 0,287 \cdot 6,5)^2$$

und für $f = 10,89$ qcm

$$\mathcal{I} = 209 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Wird an den Enden Einspannung angenommen (Fall IV, S. 200; $C = 40$) und 5fache Sicherheit verlangt, so ist bei 300 cm Länge die zulässige Zerknickungslast nach Gleichung 187 (S. 205)

$$P = \frac{40 \cdot 2000000 \cdot 209}{5 \cdot 300^2} = 37155 \text{ kg,}$$

also doppelt so groſs wie nötig.

b) Wie viele Gitterknoten zwischen zwei Sparren liegen müſsen, damit die Gurtung nicht lotrecht einknickt?

Nach Nr. 8 der Zusammenstellung auf S. 206 ist

$$\mathcal{I}_{\min} = 2 \cdot 10,89 \cdot 6,5^2 \cdot 0,0946 = 87;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{1 \cdot 2000000 \cdot 87}} = 2,18 = \infty 3.$$

Hiernach brauchen also nur zwei Gitterknoten oder drei Felder zwischen zwei Sparren zu liegen.

c) Wie viele Gitterknoten zwischen zwei Sparren liegen müſsen, damit das einzelne Winkel-eisen nicht unter der halben Last zerknickt?

Nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206 ist

$$i = 10,89 \cdot 6,5^2 \cdot 0,0381 = 17,5;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{2 \cdot 2000000 \cdot 17,5}} = 3,14 = \infty 4.$$

Hiernach müſste der Gitterträger zwischen zwei Sparren je vier Felder erhalten; damit die Gitterstäbe nicht zu flach zu liegen kommen, sind in Fig. 634 deren sechs angeordnet.

δ) Berechnung der Gitterstäbe. Im Gitterträger ist die größte Querkraft in den beiden Endfeldern gleich 2700 kg und im Mittelfelde gleich Null; sie verteilt sich auf je 2 Gitterstäbe, von denen die vom Auflager nach der Mitte steigenden gedrückt, die anderen gezogen werden. Die theoretische Länge

des Stabes ist gleich $\sqrt{41,6^2 + 50^2} = \approx 65,1$ cm. Für einen Gitterstab folgt die Spannung P demnach aus der Proportion $P: \frac{2700}{2} = 65,1 : 41,6$ mit $P = 2110$ kg.

Werden die gezogenen Stäbe aus Bandeifen von 6×1 cm gebildet und mit einem Niete von 2 cm Durchmesser im Schlitz der Gurtungen befestigt, so ist die Spannung im Bande $\frac{2110}{(6-2)1} = 528$ kg. Die Anschlusniete sind zweifach, und nach Gleichung 115 (S. 153) ist $d > \delta$, folglich die Zahl der Anschlusniete (bei $s'' = 1100$ kg für 1 qcm) $n = \frac{2110}{2 \cdot 1 \cdot 1100} = 0,96$; ein Niet genügt also.

Die gedrückten Stäbe sollen aus zwei derartigen Bandeifen hergestellt werden, welche feitlich an den Winkleisen der Gurtungen mit denselben Nietten wie die gezogenen Stäbe zu befestigen sind. Eine Ueberbeanspruchung der so verlängerten Niete entsteht nicht, weil man die äußeren Schaftteile als be-

Fig. 634.

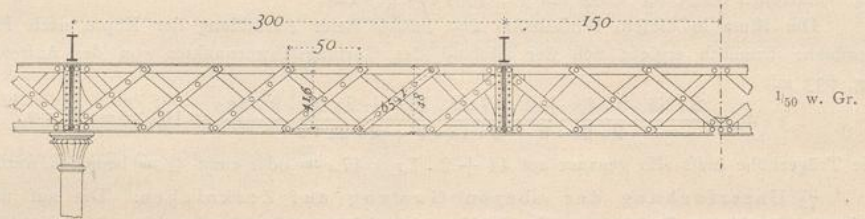


Fig. 636.

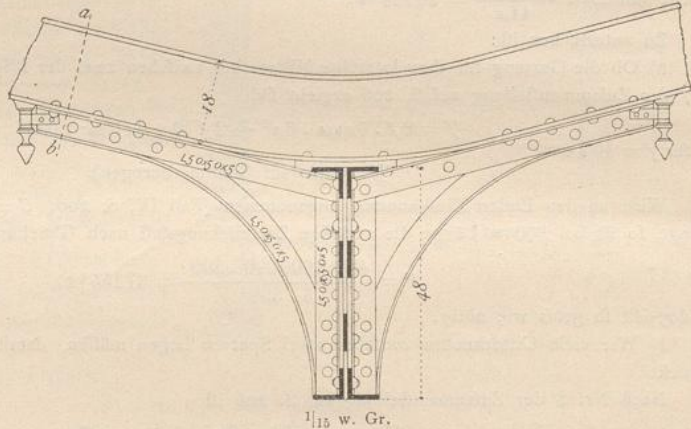


Fig. 635.



Schnitt *a b*
in Fig. 636.
1,15 w. Gr.

sondere Niete auffassen kann und die größte Beanspruchung aus den gezogenen Stäben in der Lochwandung des Bandes, nicht in der Gurtung liegt. Diese doppelten Druckstäbe sind auf Zerknicken für die freie Länge von 65,1 cm zu berechnen; sie werden durch Stehniete abgesteift.

Nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 müsste der Abstand der Bandmitten voneinander $6 \cdot 0,577 = 3,46$ cm betragen, wenn die beiden Hauptträgheitsmomente gleich werden sollten; tatsächlich beträgt $b = 1 + 2 \cdot 0,9 + 2 \cdot 0,5 = 3,8$ cm; somit ist das Trägheitsmoment der Achse I als das kleinere in Rechnung zu stellen. Nach Gleichung 189 und Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 ist die zulässige Zerknickungslast des ganzen Stabes

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 0,0833 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6^2}{5 \cdot 65,1^2} = 34000 \text{ kg}$$

bei ($m =$) 5facher Sicherheit und Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205; $C = 10$). Die ganzen Stäbe sind also viel zu stark.

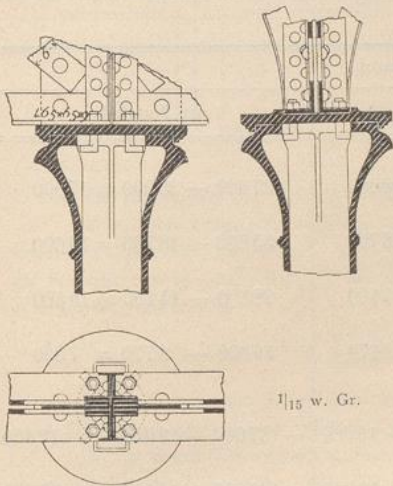
Für die einzelne Hälfte ist $i = \frac{6 \cdot 1^3}{12} = 0,5$ und $n = 2$; also nach Gleichung 194

$$N = \frac{65,1}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 2110}{2 \cdot 2000000 \cdot 0,5}} = 1,504 = \approx 3,$$

Somit müßten¹⁴⁸⁾ 3 Stehniete in die ungeraden Sechstel der Länge gefetzt werden; da aber jedenfalls ein solcher in die Ueberkreuzung der Stäbe kommt, so sind noch zwei in die Mitten der Hälften jedes Stabes nach Fig. 634 zu fetzen. Im Mittelfelde, wo Querkraft in geringem Mafse nur bei schiefer Last auftritt, können diese Niete fehlen.

Unter den Sparren und über den Säulen erhält der Träger (Fig. 634) jedesmal zur Verteilung der Last nach oben und unten eine kräftige lotrechte Steife aus Blechwand und 4 Winkeleisen von $50 \times 50 \times 5$ cm. Ueber den Säulen sind die Träger voneinander getrennt; die einzige Verbindung besteht in der Vernietung oder Verschraubung der abstehenden Schenkel der zur Absteifung dienenden Winkeleisen, und diese ist nachgiebig genug, um die höchstens 3 mm betragende Längenänderung unter Wärmefchwankungen zuzulassen. In den Knotenpunkten unter dem Sparren schliesfen die doppelten Stäbe an die Knotenbleche an, müßen also von 3,5 cm auf 1 cm Zwischenraum zusammengezogen werden.

Fig. 637.



1/15 w. Gr.

Uebrigens ist in Fig. 634 und in Fig. 635 bis 637 dargestellt, wie die Sparren durch Kragstücke gegen den Gitterträger abgesteift werden, und wie letzterer auf den Säulen zu lagern und zu befestigen ist.

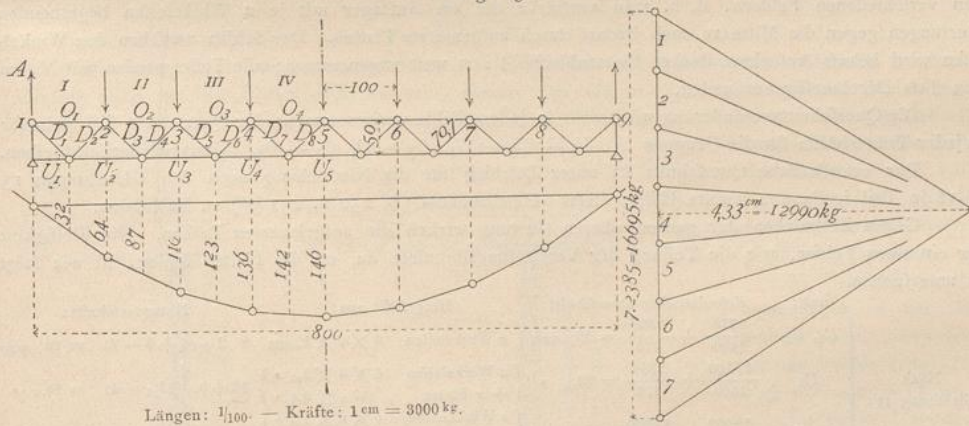
Beispiel 2. Im oberen Geschoße eines langgestreckten Gebäudes soll ein Tanzsaal eingerichtet werden. Die Tiefe beträgt nahezu 8 m, so daß der Tiefe nach keine Balken gelegt werden können; sie sollen vielmehr in 1,00 m Teilung der Länge nach liegen und in der 4,50 m betragenden Achsfenteilung des Gebäudes durch eiserne Netzwerkträger unterfützt werden.

Das Quadr.-Meter der Decke mit halbem Windelboden wiegt 280 kg und wird mit 250 kg belastet. Das lauf. Centimeter eines Balkens trägt sonach $1 \cdot 0,01 (280 + 250) = 5,3$ kg; das größte Moment zwischen zwei Unterzügen ist

$$\frac{5,3 \cdot 450^2}{8} = \frac{80 b h^2}{6};$$

folglich muß die Balkenhöhe bei 80 kg Spannung und einer Balkenbreite $b = 18$ cm $h = 23,5$ cm sein.

Fig. 638.



Längen: 1/100. — Kräfte: 1 cm = 3000 kg.

Die ganze Belastung auf einem Knotenpunkte des Unterzuges beträgt:

an Eigengewicht	$1 \cdot 4,5 \cdot 280 = 1260$ kg,
» Nutzlast	$1 \cdot 4,5 \cdot 250 = 1125$ »
	zusammen 2385 kg.

¹⁴⁸⁾ Nach Gleichung 110, S. 299 (2. Aufl.: Art. 120, S. 101; 3. Aufl.: Art. 136, S. 126) und Fig. 129 (2. Aufl.: Fig. 123; 3. Aufl.: Fig. 144) ebendaf.

334.
Netzwerk-
träger
als
Unterzug.

α) Gurtungen. Die Momente, welche für volle Belaftung am größten werden, sind in Fig. 638¹⁴⁹⁾ ermittelt. Es wird angenommen, daß die Gurtungsschwerlinie in der Nietteilungslinie liegt; da sie tatsächlich etwas außerhalb liegen wird, so liefert die Rechnung etwas zu sichere Ergebnisse. Die Nietteilungslinien werden um die theoretische Trägerhöhe gleich 50 cm voneinander entfernt gelegt, so daß die beiden Stäbe jedes Feldes unter 45 Grad zu stehen kommen.

Die vom Eigengewichte herrührenden Spannkraften verhalten sich zu den Gesamtspannkraften wie $\frac{280}{530}$. Die Spannkraften in den Gurtungen erhält man durch Division des Moments durch die Trägerhöhe; hiernach ergeben sich die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Stabspannungen in der unteren, bezw. oberen Gurtung.

		Spannkraften durch		
		die Gesamtbelaftung	das Eigengewicht	die Nutzlast
Untere Gurtung	$U_5 =$	$+\frac{12990 \cdot 146}{50} = + 37900$	$37900 \frac{280}{530} = 20000$	$37900 - 20000 = 17900$
	$U_4 =$	$+\frac{12990 \cdot 136}{50} = + 35300$	$35300 \frac{280}{530} = 18700$	$35300 - 18700 = 16600$
	$U_3 =$	$+\frac{12990 \cdot 110}{50} = + 28600$	$28600 \frac{280}{530} = 15100$	$28600 - 15100 = 13500$
	$U_2 =$	$+\frac{12990 \cdot 64}{50} = + 16600$	$16600 \frac{280}{530} = 8770$	$16600 - 8770 = 7830$
	$U_1 =$	0		
Obere Gurtung	$O_4 =$	$-\frac{12990 \cdot 142}{50} = - 37000$	$- 37000 \frac{280}{530} = - 19600$	$-(37000 - 19600) = - 17400$
	$O_3 =$	$-\frac{12990 \cdot 123}{50} = - 32000$	$- 32000 \frac{280}{530} = - 16900$	$-(32000 - 16900) = - 15100$
	$O_2 =$	$-\frac{12990 \cdot 87}{50} = - 22700$	$- 22700 \frac{280}{530} = - 12000$	$-(22700 - 12000) = - 10700$
	$O_1 =$	$-\frac{12990 \cdot 32}{50} = - 8300$	$- 8300 \frac{280}{530} = - 4300$	$-(8300 - 4300) = - 4000$

Bei diesen stark verschiedenen Spannungen empfiehlt sich eine Veränderung des Querschnittes in den verschiedenen Feldern, d. h. man verstärke die am Auflager mit je 2 Winkelleisen beginnenden Gurtungen gegen die Mitte zu nach Bedarf durch aufgenietete Platten. Der Schlitz zwischen den Winkelleisen wird behufs Aufnahme starker Knotenbleche 1,5 cm weit angenommen; alle Teile werden mit Nietten von 2 cm Durchmesser verbunden.

Die Querschnittsveränderung wird nicht in jedem Felde vorgenommen; der Querschnitt soll vielmehr in jeder Trägerhälfte für die Gruppen $U_1, U_2 - U_3 - U_4, U_5 - O_1, O_2 - O_3, O_4$ unveränderlich bleiben.

Der erforderliche Querschnitt ist unter Zuschlag für die Nietlochung nach den Gleichungen 15 u. 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (S. 250 u. 251¹⁵⁰⁾ zu berechnen.

Gegen Zerknicken der ganzen oberen Gurtung wirken die aufgelagerten Balken. Die Steifigkeit der einzelnen Felder, wie die Teilung der Verbindungsstehtiete da, wo die Platten fehlen, ist wie folgt zu untersuchen.

	Stab:	Erforderlicher Querschnitt:	Hergestellt aus:	Nutzquerschnitt:
Nach Gleichung 15:	U_1, U_2	$\frac{8770}{1400} + \frac{7830}{770} = 16,5 \text{ qcm}$	2 Winkelleisen $6 \times 6 \times 1,0 \text{ cm}$	$2 \cdot 1,0 (6 + 5 - 2) = 18 \text{ qcm}$
	U_3	$\frac{15100}{1400} + \frac{1350}{770} = 28,4$	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleisen } 6 \times 6 \times 1,0 \text{ " } \\ + 1 \text{ Platte } 17,5 \times 0,8 \text{ " } \end{array} \right\}$	$18 + 0,8 (17,5 - 4) = 28,8$
	U_4, U_5	$\frac{20000}{1400} + \frac{17900}{770} = 37,5$	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleisen } 6 \times 6 \times 1,0 \text{ " } \\ + 1 \text{ Platte } 17,5 \times 0,8 \text{ " } \\ + 1 \text{ Platte } 17,5 \times 0,6 \text{ " } \end{array} \right\}$	$28,8 + 0,6 (17,5 - 4) = 36,9$
Nach Gleichung 18:	O_1, O_2	$\frac{12000}{1200} + \frac{10700}{720} = 25$	2 Winkelleisen $7,5 \times 7,5 \times 1,0$	$2 \cdot 1 (7,5 + 6,5 - 2) = 24$
	O_3, O_4	$\frac{19600}{1200} + \frac{17400}{720} = 40,5$	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleisen } 7,5 \times 7,5 \times 1,0 \text{ " } \\ + 1 \text{ Platte } 20,5 \times 1,0 \text{ " } \end{array} \right\}$	$24 + 1 (20,5 - 4) = 40,5$

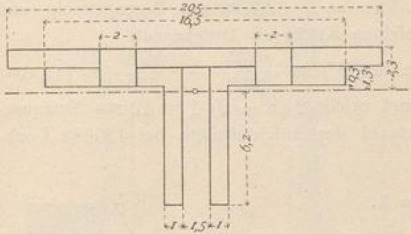
¹⁴⁹⁾ Nach: Art. 361, S. 324 (2. Aufl.: Art. 152, S. 131; 3. Aufl.: Art. 154, S. 147).

¹⁵⁰⁾ 2. Aufl.: Art. 77, S. 51; 3. Aufl.: Art. 83, S. 60.

Die ungünstigsten Felder sind O_4 und O_2 . In O_4 (Fig. 639) liegt der Schwerpunkt 2,3 cm unter Oberkante, und das kleinste Trägheitsmoment ist

$$J_{min} = (20,5 - 4) \frac{2,3^3 - 1,3^3}{3} + (16,5 - 4 - 1,5) \frac{1,3^3 - 0,3^3}{3} + 2 \frac{0,3^3 + 6,2^3}{3} = 221.$$

Fig. 639.



Das notwendige Trägheitsmoment ist bei $m = 5$ facher Sicherheit¹⁵¹⁾ nach Gleichung 193 (S. 213) $J = \frac{5 P l^2}{E \pi^2}$. Nun ist

$$l = 100 \text{ cm und } P = 37000 \text{ kg,}$$

$$\text{also } J = \frac{5 \cdot 37000 \cdot 100^2}{2000000 \cdot \pi^2} = 93,7.$$

Der Querschnitt, welcher auf Druck eben genügt, ist also gegen Zerknicken reichlich steif. Er kann als einheitlicher Querschnitt angesehen werden, da die Platte die Winkel Eisen verbindet; die Heftniete sind in einer Teilung von 5 Durchmessern gleich 10 cm angenommen,

so daß die Halbierung der Teilung für die Abflußniete eben noch möglich ist.

In O_2 muß untersucht werden, wie oft die einzelnen Winkel Eisen zu verbinden sind. Für das einzelne L-Eisen von $7,5 \times 7,5 \times 1$ cm Querschnitt ist $f = 14$ qcm und nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206: $i = 14 \cdot 7,5^2 \cdot 0,0331 = 30$ und, mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213), $P = 22700$, $n = 2$, $L = 100$ cm, und $s = 5$,

$$N = \frac{100}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 22700}{2 \cdot 2000000 \cdot 30}} = 0,98 = \sim 1,0.$$

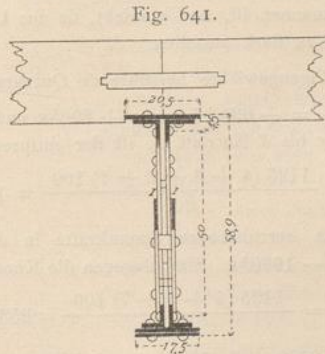
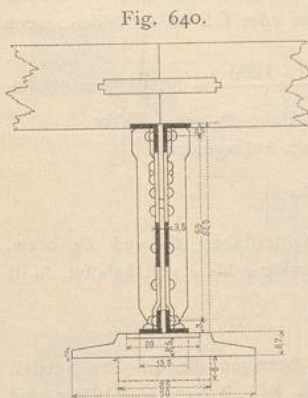
Demnach brauchen die Winkel im Felde überhaupt nicht verbunden zu werden; gleichwohl sind zwei Stehniete eingesetzt, um möglichst gute Verteilung der Spannung auf beide Winkel zu sichern.

Die in einem Knotenpunkte neu beginnende Platte muß über diesen Punkt hinaus nach dem Auflager nur so weit hinausragen, daß die ihrem Querschnitte entsprechende Zahl von Anschlußnieten außerhalb des Knotenpunktes Platz findet.

Die Spannkraft im Stabe O_3 der oberen Gurtung ist gleich -32300 kg und der ganze Querschnitt gleich 40,5 qcm; fonach hat 1 qcm: $\frac{32300}{40,5} = 800$ kg zu tragen. Die von der Platte aufzunehmende Kraft ist $(20,5 - 4) \cdot 800 = 13200$ kg; die Anschlußniete sind einschneittig, der Nietdurchmesser d gleich der doppelten Blechdicke δ ($d = 2\delta$); fonach beträgt die Zahl der Nieten nach Art. 208 (S. 152, Gleichung 113), wenn 700 kg für 1 qcm als zulässige Scherbeanspruchung der Niete angenommen werden,

$$n = \frac{13200 \cdot 4}{2^2 \pi \cdot 700} = 6 \text{ Niete.}$$

Da stets 2 Niete nebeneinander sitzen, so müssen hiernach 3 Nietenreihen außerhalb des Knotenpunktes $O_2 O_3$ in der Platte enthalten sein, woraus sich die in Fig. 622 dargestellte Anordnung ergibt. Die Ungleichmäßigkeit, welche aus dem Zufügen der Platte für die Balkenlagerung entsteht, wird durch Ausschneiden der Balken ausgeglichen (Fig. 640 u. 641).



Die Ungleichmäßigkeit, welche aus dem Zufügen der Platte für die Balkenlagerung entsteht, wird durch Ausschneiden der Balken ausgeglichen (Fig. 640 u. 641).

β) Gitterstäbe. Die Spannungen in den Gitterstäben sollen beispielsweise für die Felder I und IV in Fig. 638 untersucht werden.

Im Felde I werden sie am ungünstigsten belastet, wenn alle Knotenpunkte 2 bis 8 Nutzlast tragen. Dann ist der Auflagerdruck für das

¹⁵¹⁾ Nach Fig. 136, S. 302 (2. Aufl.: Fig. 129, S. 104; 3. Aufl.: Fig. 150, S. 130) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses «Handbuches».

Eigengewicht

$$A = \frac{7 \cdot 1260}{2} = 4410 \text{ kg,}$$

für die Nutzlast

$$A = \frac{7 \cdot 1125}{2} = 3940 \text{ kg.}$$

Somit entstehen im Gitterstabe D_1 die Spannkraften $4410 \cdot 1,414 = +6235 \text{ kg}$ aus Eigengewicht und $3940 \cdot 1,414 = +5570 \text{ kg}$ aus der Nutzlast. In D_2 treten dieselben Kräfte als Drücke auf.

Die erforderlichen Querschnitte im Stabe D_1 ergeben sich¹⁵²⁾ zu $\frac{6235}{1400} + \frac{5570}{770} = 11,8 \text{ qcm}$; D_1 wird daher aus 2 Flachbändern von $8 \times 1 \text{ cm}$ gebildet und erhält 2 $(8 - 2) \cdot 1 = 12 \text{ qcm}$ Nutzquerschnitt. Nach Art. 208 (Gleichung 115, S. 153) wird die Anzahl der Anschlußniete bei 1300 kg Lochlaibungsdruck im $1,5 \text{ cm}$ starken Knotenbleche

$$n = \frac{6235 + 5570}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 3.$$

Für den Stab D_2 ist der erforderliche Querschnitt¹⁵³⁾ $\frac{6235}{1200} + \frac{5570}{720} = 13 \text{ qcm}$; die auf die Gurtungswinkel zu nietenden Flacheisenstäbe erhalten demnach $8,5 \text{ cm}$ Breite. Die Länge beträgt $50 \cdot 1,414 = 70,7 \text{ cm}$.

Die Entfernung zwischen den Mitten der Bänder ist mit Rücksicht auf die auf die Knotenbleche gelegten Füllstücke von 1 cm Dicke $b = 1,5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5 = 4,5 \text{ cm}$. Sollte der Stab nach beiden Richtungen gleich steif sein, so müßte nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206: $b = 0,577 \cdot 8,5 = 4,9 \text{ cm}$ sein; das kleinere Trägheitsmoment ist also dasjenige für Achse II, und zwar ist es

$$\mathcal{I} = 2 \cdot 8,5 \cdot 4,5^2 \cdot 0,25 = 86.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment ist nach Gleichung 193 (S. 213) für Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205: $C = 10$)

$$\mathcal{I} = \frac{11805 \cdot 5 \cdot 70,7^2}{10 \cdot 2000000} = 14,8;$$

demnach reicht der doppelte Flacheisenstab aus.

Für das einzelne Flacheisen ist mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213): $i = \frac{8,5 \cdot 1^3}{12} = 0,7$, $n = 2$, $m = 5$ und $l = 70,7$; also

$$N = \frac{70,7}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 11805}{2 \cdot 2000000 \cdot 0,7}} = 3,27 \approx 2;$$

Somit sind 4 Stehnie in die ungeraden Achtel der Länge zu setzen, welche zum Teile in die Knotenbleche fallen.

Es ist jedoch zu betonen, daß diese Aussteifung zweier Flacheisen durch Stehnie immer unvollkommen bleibt, weil ein Stehniet bei leicht eintretenden Ausführungsfehlern gar nicht, sonst unvollkommen geeignet ist, die Bänder in der Verbindungsstelle in ihrer Richtung festzuhalten. Dies ist einer der wichtigsten Gründe, wegen deren man bei allen etwas größeren Trägern von der Bildung der Druckstrahlen aus Flacheisen zurückgekommen ist, und vorzieht, sie aus L-Eisen oder E-Eisen zu bilden, wenn die Querschnitte dabei auch etwas zu stark ausfallen.

Im Felde IV ist die vom Eigengewichte herrührende Querkraft $\frac{7 \cdot 1260}{2} = 3 \cdot 1260 = 630 \text{ kg}$; daher die Spannkraft im Stabe $D_7 = +630 \cdot 1,414 = +890 \text{ kg}$ und im Stabe $D_8 = -890 \text{ kg}$.

Tragen die Knotenpunkte 5 bis 8 Nutzlast, so ist der entsprechende Auflagerdruck

$$A = \frac{1125 (4 + 3 + 2 + 1) 100}{800} = 1406 \text{ kg,}$$

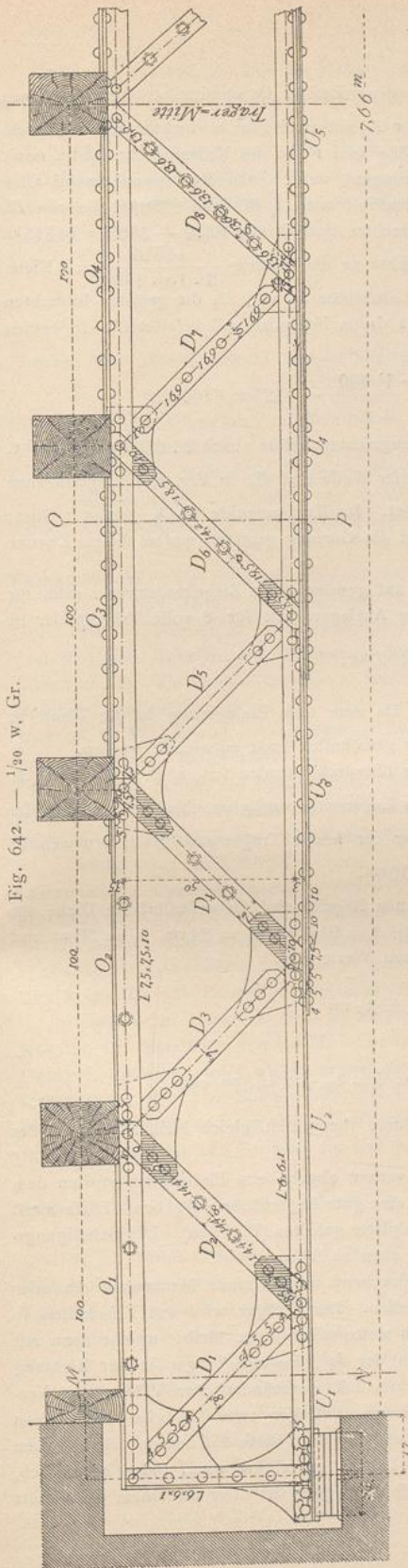
somit die aus der Nutzlast rechts herrührenden Spannkraften in den Gitterstäben D_7 und D_8 bzw. $+1406 \cdot 1,414 = +1990 \text{ kg}$ und -1990 kg . Sind dagegen die Knotenpunkte 2 bis 4 voll belastet, so ist

$$A = \frac{1125 (5 + 6 + 7) 100}{800} = 2530 \text{ kg}$$

und die Querkraft im Felde IV: $2530 - 3 \cdot 1125 = -845 \text{ kg}$; ferner betragen die aus der Nutzlast links sich ergebenden Spannkraften in den Stäben D_7 und D_8 bzw. $-845 \cdot 1,414 = -1195 \text{ kg}$ und $+1195 \text{ kg}$.

¹⁵²⁾ Nach: Gleichung 18 (S. 250) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«.

¹⁵³⁾ Nach: Gleichung 18 (S. 251) ebendaf.

Fig. 642. — $\frac{1}{30}$ w. Gr.

Sonach ist der Gitterstab D_7 nach Gleichung 21 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« zu bemessen mit

$$\frac{890}{1400} + \frac{1990}{770} + \frac{1195}{1700} = 3,9 \text{ qcm}$$

und der Querschnitt des Gitterstabes D_8 nach Gleichung 24 daselbst mit

$$\frac{890}{1200} + \frac{1990}{720} + \frac{1195}{1800} = 4,2 \text{ qcm.}$$

Hier werden also thunlichst schwache Flacheisenquerschnitte auszuführen sein, welche in den Einzelheiten nach obigem Verfahren festgestellt werden. Die Gitterstäbe erhalten die in Fig. 642 eingetragenen Abmessungen und Anschlusniete. Die Gitterstäbe sind jedoch nach der Trägermitte hin mehr und mehr zu stark bemessen, weil die theoretischen Abmessungen für die Herstellung zu gering ausfielen. Nochmals mag hier besonders hervorgehoben werden, daß die gedrückten Stäbe aus zwei Flacheisen mit Stehnieten die sorgfältigste Herstellung der Nietung verlangen. Es ist vorgekommen, daß solche Glieder infolge mangelhafter Bildung der Stehniete eingeknickt sind, weil jedes Flacheisen für sich nachgab.

Da die gedrückten Gitterstäbe nicht unmittelbar auf den Knotenblechen liegen, so müssen die in Fig. 642 durch lotrechte Schraffierung angedeuteten Füllbleche eingelegt werden.

Der Anschluß der Gitterstäbe an die Gurtungen kann nur in den seltensten Fällen mittels unmittelbarer Vernietung der Teile erfolgen, weil die Gurtungen zum Anbringen der erforderlichen Nietzahl meist nicht den nötigen Platz bieten. Alsdann ist nötig, wie hier in fast allen Knoten, Knotenbleche einzusetzen, an welche die Wandglieder mit den oben für zwei Fälle berechneten Nietzahlen angegeschlossen werden, welche nun aber anderseits mit den Gurtungen in ausreichende Verbindung gebracht werden müssen.

Die Knotenbleche übertragen auf die Gurtungen die Mittelkraft der Spankräfte aus den an sie anschließenden Paaren von Gitterstäben, und diese Mittelkräfte sind hier wegen der wagrechten Stellung der Gurtungen wagrecht; sie sind ferner gleich der Summe der lotrechten Seitenkräfte der Spankräfte in den Gitterstäben, weil von den zwei an ein Knotenblech anschließenden Stäben stets einer gedrückt, einer gezogen wird und die Neigung beider 45 Grad beträgt.

Der obere Anschluß des Gitterstabes D_1 muß im Knotenbleche 3 um den Endknoten symmetrisch geordnete Niete erhalten, weil dieses Knotenblech höchstens die größte Spankraft von D_1 zu übertragen hat und diese 3 Niete verlangte; gesetzt sind 5 Niete.

Im Knotenpunkte $U_1 U_2$ ist die größte lotrechte Seitenkraft von D_1 gleich der von D_2 , also gleich 8350 kg; die Summe der wagrechten Seitenkräfte hier nach $2 \cdot 8350 = 16700$ kg und die Zahl der zweifachschnittigen Anschlusniete für $d > \delta$ nach Art. 208 (S. 153,

Gleichung 115) $n = \frac{16700}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 5$ Niete, von denen der mittelfte D_2 unmittelbar faßt, und von denen einer wegen des Zusammentreffens mit den Stäben von D_2 mit zwei ganz verfenkten Köpfen herzustellen ist. Aus den Nietstellungen ergeben sich dann Größe und Form des Knotenbleches (Fig. 642).

Im Knotenpunkte $O_1 O_2$ wird die größte Kraft übertragen, wenn dieser Knotenpunkt nebst allen rechts davon liegenden voll belastet ist. Die lotrechte Seitenkraft von D_2 ist dann 8350 kg, die von D_3 gleich $8350 - 2385 = 5965$ kg, somit die Summe der wagrechten Seitenkräfte $8350 + 5965 = 14315$ kg und die erforderliche Zahl der Anschlusniete des Knotenbleches an die Gurtung $\frac{14315}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 4$ Niete.

Im Knotenpunkte $U_2 U_3$ haben beide anschließende Gitterstäbe D_3 und D_4 die größten lotrechten Seitenkräfte, wenn der Knotenpunkt $O_2 O_3$ nebst allen rechts davon liegenden voll belastet ist. In beiden ist die lotrechte Seitenkraft dann

$$\frac{7 \cdot 1125}{2} + 1260 \frac{(6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1) 100}{800} - 1125 = 6100 \text{ kg};$$

folglich die Summe der aus dem Knotenbleche abzugebenden wagrechten Kräfte gleich $2 \cdot 6100 = 12200$ kg, und die Zahl der Anschlusniete $\frac{12200}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 4$. In dieser Weise sind die in Fig. 642 eingetragenen Niete für die Knotenbleche für alle Knotenpunkte berechnet. Im Knotenpunkte $O_4 O_5$ genügt 1 Niet; die Gitterstäbe sind daher hier nebeneinander unmittelbar auf die Gurtung genietet, und zu diesem Zwecke aus der theoretischen Lage etwas nach oben verdreht.

γ) Auflager. Es ist angenommen, daß der Träger auf gewöhnlichem Ziegelmauerwerke ruht, für das die zulässige Pressung 8 kg für 1 qcm beträgt. Der ganze Auflagerdruck für 8 volle Trägerfelder ist

$$\frac{8}{2} (1125 + 1260) = 9540 \text{ kg},$$

die erforderliche Lagergrundfläche also $\frac{9540}{8} = 1200$ qcm. Da eine tiefe Einlagerung in die Wand in den meisten Fällen nicht zugänglich ist, so muß das Auflager gewöhnlich breit entwickelt werden.

Wäre der Raum, welcher von dem 8 m langen Träger überdeckt werden soll, z. B. 7,66 m weit, so blieben an jedem Ende $\frac{800 - 766}{2} = 17$ cm von Wand bis Lagermitte verfügbar. Nun müssen aber die Lagerchuhe von der Mauerkante entfernt bleiben, und zwar für solche Träger etwa 5 cm; demnach ist die halbe Lagerlänge 12 cm und die Lagerbreite $\frac{1200}{2 \cdot 12} = 50$ cm.

Nach den in Art. 326 (S. 261) für die Lager gegebenen Regeln wird die erforderliche Dicke der Lagerplatte, da hier in den Gleichungen 259 u. 260 (S. 263) $A = 9540$ kg, $l_1 = 24$ cm, $b_1 = 50$ cm und nach Fig. 640: $b_2 = 20$ cm zu setzen sind, gleich dem größeren Werte von

$$\delta = 0,055 \sqrt{9540 \frac{24}{50}} = 3,7 \text{ cm}$$

und

$$\delta_m = 0,055 \sqrt{9540 \frac{50 - 20}{24}} = 6,0 \text{ cm}, \quad \delta = \delta_m + 2 = 8 \text{ cm} \text{ oder}$$

abgerundet gleich 8,5 cm zu machen sein; die Randstärke könnte theoretisch gleich Null sein, wird des Guffes wegen aber gleich 2 cm (Fig. 640) gemacht.

Im Lager wird unter den Träger eine 1,5 cm starke, vorher abgehobelte Platte genietet, um dem Träger, dessen Unterfläche an sich meist nicht sehr eben ist, eine gute Lagerfläche zu geben. Diese meist etwas verbreiterte Platte wird beiderseits von Nafen der Grundplatte gehalten (Fig. 640). Die Befestigungsniete der Lagerplatte sind unten sorgfältig zu verfenken und eben zu feilen.

Die Grundplatte greift mit einem Ansatz in das entsprechend ausgestemmte Mauerwerk ein oder erhält die in Art. 327 (S. 263) erörterte Befestigung mit Dollen. Der Träger wird auf Eisenkeilen so verlegt, daß zwischen Grundplatte und Mauerwerk eine 1,5 cm weite offene Fuge bleibt, welche dann mit Zement vergossen wird. Unter Wärmeveränderungen ist dann der so gelagerte Träger in der Richtung seiner Länge verschiebbar. Soll er aber in Räumen mit ziemlich unveränderlicher Wärme zur Verankerung der Wände benutzt werden, so bohrt man in jedem Auflager zwei bis vier Löcher von etwa 2 cm Durchmesser durch die Gurtung in die Grundplatte und treibt in diese Eisendorne. Bei starken Wärmewechseln ist diese Anordnung, sobald sie in beiden Lagern ausgeführt wird, indes bedenklich, weil dadurch die Wände hin und her gerüttelt werden. Diese Festlegung ist aber an einem Ende stets nötig, da der Träger sonst von den Lagern wandern kann.

Um zu vermeiden, daß der Träger sich bei Durchbiegungen auf die Vorderkante der Lagerplatte setzt, wölbt man letztere nach Art. 326 (S. 261) in der Lagerfläche, damit der Träger vorwiegend in der Mitte aufruhet, nähert sich damit dann der in Fig. 625 u. 626 (S. 262 u. 263) dargestellten Form.

Ueber dem Lager muß der Träger eine dem ganzen Auflagerdrucke genügende Endsteife, hier 2 Winkeleisen, haben, welche durch ein eingestecktes Knotenblech unten auf die volle Lagerlänge behufs Erzielung guter Druckverteilung ausgeweitet wird (Fig. 642).

Litteratur.

- Bücher über »Eisenkonstruktionen im allgemeinen« und »Konstruktionselemente in Eisen«, fowie über »Baufchloßerei« und »Schmiedewerkskunde«.
- ZIPPER'S, J. Anweisung zu Schloßerarbeiten. Augsburg 1795. — 3. Aufl.: Vollständiges Handbuch der Schloßer-Kunst etc. Herausg. v. C. HARTMANN. 1841.
- GRANDPRÉ, M. J. *Manuel théorique et pratique du ferrurier etc.* Paris 1827. — Deutsch von J. G. PETRI. Ilmenau 1830. — 8. Aufl. von A. W. HERTEL. 1865.
- KÖNIG, J. Grundriß der Schloßer-Kunst etc. Weimar 1848. — 4. Aufl.: Die Arbeiten des Schloßers etc. 1876.
- FAIRBAIRN, W. *On the application of cast and wrought iron to building purposes.* London 1854. — 4. Aufl. 1870. — Deutsch von D. BRAUNS. Braunschweig 1859.
- GUILLAUME. *Tableaux de la résistance des fers à double T etc.* Paris 1858.
- COHEN, L. P. Tabellen zur Bestimmung der Dimensionen gußeiserner Träger. Leipzig 1861.
- GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raisonné de la fonte de fer dans les constructions.* Paris 1861.
- MONGÉ. *Constructions en fer etc.* Paris 1861.
- SHIELDS, F. W. *Strains on structures of ironwork etc.* London 1861. — 2. Aufl. 1867. — Deutsch von B. BEHR. Berlin 1861.
- FINK, F. Die Schule des Bauchloßers. Leipzig 1861. — 3. Aufl. 1880.
- HÄNEL, A. Abhandlung über die Constructionsverhältnisse eiserner Gitterbalken. Stuttgart 1864.
- BRANDT, E. Lehrbuch der Eisen-Konstruktionen mit besonderer Anwendung auf den Hochbau. Berlin 1864. — 3. Aufl. 1876.
- LAVEDAN, P. *Guide pratique de ferrurerie usuelle et artistique etc.* Paris 1867.
- BOILEAU, L. A. *Le fer principal élément constructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.
- BARRÉ, L. A. *Éléments des charpenterie métallique.* Paris 1872.
- LIGER, L. *La ferronnerie ancienne et moderne etc.* Bd. I u. II. Paris 1873 u. 1876.
- DES BIARS, G. *De l'emploi du fer dans les constructions. Planchers, poitrails et linteaux en fer laminé, supports en piliers en fonte ou en fer forgé.* Paris 1874.
- KLASEN, L. Handbuch der Hochbau-Construktionen in Eisen. Leipzig 1876.
- DEMONT. *Nouveau traité de ferrurerie, ou Vignole à l'usage des ouvriers etc.* Paris 1876.
- HEINZERLING, F. Der Eisehohbau der Gegenwart. Aachen 1876—78.
- JEEP, W. Die Verwendung des Eisens beim Hochbau. Leipzig 1876—79.
- INTZE, O. Tabellen und Beispiele für eine rationelle Verwendung des Eisens zu einfachen Baukonstruktionen. Berlin 1878.
- LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinen-Schloßer. Weimar 1878. — 2. Aufl. 1890.
- CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des constructions en fer.* Levallois-Perret 1878.
- THIOLLET. *Serrurerie et fonte de fer.* Paris 1879.
- LOEWE, F. Ueber Nietverbindungen. Erster Bericht des Professor W. C. UNWIN an die Sub-Commission der »Institution of Mechanical Engineers« etc. Wien 1880.
- BOILEAU, L. A. *Principes et exemples d'architecture ferronnière; les grandes constructions édificitaires en fer; la halle-basilique.* Paris 1880.
- ZIMMERMANN, H. Ueber Eisenkonstruktionen und Walzprofile. Berlin 1881.
- ZIMMERMANN, H. Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger. Berlin 1881. — 2. Aufl. 1885.
- FERRAND, J. *Le charpentier-ferrurier au XIX^e siècle. Constructions en fer et en bois. Charpentes mixtes en fer, fonte et bois.* Paris 1881.