



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

c) Freistützen in Schweisseisen

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

Die aufzunehmende Last ist $P = 36000$ kg; wie breit müssen die Flansche sein, d. h. wie groß ist das h in Nr. 6 zu machen? Die Zerknickungslänge ist nach Gleichung 191 (S. 212) aus Achse I in Nr. 6 für $m = 8$ fache Sicherheit und $s = 500$ kg für 1 qcm nach Gleichung 191:

$$l_1 = h \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0,0833}{8 \cdot 500}} = 14,4 h.$$

Wenn also die Stütze nur auf Druck zu berechnen sein sollte, so müsste die Flanscbreite $\frac{450}{14,4} = 31,2$ cm betragen; die Tragfähigkeit wäre dann aber $2 \cdot 1,8 \cdot 31,2 \cdot 500 = 56160$ kg.

Die Flansche werden daher schmaler zu machen, dann aber nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen sein, und es folgt

$$F h^2 = \frac{8 \cdot 36000 \cdot 450^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0,0833} = 70012.$$

$$F \text{ ist } = 2 \delta h, \text{ also } 2 \cdot 1,8 \cdot h \cdot h^2 = 70012 \text{ und } h = \sqrt[3]{\frac{70012}{3,6}} = 27,0 \text{ cm.}$$

Damit die Steifigkeit der Achse II mindestens so groß sei, wie die für I , muss nach Nr. 6 $b \geq 0,577 \cdot 27 = 15,6$ cm betragen; der Ständer ist für Achse I bei $b = 26,8$, also jedenfalls zu steif.

Für die Berechnung der Verbindungsstege nach Gleichung 194 (S. 213) ist

$$n = 2, i = \frac{27 \cdot 1,8^3}{12} = 13, \text{ also } N = \frac{450}{3,14} \sqrt{\frac{8 \cdot 36000}{2 \cdot 1000000 \cdot 13}} = 14,9 \approx 15.$$

Abgehen von den beiden an den Enden sind somit 15 Stege in den ungeraden Dreißigstel einzugießen.

Fig. 563.



Fig. 564.



Statt dieser 17 Stege wird man hier einen vollen Steg zwischen die Flansche gießen, oder man versteht jeden Flansch, wie in Beispiel 3 (Fig. 563 u. 564), mit einer durchlaufenden Rippe und bringt dann Verbindungsstege in weiterer Teilung an, die zu berechnen ist, wie in Beispiel 3.

Beispiel 5. Hier möge die in Art. 284 (S. 213) besprochene schiefe (exzentrische) Belastung der Stützen berücksichtigt werden. Auf die Freistützen des Beispiels 3 sei die Last von 47000 kg so gelagert, dass sie in der geometrischen Mitte A (Fig. 563) der Tiefe von 77 cm angreift. Hier ist $F = 3 \cdot 18 \cdot 1,7 + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 = 141$ qcm; der Abstand x_0 des Schwerpunktes von der Vorderkante folgt aus

$$x_0 = \frac{18 \cdot 1,7 (0,85 + 17,15 + 76,15) + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 \cdot 9}{141} = \approx 23,5,$$

somit ist für die Zugseite $e = 23,5$ cm, für die Druckseite $e = 77 - 23,5 = 53,5$ cm; das Trägheitsmoment für die Schwerpunktsachse, welches berechnet werden muss, weil hier Gleichung 195 (S. 213) zur Verwendung kommt, ist

$$J = 18 \frac{23,5^3 - 21,8^3 + 7,2^3 - 5,3^3 + 53,5^3 - 51,8^3}{3} + 2 \cdot 1,7 \frac{21,8^3 - 7,2^3}{3} = 113096 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Die größten Spannungen sind demnach nach Gleichung 195

$$\sigma = \frac{47000}{141} \left(1 + \frac{15 \cdot 53,5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}} \right) = 670 \text{ kg Druck an der Innenseite}$$

und

$$\sigma = \frac{47000}{141} \left(1 - \frac{15 \cdot 23,5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}} \right) = 185 \text{ kg Druck außen.}$$

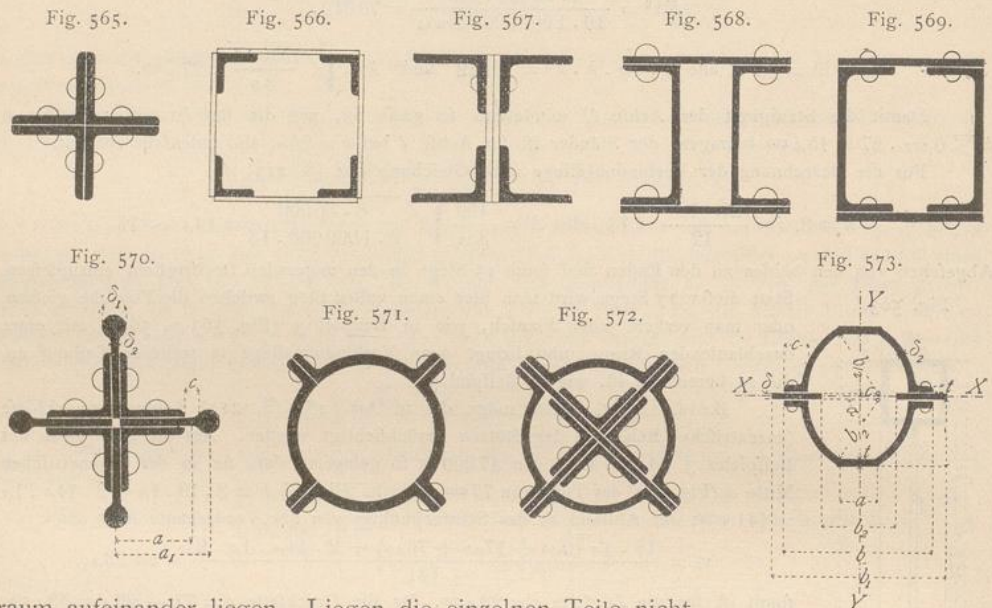
Die Stütze genügt demnach eben für die schiefe Belastung. Die stärkere Belastung des Innenflansches hat nun aber nach Maßgabe der Gleichung 194 (S. 213) eine entsprechende Vermehrung der Verbindungsstege zur Folge.

c) Freistützen in Schweißseifen.

Schweißseiferne Stützen bestehen ausschließlich aus Walzquerschnitten, und zwar sind für ganz leichte Stützen **I**- und **C**-Profile zu verwenden; schwerere werden durch Vernieten mehrerer Walzeisen hergestellt.

290.
Querschnitt.

Da die Teile eines Querschnittes ohne offenen Schlitz fest aufeinander genietet werden, da aber die mit Rücksicht auf dichten Schlufs der Fuge zu verwendende Heftnietteilung (siehe Art. 209, S. 153 u. Art. 244, S. 183) von $6d$ bis $8d$ kleinere Abstände der Verbindungen liefert, als die Rücksicht auf Widerstand der einzelnen Teile gegen Zerknicken, so braucht die Anzahl der Verbindungen bei dicht geschlossenen Querschnitten nicht nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet zu werden. Demnach kann der Gesamtquerschnitt mit seinem Trägheitsmoment bei der Berechnung ohne weiteres benutzt werden, sobald die einzelnen Teile ohne Zwischen-



raum aufeinander liegen. Liegen die einzelnen Teile nicht unmittelbar aufeinander, so sind Gitterwerk oder einfache Querverbindungen erforderlich, deren Teilung dann wieder mindestens der Zahl N aus Gleichung 194 entsprechen muß.

Außer den einheitlichen Walzquerschnitten, nämlich den I-, C- und für schwache Stützen den +-Eisen¹¹⁴⁾, deren Berechnung ganz nach den obigen Regeln durchgeführt werden kann, sind neben den in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angeführten Walzeisen namentlich die in Fig. 565 bis 577 dargestellten zusammengesetzten Querschnitte verwendbar.

Gemeinsame Eigenschaft der meisten genieteten Querschnitte sind die durch die Verbindungsteile entstehenden, vorspringenden Rippen, die in der Ansicht nicht eben günstig wirken, aber nur bei so großem Umfange zu vermeiden sind, daß das Innere zugänglich wird. Querschnitte, wie Fig. 569 (Berliner Stadt-Eisenbahn), sind nur in kurzen Stücken herzustellen, und selbst dann bedingt die Nietung der zweiten Platte besondere Vorkehrungen und teure, weil mühsame Ausführung. Aus dem gleichen Grunde sind kreisrunde Stützen aus genietetem Bleche mit kleinem Durchmesser

Fig. 574.

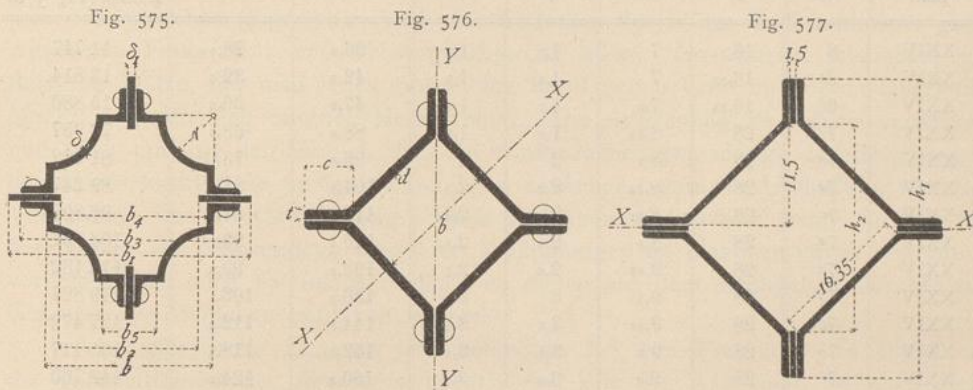


¹¹⁴⁾ Ueber starke +-Eisenprofile nebst zugehörigen Köpfen und Füßen siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 352 — ferner: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 936; 1886, S. 40.

felten, auch nicht zu empfehlen, da die zur Mitte nicht allseitig symmetrischen Nietnähte den Querschnitt schief machen.

Die Grundformen für die Querschnittsbildung schweißseiferner Freistützen sind:

297.
Querschnitt
bildung.



1) das gleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 565, 566, 570 u. 572, siehe die Normalprofile in Teil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«, ferner Nr. 7, 8, 9, 10, 28 u. 29 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211);

2) das ungleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 567, siehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 11, 12, 13, 14, 26 u. 27 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211);

3) das L-Eisen (Fig. 568 u. 569, siehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 19, 20, 21 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211);

4) das I-Eisen (siehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 22 u. 23 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211, endlich auch Fig. 578);

5) die Blechplatte als Aufsenplatte (Fig. 568 u. 569) oder als Einlage (Fig. 572);

6) das Bandeisen selbständig nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 oder als Einlage im Schlitz zwischen den übrigen Teilen (z. B. dargestellt in Fig. 573, 575 u. 577, ebenso einzulegen in die Querschnitte Fig. 571 u. 576);

7) das Bandeisen mit Rundstab (*fer plat à boudin*, Bulbeisen, Fig. 570) zur Ausfüllung von Schlitzten und Verstärkung des äußeren Umfanges, vorwiegend in Frankreich und im Schiffsbau angewendet;

8) das Quadranteisen (Fig. 571, 572 u. 574, siehe die Normalprofile im genannten Bande, die bequemste Form

für cylindrische Freistützen, sehr gebräuchlicher Querschnitt amerikanischer Konstruktionen;

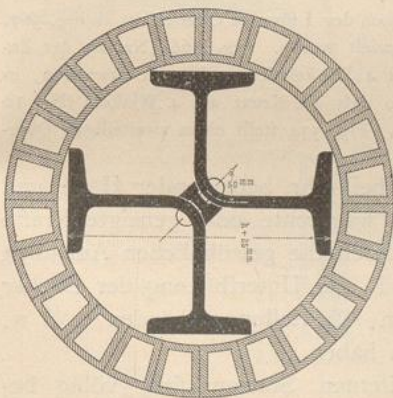
9) das Belageisen (Fig. 573), siehe die Normalprofile ebendaf., welches einen ungewöhnlich lang gestreckten Querschnitt und, wegen der schmalen Flansche, eine schwierige Vernietung ergibt;

10) das Quadranteisen mit doppeltem Winkel (Fig. 575, Völklinger Hütte), welches im Handel nicht stets zu haben ist, indes durch verschiedenartige Zusammenfassung die Bildung einer großen Zahl von zweckmäßigen Querschnitten gestattet;

11) das Trapezeisen oder schiefwinkelige Rinneneisen (Fig. 576 u. 577), welches u. a. von der Burbacher Hütte in den auf S. 222 angegebenen Profilen hergestellt wird.

12) Einen eigenartigen Stützenquerschnitt aus 2 zwischen Walzen verbogenen I-Eisen, Patent *Jones & Laughlins*, zeigt Fig. 578. Der Querschnitt ist leicht herzustellen und offenbar sehr steif. Fig. 578 zeigt ihn mit feuerfesterer Umhüllung, wie er von den Patentinhabern in Chicago für die Stützung von Gebäuden verwendet wird, die außer dem Erdgeschofs noch 16 Geschosse übereinander enthalten. Das kleine Einfaßstück in der Mitte ist gleichfalls ein Walzeisen.

Fig. 578.



Schiefwinkelige Rinneneisen der Burbacher Hütte.

Profil		Bezeichnung nach Fig. 576:				Querschnitt	Gewicht	Trägheitsmoment für die Achsen <i>XX</i> oder <i>YY</i> für 4 Eifen (Fig. 576)
Blatt	Nr.	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>t</i>			
XXIV	6	16,35	7	1,3	1,3	36,9	28,6	11 747
XXIV	6 ^a	16,35	7	1,5	1,5	42,0	32,6	13 814
XXIV	6 ^b	16,35	7,3	1,7	1,7	47,2	36,6	15 880
XXIV	7	28	8,35	1,8	1,8	88,8	68,9	73 957
XXIV	7 ^a	28	8,5	2	2	96,8	75,1	81 602
XXIV	7 ^b	28	8,63	2,2	2,2	104,8	81,3	89 247
XXIV	7 ^c	28	8,77	2,4	2,4	112,8	87,5	96 892
XXIV	7 ^d	28	8,9	2,6	2,6	120,8	93,7	104 537
XXIV	7 ^e	28	9,05	2,8	2,8	128,8	99,9	112 182
XXIV	7 ^f	28	9,2	3	3	136,8	106,1	119 827
XXIV	7 ^g	28	9,33	3,2	3,2	144,8	112,3	127 472
XXIV	7 ^h	28	9,5	3,4	3,4	152,8	118,5	135 117
XXIV	7 ⁱ	28	9,6	3,6	3,6	160,8	124,7	142 760
Centimeter						Quadrat-Centimeter	Kilogramm	

Außer diesen Profilen, welche noch eine große Zahl von anderen Zusammenstellungen gestatten, kann noch eine weitere Reihe ausgebildet werden, indem man 2, 3, 4 oder noch mehrere dieser Stützen durch Gitterwerk zu gegliederten Freistützen verbindet (Fig. 574) oder in die Hohlräume der einfachen Querschnitte noch Bleche und Winkeleisen einfügt (Fig. 572).

Einen Querschnitt ersterer Art bildet streng genommen schon der I-förmige Querschnitt in Fig. 567, welcher aus 2 T-förmigen Querschnitten mittels Vergitterung erzielt wurde. Fig. 566 (Nr. 29 der Zusammenstellung auf S. 211) zeigt einen Quadratquerschnitt aus 4 Winkeleisen und 4 Gitterwänden, in welchem die Winkeleisen sehr häufig umgedreht erscheinen, so daß ein Kreuz aus 4 Winkeln (Nr. 10 derselben Zusammenstellung) mit sehr breiten Schlitzten entsteht. Fig. 574 stellt einen zweiteiligen Querschnitt aus 2 Quadranteisenfüßen dar.

Derartige Anordnungen werden jedoch nur bei sehr bedeutender Höhe und Belastung und namentlich dann verwendet, wenn wagrechte oder geneigte Kräfte auf die Freistütze wirken. Ihre Anwendung wird durch die gewöhnlichen Aufgaben des Hochbaues nur selten bedingt; sie kommen z. B. zur Unterstützung der Dächer weiter Hallen, also in Bahnhof, Markt-, Festhallen, Ausstellungsgebäuden u. f. w. vor, wo sie die seitlichen Winddrücke aufzunehmen haben.

292.
Ausstattung.

Für die äußere Ausstattung der schweißeisernen Stützen sind völlig befriedigende Formen bisher nicht gefunden, da fast alle Querschnitte die mageren Eisdicken zeigen und sich daher den kräftigeren Formen steinerner oder hölzerner Konstruktionssteile schlecht anschließen¹¹⁵⁾. Das Walzverfahren gestattet nur die Herstellung völlig prismatischer Formen. Verjüngungen und Schwellungen können bloß durch Verwendung schwieriger Herstellungsverfahren (Berliner Stadteisenbahn: trapezförmig geschnittene Platten für Fig. 569, keilförmig geschmiedete Einlagestreifen für Fig. 576) mit vergleichsweise hohen Kosten erzielt werden; verzierende Teile müssen aus anderweitigen Baustoffen (Zink, Zinkguss, Gufseisen) gebildet und mittels Verschraubung angefügt werden. Die Nietköpfe verschwinden durch Versenkung.

¹¹⁵⁾ Vergl. auch:

HEUSER, G. Ueber Pfeiler von verschiedenseitiger Struktur. Deutsche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.

Schmiedeeiserne Säulen aus Quadrant-Eisen und Verkleidung eiserner Stützen. Deutsche Bauz. 1884, S. 225.

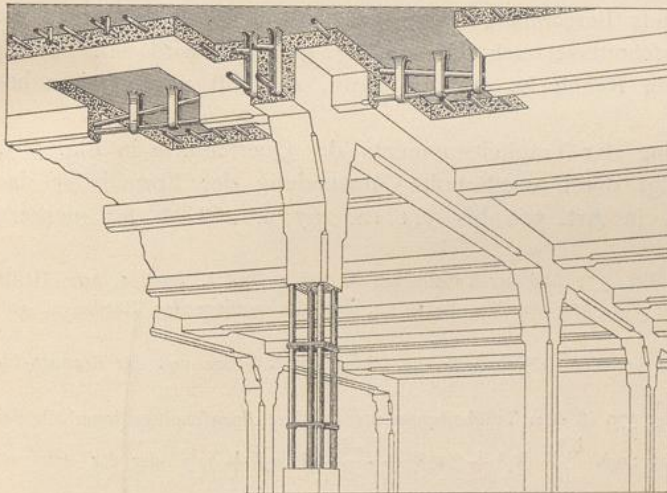
KOULLE, H. Schmiedeeiserne Stützen aus Quadranteisen und L-Eisen. Deutsche Bauz. 1884, S. 235.

Zur völligen Befeitigung dieser Schwierigkeiten sind zuerst in Amerika Um-mantelungen mit vollen oder hohlen Thonplatten vorgenommen worden, welche mittels Blechklammern an besonderen Befestigungsteilen, auch wohl an den Nietköpfen aufgehängt, dann in den Fugen verstrichen oder ganz geputzt sind, die Stütze auch ganz frei umgeben (Fig. 578). Auch das Einhüllen der Stütze in Betonkörper giebt wirkfamen Feuerschutz und ist vergleichsweise billig. So entsteht scheinbar eine steinerne Stütze, der man jedes gewünschte Profil geben kann und deren feuerfester Mantel zugleich den eisernen Kern schützt. Die Anordnung ist jedoch verwickelt und teuer und hat den Mangel, dafs bei Wärmeänderungen infolge der Bewegungen des Eisens leicht Risse in den Plattenfugen entstehen, wenn die Umhüllung in fester Verbindung mit der Stütze steht. Diese Bedenken sind jedoch heute so weit befeitigt, dafs die Verwendung feuerfester Umhüllungen an manchen Orten behördlich vorgeschrieben wird für solche Stellen, an denen aus dem Nachgeben der Stützen Gefahren für Menschen entstehen können.

An dieser Stelle ist noch eine besondere Art von Freistützen zu erwähnen, die Verbundstützen der *Hennebique*-Bauart¹¹⁶⁾. Wie Fig. 579 zeigt, bestehen diese aus einem Gerippe von Rundeisen oder auch nur Drähten, welche durch Bandeisen

293.
Bauart
Hennebique.

Fig. 579.



oder Drahtschlingen gegeneinander festgelegt sind und ganz in Beton oder Zementmörtel eingehüllt werden.

Der Form nach kann man auf diese Weise sowohl Holz-, wie Steinstützen nachahmen; ersteres zeigt Fig. 579. Selbst durch an Querschnitt nur geringe Einlagen werden solche Stützen beträchtlich tragfähiger als solche aus Beton oder Mörtel ohne die Einlagen. Man kann höhere

Druckspannungen zulassen; namentlich wird auch die Widerstandsfähigkeit gegen Zerknicken erheblich höher als in gleichen Körpern ohne Einlagen. Solche Verbundstützen können daher verhältnismässig sehr schlank gefaltet werden. Während man besten Beton höchstens bis zu etwa 25 kg für 1 qcm belastet, hat es kein Bedenken, die Spannung in solchen Verbundkörpern auf 50 kg für 1 qcm und selbst höher steigen zu lassen.

Sie sind also sehr leistungsfähig und verdienen alle Beachtung. Da sie jedoch nicht eigentlich zu den eisernen Stützen gehören, so werden sie hier nicht eingehender behandelt, zumal sich ausführliche Mitteilungen darüber an anderer Stelle¹¹⁶⁾ dieses »Handbuches« finden.

¹¹⁶⁾ Eingehend behandelt in Teil III, Bd. 2, Heft 3, a (2. Aufl.) dieses »Handbuches«.

294.
Berechnung.

Für einfache Querschnitte erfolgt die Berechnung auf Zerknicken nach Ermittlung der Steifigkeitsziffer c (siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 340, S. 303¹¹⁷) nach Gleichung 189 (S. 212) ganz so, wie dies in der Zusammenfassung auf S. 206 bis 211 für 29 Querschnitte durchgeführt ist und oben für gußeiserne Stützen gezeigt wurde. Indes ist die allgemeine Ermittlung von c nicht für alle Querschnittsarten möglich; alsdann tritt die Berechnung durch Versuchen mit vorläufigen Annahmen ein, indem man das erforderliche kleinste Trägheitsmoment nach Gleichung 193 (S. 213) bestimmt oder die zulässige Zerknickungsspannung s_z nach Gleichung 192 (S. 213) berechnet.

Dafs bei den einheitlich vernieteten Querschnitten wegen der engen Heftnietteilung die einzelnen Bestandteile nicht auf ihre Steifigkeit untersucht zu werden brauchen, ist auf S. 220 gesagt. Bei den mit Vergitterungen oder einfachen Querverbindungen hergestellten Querschnitten ist jedoch wieder die Anzahl der Verbindungen N nach Gleichung 194 (S. 213) zu bestimmen.

Die Berechnung auf Biegung bei schiefer oder geneigter Belastung erfolgt nach Gleichung 195 (S. 213), bezw. 196 (S. 214).

Bei Benutzung der Gleichungen 187, 190 oder 192 müssen die mit Hilfe der Steifigkeitsziffer c nach der Zusammenfassung auf S. 206 bis 211 nicht zu ermittelnden Trägheitsmomente aus den vorläufig angenommenen Querschnitten berechnet werden. Ueber diese Berechnung der Trägheitsmomente \mathcal{I} möge, soweit sie nicht durch die Querschnittsverzeichnisse unnötig gemacht wird oder durch Zerlegen der Querschnitte in Rechtecke erfolgen kann, zunächst noch einiges bemerkt werden.

Die genaue Berechnung der Trägheitsmomente der Querschnitte in Fig. 565, 566, 567, 568 u. 569 erfolgt durch wiederholte Anwendung der Formel für das Rechteck, wie es a. a. O. in Art. 308 bis 311 (S. 267 u. 268¹¹⁸) für mehrere Fälle durchgeführt ist.

Die Trägheitsmomente für Fig. 571 sind der Tabelle auf S. 197 in Teil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«¹¹⁹), jene für Fig. 576 der Tabelle auf S. 222 des vorliegenden Bandes zu entnehmen.

Querschnitte nach Fig. 572 bedingen gleichzeitige Benutzung der Tabellen und der Formeln für zusammengesetzte Querschnitte.

Für den Querschnitt in Fig. 570 ist dem Trägheitsmomente des Kreuzquerschnittes innerhalb der Winkelreifen für genaue Berechnung noch $\frac{\delta_1^2 \pi}{16} (\delta_1^2 + 8 a_1^2) + \frac{c \delta_2}{6} (12 a_1^2 + \delta_2^2)$ oder für sehr annähernde Berechnung $\frac{\pi \delta_1^2 a_1^2}{2} + 2 c \delta_2 a^2$ hinzuzufügen.

Beim Querschnitte in Fig. 573 ist nicht ohne weiteres für alle Fälle zu entscheiden, ob YY oder XX das Trägheitsmoment \mathcal{I}_{min} liefert. Bezeichnet \mathcal{I}_1 das Trägheitsmoment des einzelnen Belageisens für die zur Unterfläche gleich laufende Schwerachse und \mathcal{I}_2 für die dazu winkelrechte Mittelachse (vergl. den oben genannten Band, S. 196), so ist

$$\mathcal{I}_x = 2 \left[\mathcal{I}_1 + \frac{F (h + \delta)^2}{4} \right] + (b_1 - b_2) \frac{\delta^3}{12},$$

$$\mathcal{I}_y = 2 \mathcal{I}_2 + \delta \frac{b_1^3 - b_2^3}{12},$$

wenn F den Querschnitt eines Belageisens bezeichnet. Fehlt die Einlage, so setze man $\delta = 0$.

Für Querschnitte aus dem in Fig. 575 verwendeten Eisen muß das Trägheitsmoment für jede Form besonders berechnet werden. Für das gewählte Beispiel ist für jede durch den Mittelpunkt gehende Achse

¹¹⁷) 2. Aufl.: Art. 125, S. 105. — 3. Aufl.: Art. 141, S. 131.

¹¹⁸) 2. Aufl.: Art. 39 bis 43, S. 29 u. 30; 3. Aufl.: Art. 49 bis 56, S. 33 bis 37.

¹¹⁹) 2. Aufl.: S. 252.

$$J = r \delta (r^2 \pi + 2 \pi b^2 - 8 r \delta) + \frac{1}{12} \left[\delta_1 (b_1^3 - b_2^3) + 2 \delta (b_3^3 + b_3^3 - \delta^3 - \delta_1^3) + (b_3 - \delta) (b^3 - b_4^3) + (b_3 - \delta) (\delta_1 + 2 \delta)^3 - \delta_1^3 \right] + (b_1 - b_2) \delta_1^3] .$$

Fehlen die Einlagen, so ist $\delta_1 = 0$ zu setzen.

Die Hauptträgheitsmomente des Querschnittes in Fig. 578 sind, etwas zu gering ermittelt, diejenigen des ursprünglichen I-Eisens.

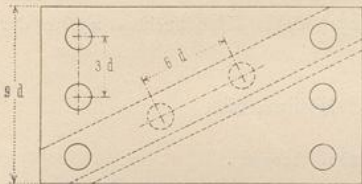
Schließlich sei noch erwähnt, dass in gedrückten Querschnitten die Nietlöcher in der Regel bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

Dass die einzelnen Teile zusammengesetzter Querschnitte untereinander so verbunden werden müssen, dass der ganze Querschnitt wie ein geschlossener wirkt, wurde in Art. 283 (S. 213) bereits betont; hier ist nun noch die Art und Weise der Ausbildung und Einsetzung dieser Verbindungen zu erörtern.

Die Verbindung kann durch Einfügen eines engmaschigen Gitterwerkes zwischen die Teile erfolgen, und zwar muss diese Verbindungsart immer gewählt werden, wenn nicht bloß eine Längskraft in der Schwerachse des Körpers, sondern daneben auch noch irgend eine Biegemomente erzeugende Querkraft wirkt, da die Teile der Stütze in diesem Falle die Gurtungen eines gebogenen Trägers bilden, welche der Verbindung durch eine regelrecht gegliederte, zur Aufnahme der Querkraft befähigte Wand bedürfen.

225.
Verbindung
der Quer-
schnittsteile.

Fig. 580.



Ist der Körper aber lediglich einer in oder nahe der Schwerachse wirkenden Längskraft ausgesetzt, so ist das verhältnismäßig teure und verwickelte Gitterwerk nicht nötig; man kommt dann mit einfachen Querverbindungen aus, deren Zahl N nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet wird. Diese Querverbindungen sind für $N = 2$ in den ungeraden

Vierteln der ganzen Länge anzubringen, für $N = 3$ in den ungeraden Sechsteln, für $N = 4$ in den ungeraden Achteln, für $N = 5$ in den ungeraden Zehnteln u. s. w. Sie bestehen aus nicht zu schwachen, rechteckigen Blechflücken, welche mit jedem der zu verbindenden Teile mit drei Nieten in einer Reihe zu vernieten sind. Werden diese Querbleche bei großem Abstände der zu verbindenden Teile voneinander groß, so ist es zweckmäßig, sie durch in schräger Richtung aufgenietete Winkelabschnitte zu versteifen. Die beiden Enden jedes solchen Winkels werden am besten mit den entgegengesetzten, äußersten Nieten der beiden Reihen von je drei Nieten gefasst. Dazwischen setze man noch Heftniete in etwa $6 d$ Teilung in die Winkel (Fig. 580).

Beispiel 1. Eine Freistütze von 5,0 m Höhe zum Tragen von Deckenträgern soll nach dem Querschnitte Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 (Fig. 567) aus 4 Winkelblechen des Verhältnisses 1 : 1,5 hergestellt werden. Die Stütze steht unten mit großer Grundplatte stumpf auf und ist oben verdrehbar am Ausweichen verhindert (Fall III, $C = 20$). Die Freistütze soll $P = 50000 \text{ kg}$ mit ($m =$) 5-facher Sicherheit tragen. Behufs Einbringens der Querverbindungen zwischen den Querschnittshälften soll in Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210: $k_1 = 0,3$ angenommen werden; demnach ist $c = 0,6613$.

296.
Beispiele.

Nach Gleichung 191 (S. 212) ergibt sich die Schenkelbreite h , welche das Zerknicken überhaupt ausschließt, nach

$$h_1 = h \sqrt{\frac{20 \cdot 2000000 \cdot 0,6613}{5 \cdot 1000}} = 72,7 h ,$$

wenn die zulässige Druckspannung s bei ruhiger Last zu 1000 kg für 1 qcm angenommen wird. Die Schenkelbreite müsste danach $h = \frac{500}{72,7} = 6,9 \text{ cm}$ sein. Das kleinste Winkelblech der bezeichneten Art oberhalb dieses Maßes ist das $8 \times 12 \times 1 \text{ cm}$ mit 19 qcm Querschnitt, und dieses würde $\frac{50000}{4 \cdot 19} = 658 \text{ kg}$

für 1 qcm Spannung ergeben, ist also zu schwer. Für alle kleineren Winkeleisen muß die Berechnung auf Zerknicken erfolgen.

Nach Gleichung 189 (S. 212) ist $4fh^2 = \frac{5 \cdot 50000 \cdot 500^2}{20 \cdot 2000000 \cdot 0,6613}$, also $fh^2 = 591$. Das leichteste Winkeleisen, das dem genügt, ist $6,5 \times 10 \times 1,1$ cm mit $f = 16,94$ qcm, folglich $fh^2 = 16,94 \cdot 6,5^2 = 716$; das nächst leichtere ist schon zu schwach. Die Freistütze ist also aus 4 solchen Winkeleisen mit $k_1 h = 0,3 \cdot 6,5 = 1,95 \approx 2,0$ cm Schlitzweite zu bilden.

Nach Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 ist für $k_1 = 0,3$ $h = 2,039$ und somit die Stützenbreite zwischen den Außenkanten $h = 2,039 \cdot 6,5 = 13,2$ cm zu machen, wenn äußere Rückfluchten nicht ein größeres Maß verlangen; die Freistütze ist dann in allen Richtungen gleich steif.

Werden die beiden Winkeleisen einer Hälfte durch Stehniete in einer Teilung von etwa 16 d verbunden, so kommt es nun noch darauf an, die beiden Hälften zur Erzielung genügender Tragfähigkeit hinreichend oft in Verbindung zu bringen. Das kleinste Trägheitsmoment zweier Winkeleisen ist nach Nr. 12 der Zusammenstellung auf S. 207 für Achse I

$$i = 2 \cdot 16,94 \cdot 6,5^2 \cdot 0,231 = 2fh^2c = 330;$$

in Gleichung 194 (S. 213) ist ferner $n = 2$ für eine Stützhälfte; daher folgt

$$N = \frac{500}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 50000}{2 \cdot 2000000 \cdot 330}} = 2,19,$$

abgerundet auf 3. Somit sind drei Querverbindungen im 1., 3. und 5. Sechstel der Länge anzubringen.

Beispiel 2. Eine 630 cm lange, unten eingespante, oben verdrehbar gehaltene (Fall III, $C = 20$) Freistütze aus Quadranteisen (Fig. 571) hat 35000 kg bleibende und 24000 kg nicht stoßweise wirkende Verkehrsbelastung mit ($m =$) 5-facher Sicherheit zu tragen.

Nach Gleichung 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 251) dieses »Handbuches« müßte der reine Druckquerschnitt $\frac{35000}{1200} + \frac{24000}{720} = 62,5$ qcm betragen.

Nach Gleichung 193 (S. 213) ist das erforderliche kleinste Trägheitsmoment

$$J_{\min} = \frac{59000 \cdot 5 \cdot 630^2}{20 \cdot 2000000} = 2927 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Normalquadranteisen $7,5 \times 1,0$ cm genügt mit $J = 2957$ auf Zerknicken eben, auf reinen Druck mit $F = 80,2$ qcm reichlich und ist somit für die Stütze ausreichend.

Beispiel 3. Für 60000 kg bleibende und 40000 kg Verkehrslast soll eine 800 cm lange, oben und unten verdrehbar gehaltene (Fall II, $C = 10$) Freistütze nach Fig. 577 mit $1,5$ cm starken Einlagen ausgebildet werden.

Der reine Druckquerschnitt ist nach der eben genannten Gleichung in Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« $\frac{60000}{1200} + \frac{40000}{720} = 105,5$ qcm.

Wird vorläufig das Trapezeisen Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 222 gewählt, so ist das Trägheitsmoment XX (Fig. 577) bei $h_1 = 2 \frac{16,35}{1,414} + 2 \cdot 7 + 1,5 = 38,5$ cm und $h_2 = 38,5 - 14 = 24,5$ cm

$$\begin{aligned} J_x &= 11747 + 4 \cdot 16,35 \cdot 1,5 \left[\left(\frac{11,5 + 1,5}{2} \right)^2 - \left(\frac{11,5}{2} \right)^2 \right] + 4 \cdot 7 \cdot 1,5 \left[\left(\frac{1,5 + 1,5}{2} \right)^2 - \left(\frac{1,5}{2} \right)^2 \right] \\ &+ 4 \cdot 7 \cdot 1,5 \left[\left(11,5 + 3,5 + \frac{1,5}{2} \right)^2 - (11,5 + 3,5)^2 \right] + 1,5 \frac{38,5^3 - 24,5^3}{12} + 2 \cdot 7 \cdot \frac{1,5^3}{12}, \\ &= 11747 + 781 + 56 + 837 + 5295 + 4 = 18720 \text{ (auf Centim. bezogen);} \end{aligned}$$

$$F = 4 \cdot 36,9 + 4 \cdot 7 \cdot 1,5 = 189,6 \text{ qcm.}$$

Nach Gleichung 192 (S. 213) wird die zulässige Zerknickungsspannung

$$s_x = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 18720}{5 \cdot 800^2 \cdot 189,6} = 617 \text{ kg für 1 qcm.}^1$$

Der Querschnitt muß somit $\frac{60000 + 40000}{617} = 162$ qcm betragen, während $189,6$ qcm vorhanden sind.

Da mit Verchwächung der Einlagen J_x kleiner, also s_x und somit der erforderliche Querschnitt größer wird, so kann man die Einlagen nicht etwa einfach um den Unterschied von $189,6 - 162 = 27,6$ qcm

schwächen; vielmehr wird der richtige Wert zwischen beiden liegen, und man wird die Einlagen etwa mit 7.1 cm ausführen können, wobei man mit

$$189,6 - 4 \cdot 0,5 \cdot 7 = 175,6 \text{ qcm}$$

Querschnitt jedenfalls eine hinreichend starke Stütze erhält.

Beispiel 4. Eine Freistütze für das Dach einer Vorfahrt von $l = 5 \text{ m}$ Höhe soll mit ($m =$) 5-facher Sicherheit und bei Querschnittsbildung nach Nr. 20 der Zusammenstellung auf S. 209 aus 2 \square -Eisen eine Last $P = 4000 \text{ kg}$ tragen. Die Stütze steht unten mit breitem Fusse stumpf auf und ist oben ganz frei (Fall I, $C = 2,5$). Die beiden \square -Eisen sollen so weit voneinander stehen, daß das Trägheitsmoment für die Achse II mindestens ebenso groß wird, wie für I (Nr. 20 der gedachten Zusammenstellung). Dann ist die für das Trägheitsmoment maßgebende Abmessung h und $e = 0,151$.

Nach Gleichung 189 (S. 212) muß sein

$$2fh^2 = \frac{5 \cdot 4000 \cdot 500^2}{2,5 \cdot 2000000 \cdot 0,151}, \text{ also } fh^2 = 3311 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Für \square -Eisen Nr. 12 ist $fh^2 = 17,04 \cdot 12^2 = 2460$ (auf Centim. bezogen)

» » » 14 » $fh^2 = 20,4 \cdot 14^2 = 4000$ » » »

Nr. 14 ist demnach zu wählen. Für Nr. 14 folgt nach Nr. 20 der Zusammenstellung auf S. 209 mit $k_1 = 0,62$ $\left[\sqrt{1,58 \left(\frac{14}{6} \right)^2 - 1} - 1 \right] = 1,07$ und somit die für $\mathcal{F}_I = \mathcal{F}_{II}$ auszuführende Schlitzweite

$$\delta_1 = k_1 b = 1,07 \cdot 6 = 6,42 = \infty 6,5 \text{ cm.}$$

Werden die Trägheitsmomente durch Nachrechnen geprüft, so ergeben sich nach der Tabelle für Normal- \square -Eisen $\mathcal{F}_I = 2 \cdot 609 = 1218$ (auf Centim. bezogen) und $\mathcal{F}_{II} = 2 \left[71 + 20,4 \left(\frac{6,5}{2} + 1,91 \right)^2 \right] = 1226$ (auf Centim. bezogen), also nicht ganz 0,7 Vohundert Fehler.

Hätte man von vornherein Gleichung 193 (S. 213) zur Berechnung von \mathcal{F}_{min} benutzt, so hätte man erhalten:

$$\mathcal{F}_{min} \geq \frac{4000 \cdot 5 \cdot 500^2}{2,5 \cdot 2000000} = 1000$$

für 2 \square -Eisen, was wieder zu Nr. 14 führt.

Die Zahl N der Querverbindungen folgt, da für ein \square -Eisen nach der Tabelle für Normal- \square -Eisen $i = 71$ und $n = 2$ ist, nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{500}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 4000}{2 \cdot 2000000 \cdot 71}} = 1,34 = \infty 2.$$

Demnach genügen, abgesehen von den Verbindungen an beiden Enden, zwei Verbindungen im 1. und 3. Viertel der Länge.

Beispiel 5. Für eine oben und unten verdrehbar geführte Stütze (Fall II, $C = 10$), welche $P = 70000 \text{ kg}$ mit ($m =$) 6-facher Sicherheit bei 800 cm Länge zu tragen hat, stehen Winkeleisen $11 \times 11 \times 1,2 \text{ cm}$ zur Ausbildung eines Querschnittes nach Nr. 29 der Zusammenstellung auf S. 211 (Fig. 566) zur Verfügung; wie weit sind die Winkeleisen auseinander zu rücken, und wie oft sind sie zu verbinden, damit die Stütze steif genug wird?

Für ein Winkeleisen ist $f = 25 \text{ qcm}$; die Druckspannung überschreitet also mit $\frac{70000}{4 \cdot 5} = 700 \text{ kg}$ für 1 qcm die zulässige Grenze nicht.

Nach Nr. 29 der Zusammenstellung auf S. 211 ist für die Quadratseite kh die Steifigkeitsziffer $e = 0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148)$; folglich lautet Gleichung 189 (S. 212) für diesen Fall bei $h = 11 \text{ cm}$

$$4 \cdot 25 \cdot 11^2 = \frac{6 \cdot 70000 \cdot 800^2}{10 \cdot 2000000 \left[0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148) \right]},$$

woraus $k = 2,59$ folgt.

Die Quadratseite des Querschnittes ist daher

$$kh = 2,59 \cdot 11 = 28,5 \text{ cm}$$

zu machen. Dies ist ausführbar, da der Querschnitt bei $28,5 - 2 \cdot 11 = 6,5 \text{ cm}$ lichtem Zwischenraume zwischen den Schenkeln für Nietung und Unterhaltung hinreichend zugänglich bleibt.

Für das einzelne Winkeleisen ist nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206 und Gleichung 188 (S. 205)

$$i = 0,0381 \cdot 25 \cdot 11^2 = 115 \text{ (auf Centim. bezogen),}$$

fomit nach Gleichung 194 (S. 213) bei $n = 4$

$$N = \frac{800}{3,14} \sqrt{\frac{6 \cdot 70000}{4 \cdot 2000000 \cdot 115}} = 5,5 = \infty 6.$$

Außer den Endverbindungen müssen also noch 6 Verbindungen in den ungeraden Zwölfeln der Länge hergestellt werden, indem man je ein Rechteckblech mit 6 Nieten nach Fig. 580 auf jede der vier Seiten des Querschnittes legt.

d) Kopf der Freistützen.

297.
Ausbildung.

Die Durchbildung der Stützenköpfe hängt derart von der Gestalt des zu tragenden Teiles ab, daß eine allgemeine Behandlung nicht thunlich erscheint. Nur die folgenden Regeln sind für die Mehrzahl der Fälle gültig.

Reicht die Freistütze nur durch ein Geschoß, so lagere man die zu tragenden Teile so auf das obere Ende, daß die Last stets im Schwerpunkte des Stützenquerschnittes wirkt. Träger lagert man daher am besten auf flach abgerundete Schneidenplatten.

Reicht die Stütze durch mehrere Geschoße, so ist es bei Gufseisen in der Regel zweckmäßig, die die Last aufnehmenden Teile nicht in feste Verbindung mit der Stütze zu bringen, sondern einen geforderten Gufsring mit den nötigen Anfätzen¹²⁰⁾ um die Stütze zu legen, welcher sich auf einen Wulst der letzteren setzt. Man gelangt auf diese Weise unter allen Umständen zu einfachen Gufsformen und zur Möglichkeit der Erfüllung der letzten Regel, daß die Stützen verschiedener Geschoße thunlichst ohne Einfügen eines Zwischengliedes und ohne Querschnittschwächungen unmittelbar aufeinander stehen sollen.

Die Stützen verschiedener Geschoße werden in der Regel gefondert hergestellt und greifen in oder dicht über der Kopfkonstruktion falzartig mit abgedrehten Druckflächen unter Einlegen von Blei- oder besser Kupferringen ineinander. Nur bei leichten Stützen werden die die Last aufnehmenden Teile fest an die Stütze gegossen, wodurch der Gufs erschwert wird und die Gufspannungen sich erhöhen.

Bei schweißeisernen Stützen nietet man zur Aufnahme der Lasten Kragstücke in die Schlitz für die Füllstreifen, da diese fast stets zur Vergrößerung der Sicherheit gegen Zerknicken zugefügten Streifen am Kopfe nicht mehr erforderlich sind. Fehlen die Schlitz, so erfolgt die Befestigung an den vorspringenden Flanschen. Für die verschiedenen Geschoße sind auch diese Stützen neuerdings nach Abhobeln der Endflächen, nötigenfalls unter Einlegen von Kupfer, stumpf aufeinander gesetzt¹²¹⁾, und es werden alsdann Seitenverschiebungen durch Einsetzen vorspringender Lappen in den Fuß der oberen Stütze verhindert, welche in den Kopf der unteren greifen, oder es werden schweißeisernerne Platten eingelegt, welche dem Stützenquerschnitte entsprechend oben und unten mit dem Hobel ausgenutzt sind.

Das stumpfe Aufsetzen ist jedoch nur bei lotrecht belasteten Freistützen zulässig. Haben sie Biegung auszuhalten, so müssen gufseiserne Stützen entsprechend tief ineinander greifen (vergl. die Ausbildung der Füße unter e); schweißeisernerne sind entweder ohne Stofs durchzuführen oder, wenn sie zu lang werden, vollständig zu verlaschen.

¹²⁰⁾ Siehe die Konstruktion der Freistützen im Alhambra-Theater zu London in: *Engng.*, Bd. 37, S. 539 u. ff.

¹²¹⁾ Siehe die Konstruktion der Freistützen im Packhofe zu Berlin in: *Centralbl. d. Bauverw.* 1884, S. 375.