



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

3. Abschnitt: Konstruktionselemente in Eisen.

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

III. Teil, 1. Abteilung:
KONSTRUKTIONSELEMENTE.

3. Abschnitt.
Konstruktionselemente in Eisen.

Von GEORG BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eifenteilen.

Eiserne Konstruktionsteile werden in sehr verschiedener Weise miteinander verbunden. Das Zusammenerschweißen von Eisen und Stahl kommt an dieser Stelle nicht in Frage; hauptsächlich werden es die Verbindungen mittels Niete, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und mittels Splinte sein, deren Betrachtung die Aufgabe des vorliegenden Kapitels ist.

189.
Warme
Nietung

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

Niete dienen zur mechanischen Verbindung von Eifenteilen, wie auch einiger anderer Metalle; doch kommt die Vernietung nirgends in so ausgedehntem Maße in Anwendung, wie beim Eisen. Die Grundsätze der Vernietung sind hier verschieden, je nachdem dieselbe in erster Linie bestimmt ist, Kräfte zu übertragen oder die Fuge der vernieteten Teile so zu schließen, daß Flüssigkeiten oder Gase, selbst unter Druck stehend, nicht durchdringen können. Man unterscheidet daher Kraftnietungen und Nietungen auf Dichtigkeit.

Die Vernietung besteht darin, daß in je zwei einander in jeder Beziehung genau entsprechende, kreisrunde Löcher der beiden zu vernietenden Teile ein den Lochdurchmesser an Stärke nicht ganz erreichender, hellrot- bis weißglühender Bolzen eingesteckt wird, dessen hinteres Ende einen ringförmig vorstehenden Kopf, den sog. Setzkopf, trägt; dieser legt, mit leichtem Hammerschlage angetrieben, die Stellung des Nietbolzens im Loche fest. Am anderen Ende steht der Bolzen so weit aus dem Loche hervor, daß durch Umschmieden mittels Zuschlag- und Gefenkhämmer (Schellhammer) ein ähnlicher Kopf, wie der oben erwähnte, der sog. Schließkopf, nachträglich aus dem weißglühenden Bolzen hergestellt werden kann; die Länge des Bolzens muß von vornherein auf die Dicke aller aufeinander zu nietender Teile und auf die richtige Ausbildung des Schließkopfes bemessen sein.

Zu kurze Niete geben unvollkommene Köpfe; bei zu langen vermag der Gefenkhammer das überschüssige Material nicht zu fassen; letzteres quillt feitlich hervor, und die so entstehende unregelmäßige Kopfform verkürzt die verlangte Tragfähigkeit nicht, wenn das Antreiben recht scharf erfolgt.

Um einem Niete vom Durchmesser d und der schlieflichen Schaftlänge a sicher einen guten Schließkopf geben zu können, ist die Schaftlänge des Nietbolzens mit $1,1 a + 1,33 d$ zu wählen.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhammer vor den Flächen der vernieteten Teile vorstehend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrischen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Gestalt eines abgestumpften Kegels, mit der größeren Endfläche in der Außenfläche der zu nietenden Teile, geben und den Bolzen so lang machen, daß er, mit Zuschlaghämmern niedergeschmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf solche Weise entstehen die versenkten Niete (siehe Fig. 412).

Nach Ausbildung des Schließkopfes ist das Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anfauchung beim Ausbilden des Schließkopfes das Loch aus, legt sich auch mit den Ringflächen der Köpfe so eng an die Flächen der genieteten Teile an, daß man selbst mit scharfen Werkzeugen nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da dieser Zustand hergestellt wird, während der Niet noch heiß ist, zieht dieser sich aber bei weiterer Abkühlung noch zusammenzieht, d. h. verkürzt, so werden die zu vernietenden Teile beim Erkalten immer fester aufeinander gepreßt, und es entsteht eine Reibung zwischen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um das Auseinanderziehen der vernieteten Teile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schließkopfes schwere Hammerschläge erforderlich sind, so ist Vernietung bei solchen Baustoffen ausgeschlossen, welche Hammerschläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gußeisen. Die Möglichkeit der Nietung von Eisteilen beschränkt sich also auf Schweisseisen, Flußeisen und Stahl. Ebenso ist selbstverständlich warme Nietung bei allen Metallen ausgeschlossen, welche bei Berührung mit weißglühendem Eisen verbrennen, schmelzen oder sonst zerstört werden.

190.
Kalte
Nietung.

Nicht alle Eisennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmesser unter 10 mm, so werden die dünnen Schäfte durch Weißglühhitze zu stark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung solcher Masse stellt man die Niete aus weichem Eisen her und schmiedet den Schließkopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen sind wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

191.
Nietloch.

Die Nietlöcher sollen der Regel nach genau kreisrund und völlig cylindrisch fein; auch sollen die zusammengehörenden Löcher in den zu verbindenden Teilen ohne Abweichung übereinander liegen. Geringe Ungenauigkeiten in letzterer Beziehung sollen durch Ausreiben mit der Reibahle, nicht durch das so beliebte Auftreiben mittels konischen Stahldornes, beseitigt werden. Das Herstellen der Nietlöcher, das Lochsen, erfolgt mittels Durchstoßmaschinen oder durch Bohren.

Das Ausstoßen oder Punzen der Nietlöcher ist zwar sehr bequem und an Zeit- und Geldverbrauch sparsam, ruft aber anderweitige Mifsstände hervor, welche eine wirklich gute Vernietung sehr erschweren.

Zunächst wird das Metall in der Umgebung des Loches durch die großen Scherspannungen, welche am Lochrande selbst bis zur Zerstörung steigen müssen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigt; schmale Eisteile werden beim Lochsen nach Länge und Breite auseinander gedrückt, so daß der Rand wellenförmig und die richtig hergestellte Nietteilung zu weit wird. Es ist daher ganz unzulässig, schmale schwache Eifen (Bandeisen, Winkeleisen, schwache E-Eisen u. f. w.) unter dem Durchstoße zu lochen; sie müssen die Löcher auf andere Weise erhalten. Das Lochsen mit der Stoßmaschine ist auf starke Eifenorten (große Bleche, Stege starker I-Träger u. f. w.) zu beschränken.

Insbesondere entstehen beim Lochen des Stahles am Rande des Loches Haarrisse, welche das fertige Stück durchaus unzuverlässig machen.

Sodann muß die Matrize etwas zu weit fein, damit der Dorn sich nicht in sie einklemmt; dadurch bekommen die Löcher eine merklich kegelförmige Gestalt (Anzug 1:8), welche nach dem Zusammenlegen der Teile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher schädliche Aenderungen des Schaftdurchmessers ergibt.

Jedenfalls soll die Lochung so erfolgen, daß beim Zusammenlegen der Teile die engen Lochenden zusammentreffen, damit der fertige Schaft eine doppeltkegelförmige Gestalt mit dem kleinsten Durchmesser in der Mitte erhält und so die Köpfe im Zusammenhalten der Teile unterstützt.

Beim Austreten aus dem Loche läßt der ausgestoßene Kern auf der Unterseite am Rande des Loches einen vorpringenden scharfen Grat stehen, während oben der Rand etwas eingedrückt wird; werden diese Unebenheiten, namentlich der Grat am unteren Rande, nicht sorgfältig beseitigt, so sind sie der guten Ausbildung der Nietköpfe und dem dichten Schluß der Fuge hinderlich.

Bei dem schnellen Fortschritte der Lecharbeit ist es schwierig, die schweren Teile stets in die genau richtige Lage zu bringen; häufig kommen daher kleine Fehler in der Lochstellung vor, welche gutes Passen der Löcher und dichten Schluß der Fuge zwischen den zu verbindenden Teilen ausschließen.

Diese Mißstände, welche teils schwer, teils gar nicht zu beseitigen sind, lassen es angezeigt erscheinen, wenigstens bei hohen Ansprüchen an die Güte der Arbeit die zeitraubendere und teurere Art der Herstellung der Löcher durch Bohren vorzuziehen.

Die Löcher werden mit lotrechten Bohrmaschinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefsten Punkte in der Mitte und einer Gesamtbreite gleich dem Lochdurchmesser haben, oder neuerdings häufiger als schraubenförmige Schneidewerkzeuge mit Spitze ausgebildet sind. Es ist leicht, diese Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochteilung zu setzen; sie schneiden dann eine kegelförmige Vertiefung, welche so lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmesser hergestellt ist, ohne daß dabei das umgebende Metall erheblich in Mitleidenschaft gezogen würde. Die oben gerügten Mißstände fallen dabei fort. Zwar erzeugt sich auf der Unterseite auch ein leichter Grat; doch ist dieser geringfügig und leicht zu beseitigen.

Bei Verwendung der älteren, dreieckigen Bohrer wird die Lochwandung durch die Schnitte der beiden äußeren Ecken der Bohrschneide erzeugt, welche die Wandung in flachen Schraubengängen herstellen, so daß dieselbe nicht glatt, sondern gefurcht erscheint, etwa wie die mit dem spitzen Schneidestahl gehobelte Fläche. Der Schneckenbohrer schneidet die Lochwandung dagegen mit scharfer schraubenförmiger Schneide fertig, so daß sie ganz glatt, häufig spiegelnd ausfällt. Da nun recht glatte Wandungen die gute Ausfüllung des Loches durch den Niet fördern, so werden die Schneckenbohrer jetzt ganz allgemein den alten Dreiecksbohrern vorgezogen. Auch zum Ausreiben rauher oder nicht genau passender Löcher eignet sich der Schneckenbohrer vorzüglich.

Ein Mittelweg zwischen Stoßen und Bohren, welcher selbst bei Stahl von vielen für zulässig erklärt wird, besteht darin, daß man das Loch zuerst nur mit etwa $\frac{3}{4}$ des Durchmessers stößt und den verbleibenden ringförmigen Rest dann nachbohrt oder nachreibt.

Der mit dem Setzkopfe versehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an diesem Kopfe den vorgeführten Durchmesser; im Mittel ist er etwa 3 Vomhundert schwächer, als das auszufüllende Loch; im übrigen ist er etwas kegelförmig gestaltet, damit er ohne zu großen Widerstand in das Nietloch getrieben werden kann.

Schaftlängen, welche das 4-fache des Durchmessers übersteigen, stellen die vollkommene Ausfüllung des Loches durch das Stauchen in Frage und sind daher zu vermeiden; sind Bolzen von größerer Länge nicht zu umgehen, so zieht man Schraubenbolzen vor.

Die Nietköpfe erhalten verschiedene Form; Beispiele zeigen Fig. 408 bis 415. Die ursprünglich vorhandenen Setzköpfe haben sehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzustellenden Schließköpfe.

Der unvermittelte Uebergang des breiten Kopfes in den schmalen Schaft beeinträchtigt die Tragfähigkeit des Nietes; es ist daher zweckmäßig, die Kante des

192.
Nietchaft.

193.
Nietkopf.

Loches 1 bis 2 mm tief und breit mit einem zu weiten Dreiecksbohrer zu brechen und dem Setzkopfe von vornherein den entsprechenden, kegelförmigen Uebergang vom Kopfe in den Schaft zu geben.

Am Schlieskopfe bildet sich dieser nach Maßgabe der Gestalt des Loches von selbst.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen

Fig. 411 u. 412;

Fig. 413 ist ein halb verfenkter Niet;

Fig. 415 zeigt zwei Formen verfenkter Niete, die jedoch an beiden Enden deselben Nietes gleichzeitig felten ausgeführt werden.

Befonders gebräuchlich für starke Nietungen ist die Form in Fig. 412, da sie bei schmalem Nietkopfe doch eine große Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaftumfanges giebt, deren Abscherungsfestigkeit dem Bestreben des Nietes, sich beim Erkalten zusammenziehen, widerstehen muß.

Da das Zusammenziehen aber zugleich den Schaft abzureissen strebt, so wird ein gut geformter Niet in der cylindrischen Abscherungsfläche dieselbe Sicherheit haben müssen, wie im Schaftquerchnitte.

Wird die zulässige Scherspannung im vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zugspannung im Schaft gesetzt und ist h (Fig. 409) die Höhe des abzufcherenden Cylinders, so muß stattfinden

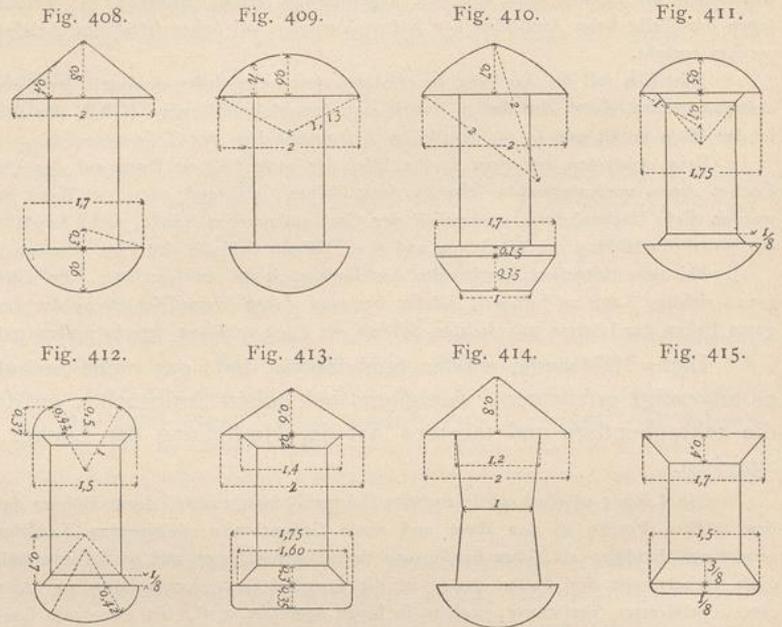
$$h d \pi \frac{2}{3} s' = \frac{d^2 \pi}{4} s'$$

woraus als kleinster Wert

$$h = 0,375 d$$

folgt. Im festeren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer sein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Verfenkungen mit berücksichtigt, sämtlich größere Kopfhöhen; offenbar sind aber dreieckige Köpfe ungünstiger, als runde. Die Korbbogenform in Fig. 412 ist gegenüber der Halbkugel über derselben Grundfläche vorzuziehen, weil letztere viel unnützes Metall in die Kuppe des Kopfes bringt.

Die Beanspruchung des Schaftes infolge der Verhinderung des Zusammenziehens beim Erkalten hängt vom Wärmeunterschiede zwischen Niet und Umgebung in dem Augenblicke ab, wo der Kopf weit genug ausgebildet ist, um die Bewegung des Nietes zu verhindern. Die Spannung im Schaft entspricht übrigens nicht der ganzen angestrebten Zusammenziehung; vielmehr drücken sich die genieteten Teile unter dem Drucke des Kopfes in sich zusammen, und die Fugen zwischen den Blechen werden geschlossen. Der Niet wird sich also bei der Abkühlung um so mehr wirklich verkürzen, je mehr schwache Bleche er faßt; seine Spannung wird hoch, wenn er nur wenige starke, dem Schluffe der Fuge großen Widerstand entgegensetzende Bleche verbindet.



194.
Beanspruchung
des
Nietchaftes.

Der Niet wird bis auf 1100 bis 1200 Grad C. erwärmt; doch ist anzunehmen, daß er bis zum Augenblicke des ersten festen Anliegens des Schließkopfes, des Greifens des Nietes, auf etwa 900 Grad C. abgekühlt ist.

Bezeichnen α die Längenausdehnung der Längeneinheit durch 1 Grad C. Wärmezunahme und l die Länge des Schaftes, E die Elastizitätsziffer des Nietstoffes und σ die Längsspannung im Niete, so würde σ für einen in völlig starre, kalte Masse gezogenen Niet folgen aus $\sigma : E = \alpha l \cdot 900 : l$, woraus $\sigma = \frac{900 \alpha l E}{l}$, und da für Stahl und Eisen $\alpha = 0,0000123$, $E = 2000000$ kg auf 1 qcm zu setzen sind, $\sigma = 900 \cdot 0,0000123 \cdot 2000000 = 22140$ kg für 1 qcm, so daß ein solcher Niet beim Abkühlen notwendig durchreißen müßte.

Nun ist aber der umgebende Körper weder kalt noch starr. Er erwärmt sich durch den Niet auf etwa 400 Grad C., so daß für die Spannung des Nietes nur $900 - 400 = 500$ Grad C. in Frage kommen.

Durch die Spannung σ im Bolzen, welche eine Spannkraft von $\sigma \frac{d^2 \pi}{4}$ liefert, wird ein ringförmiger Körper unter den Kopfrändern vom Querschnitte $\frac{1,25^2 d^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = 1,25 \frac{d^2 \pi}{4}$ zusammengedrückt; die Spannung darin ist also $\sigma \frac{d^2 \pi}{4} : 1,25 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\sigma}{1,25}$, und für die Zusammendrückung Δ auf die Länge l gilt infolgedessen die Beziehung $\Delta : l = \frac{4/5 \sigma}{E}$, woraus $\Delta = 4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ folgt.

Jede der n Fugen zwischen den aufeinander zu nietenden Teilen drücke sich um δ Centim. zusammen; von der ganzen Längung des Schaftes um $500 \cdot 0,0000123 l$ gehen also die Strecken $4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ und $n \delta$ ab, und die die Spannung erzeugende Reckung ist demnach

$$500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta.$$

Die Spannung im Bolzen folgt daher aus

$$\sigma : E = \left[500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta \right]:$$

und aus dieser Gleichung ergibt sich, wenn für E der Wert eingesetzt wird,

$$l = \frac{n \delta}{0,00615 - 0,0000008 \sigma},$$

wonach man bestimmen kann, wie lang ein Niet werden darf, wenn eine bestimmte Längsspannung nicht überschritten werden soll. Geht man mit der Spannung σ für weichen Stahl bis an die Elastizitätsgrenze von $\sigma = 1800$ kg für 1 qcm und setzt man das Maß δ der Zusammendrückung jeder Fuge gleich $0,03$ cm, so folgt

$$l = 6,6 n.$$

Demnach dürfen die Niete bei Vernietung von zwei Platten (also $n = 1$) höchstens 6,6 cm, in drei Platten (für $n = 2$) 13,2 cm u. s. w. lang sein. Der guten Stauchung wegen wird demgegenüber für Handnietung die Grenze $l = 4d$ eingehalten; bei Maschinennietung sind auch längere Niete zulässig.

Lange Niete werden weniger gespannt, wenn man sie nur in demjenigen Teile der Schaftlänge glühend macht, der zur Bildung des Schließkopfes genügt. Dieses Verfahren ist aber zu verwerfen, weil das Nietloch dabei nie gut ausgefüllt werden kann. Sind sehr lange Bolzen erforderlich, so verwende man Schraubenbolzen. Ein gutes Mittel zur Verminderung der Nietspannung ist das Vorwärmen der Umgebung des Loches durch Einschlagen heißer Dorne.

Die Ausfüllung des Nietloches ist sowohl bei Dichtigkeits-, wie Kraftnietungen wichtig: bei ersteren, um keine offenen Fugen zu bieten; bei letzteren, um Verschiebungen der Teile gegeneinander zu vermeiden. Hier treten aber ähnliche Verhältnisse auf, wie für die Schaftlänge. Das Loch kann sich wegen des Widerstandes des Bleches bei der Erwärmung nicht frei ausweiten, während der heiße Schaft genau den Durchmesser des Loches annimmt; der warme Niet muß sich mehr zusammenziehen, als sich das Loch im kälteren Bleche verengt; folglich muß eine geringe Fugenöffnung entstehen, welche nach gemachten Versuchen in manchen Fällen allerdings unnachweisbar gering ist, in anderen aber bei guter

195.
Ausfüllung
des
Nietloches.

Ausführung bis zu 2 Vomhundert⁸⁶⁾, bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Vomhundert⁸⁷⁾ steigt.

In Fällen, wo man der Ausfüllung unbedingt sicher sein muß, hat man daher die Löcher leicht kegelförmig ausgerieben, die Nietchäfte nach demselben Kegel abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schließkopf schlechter ausfällt, ist wegen der fehlenden Längsspannung im Schaft ungefährlich.

196.
Ausführen
der
Nietung.

Handnietung und Maschinennietung verteilen sich heute so, dafs erstere für kleinere Arbeiten und in kleineren Werkstätten die Regel bildet, wo die teure Anlage der Nietpressen nicht beschafft werden kann.

Eine Nietrotte für Handnietung besteht ausser dem Schmiedejungen, der die Niete heifs macht und herwirft, mindestens aus drei Mann, dem Vorarbeiter 1, dem Zuschläger 2 und dem Gegenhalter 3. 3 setzt zuerst den kalten Stahldorn in das gut passend gearbeitete Loch, und 1 und 2 treiben ihn mit leichten Hämmern (3 kg) durch, um die Lochwandung zu glätten, jedoch nur, wenn die Lochwandung rauh ist. Die Ränder nicht genau passender Löcher auf diese Weise gewaltsam wegzustauchen, ist durchaus unzulässig; sie sollen mit der Ahle weggerieben oder mit dem Schneckenbohrer weggebohrt werden. Passende Löcher mit schlechter Wandung werden überhaupt nicht nachgedornt. 3 steckt nun den heifsen Niet ein und setzt den Gegenhalter — Brechstange mit Höhlung für den Setzkopf, Fufschraube oder Hebel — auf, und 1 und 2 stauchen hierauf mit leichten Hämmern den Kopf an, bis er zu fassen anfängt. Nun setzt 1 den Schellhammer mit der Höhlung für den Schließkopf auf, und 2 schlägt nach Anweisung von 1 mit dem schweren Zuschläger (8 kg) so lange auf den Schellhammer, bis der Kopf allseitig voll ausgebildet ist, so dafs die Kanten des Schellhammers noch leicht in das zu nietende Blech einschneiden. Die Bildung des Schließkopfes soll erfolgt sein, solange noch dunkle Rotglut erkennbar ist, da sonst der gute Schluß in Frage gestellt wird und die Köpfe beim Erkalten von den Rändern her einreißen. Bei gröfseren Nietungen besteht die Rotte neben dem Nietjungen gewöhnlich aus 4 Mann, indem für die dauernde Arbeit dem Vorarbeiter 1 zwei Zuschläger 2 zugewiesen werden.

Auf die Maschinennietung hier näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

Die Leistung ist bei Handnietung durch eine Rotte

unter günstigen Verhältnissen	600 Niete	von 2 ^{cm} Durchmesser	in 10 Stunden,
» mittleren »	450 »	» 2 »	» 10 »
» ungünstigen »	200 »	» 2 »	» 10 »

Bei Maschinennietung leistet eine gut bewegliche Nietpresse auf der Baustelle unter günstigen Verhältnissen in 10 Stunden bis 800 Niete von 2,5^{cm} Durchmesser bei einem Drucke von 7000 bis 8000 kg, für sehr schwere Niete bis 15000 kg auf 1^{cm} Nietquerschnitt.

Die Möglichkeit der Handnietung hört mit mäfsig langen Nieten von 2,5^{cm} Durchmesser auf, während bei Maschinennietung alles thatsächlich Vorkommende ohne Schwierigkeit geleistet werden kann.

Die Kosten der Nietung betragen für 100 Stück an Arbeitslohn bei:

	13 bis 16 ^{mm} Durchm.	20 bis 23 ^{mm} Durchm.	24 bis 29 ^{mm} Durchm.
Maschinennietung . . .	1,25 Mark	1,5 Mark	1,7 Mark
Handnietung	3,5 »	4,0 bis 4,5 »	5,0 bis 6,0 »

197.
Fertige Niete.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe fest aufsitzen, ist daran zu erkennen, dafs ein elastisch geführter Hammer bei leichtem Schlage auf den Nietkopf zurückschnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und springt der Hammer nicht ab, so ist der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete sollen durch Absprennen eines Kopfes mittels Hammers und Stahlmeifels beseitigt und durch neue ersetzt werden.

⁸⁶⁾ Siehe: *Railroad gaz.* 1884, S. 662.

⁸⁷⁾ Siehe: *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882, S. 308.

Verbrauch und Gewicht der Niete werden nach den Tabellen für Rundeisen ermittelt, indem man der Schaftlänge zwischen den Köpfen die Länge von zwei Schaftdurchmessern für jeden Kopf hinzurechnet.

2) Anordnung der Vernietungen.

Bei der Anordnung und Berechnung von Nietungen kommen die folgenden wesentlichen Punkte in Betracht:

198.
Gesichtspunkte.

- α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;
- β) die Festigkeit der vernieteten Teile an der durch die Nietlöcher geschwächten Stelle;
- γ) die Festigkeit der vernieteten Teile zwischen den letzten Nietten und dem Blechrande;
- δ) die Reibung zwischen den verbundenen Teilen;
- ε) die Festigkeit des Nietbolzens;
- ζ) der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches: der Lochlaibungsdruck, und
- η) die verbiegende Wirkung auf den Bolzen.

α) Die Stärke des Nietbolzens hängt in erster Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, so können sie die Bleche nicht genügend aufeinander pressen; sind sie zu stark, so üben sie infolge ihrer Längsspannung zerstörende Drücke auf die Bleche aus. Ist d der Nietdurchmesser, δ die Stärke eines Bleches, so soll $\frac{d}{\delta}$ zwischen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen⁸⁸⁾. Nach *Winkler* soll der Durchmesser für Träger von l Met. Länge

199.
Stärke
des
Nietbolzens.

$$d = (2 + 0,005 l) \text{ Centim.}$$

betragen.

Die für Baukonstruktionen verwendeten Nietforten beschränken sich gegenwärtig auf Durchmesser von 0,7, 1,0, 1,2, 1,5, 1,6, 1,9, 2,0, 2,3 und 2,5 cm.

Die Länge der Nietbolzen bestimmt sich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Teile; jedoch sind die Vernietungen nach dem früher Gefagten so anzuordnen, daß die Schaftlänge das 4-fache des Durchmessers nicht überschreitet. Ist eine grössere Länge nicht zu umgehen, so müssen die in Art. 192 u. 194 (S. 143 u. 144) erwähnten Vorsichtsmaassregeln getroffen werden.

200.
Länge des
Nietbolzens.

β) Die Festigkeit des durch die Nietlöcher geschwächten Querschnittes der verbundenen Teile muß schon bei der Festsetzung der Abmessungen der letzteren im Auge behalten werden; denn würden sie genau den wirklichen Kräften entsprechend bemessen, so würde die Schwächung durch Nietlöcher Ueberanstrengungen hervorrufen. Streng genommen muß der Querschnitt eines Konstruktionssteiles um so viele Nietlochquerschnitte zu groß gemacht werden, wie in den Verbindungs- oder Anschlußstellen Niete in einen Querschnitt nebeneinander zu stehen kommen.

201.
Festigkeit
der
vernieteten
Teile.

Bei große Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird sich der Regel nach aus diesem Gesetze eine ganz unverhältnismäßige Verstärkung ergeben, wenn man versucht, die erforderlichen Niete sämtlich nebeneinander zu setzen, eine Anordnung, welche die gleichmäßige Beanspruchung aller Niete zunächst zweck-

⁸⁸⁾ Vergl. auch die nähere Besprechung unter η (Art. 206 u. 232).

mäßig erscheinen läßt. Man giebt daher letzteren Vorteil meistens auf — in vielen Fällen, beispielsweise in schmalen Bandeisen-, Winkelleisenschenkeln, ist diese Stellung auch unmöglich — und stellt die Niete in n_1 Reihen hintereinander, so daß für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querschnitt in Abzug kommen. Theoretische Erwägungen über die Spannungen in den zu verbindenden Teilen zwischen den Nietreihen haben die Ansicht entstehen lassen, daß man überhaupt nicht mehr als zwei Nietreihen hintereinander setzen dürfe; jedoch ist zu betonen, daß bislang durch die Anordnung von mehr als zwei Nietreihen hintereinander erkennbare Uebelstände nie hervorgerufen sind.

Thatächlich geht man in der Verstärkung noch weiter herunter. Bei gedrückten Teilen nimmt man gewöhnlich an, daß die Schäfte die Löcher vollkommen ausfüllen, somit durch die Niete ebenfогut Druck übertragen wird, wie durch den vollen Querschnitt selbst, und giebt daher gedrückten Teilen meist gar keine Verstärkung. Dies ist um so mehr zulässig, weil gedrückte Teile gewöhnlich erhebliche Querschnittsvergrößerungen zur Versteifung gegen Zerknicken erhalten, welche in den Anschlüssen oder in Stößen in der Nähe der Enden, wo diese Gefahr beseitigt oder vermindert ist, die Schwächung durch Nietlöcher ausgleichen.

In gezogenen Konstruktions teilen von Bandform giebt man der theoretischen Breite auf Grund der nachfolgend nachgewiesenen Nietstellung nur einen Zuschlag von einem Durchmesser. Man setzt bei n zu übertragenden Nietkräften in die erste Reihe nur einen Niet, der eine Nietkraft überträgt, so daß hinter dem Niete noch $n - 1$ Nietkräfte wirken; diesen steht aber eine $n + 1$ Nietkräften entsprechende thatächliche Bandbreite gegenüber, so daß nun 2 Niete in eine Reihe gesetzt werden können. Nunmehr verbleiben noch $n - 3$ Nietleistungen zu übertragen; demnach können in das $n + 1$ Nietleistungen entsprechende Band nun in der dritten Reihe 4 Niete gesetzt werden u. f. w.

Diese Stellung 1, 2, 4, 8 u. f. w. muß nach vorn und hinten symmetrisch ausgebildet werden, wenn Band an Band geschlossen werden soll; wird aber ein Band an einen viel stärkeren Konstruktions teil, z. B. an ein Knotenblech, angegeschlossen, der beliebige Schwächung verträgt, so braucht die Nietstellung nur nach der Seite des Bandes hin auf einen Niet spitz auszulaufen.

Wenn diese Nietanordnung auch nicht einwandfrei ist, so ist sie doch im ganzen von den vorgeschlagenen die zweckmäßigste und meist verwendete.

Die hiernach für Bandeisenvernietung aufzustellenden Regeln lauten: die Niete sollen gleichmäßig zu beiden Seiten der Bandachse angeordnet sein und in Reihen winkelrecht zu dieser stehen, deren erste und unter den oben bezeichneten Verhältnissen auch letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichst eine um je zwei erhöhte Nietzahl bekommen.

Bei der Verbindung breiter, gezogener Bleche kann man derartige Stellungen nicht verwenden; man ordnet hier so viele gleiche Nietreihen hintereinander an, daß das Metall zwischen den Nietlöchern der ersten Reihe nicht über bestimmte Grenzen hinaus in Anspruch genommen wird. In der ersten Reihe soll das Metall zwischen den Nietlöchern denselben Sicherheitsgrad besitzen, wie die Niete einer Reihe.

In allen diesen Fällen setzt man die Niete der einen Reihe meist hinter die Mitten der Nietabstände (Teilungen) der anderen; doch wird neuerdings nach Ver-

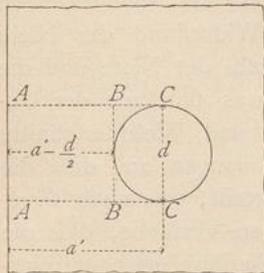
fuchsergebnissen auch befürwortet, die Niete der verschiedenen Reihen gerade hintereinander zu setzen.

Beim Anschlusse oder beim Stosse zusammengesetzter Querschnitte haben die einzelnen Teile, z. B. Winkeleisen, kleine **E**-Eisen, **T**-Eisen u. f. w., in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete nebeneinander aufnehmen zu können; die jedem Teile zukommenden Niete müssen daher alle hintereinander gesetzt werden, und man hat jeden solchen Querschnittsteil um ein Nietloch zu stark auszubilden.

Der Abstand der Mitte des äußersten Nietes einer Querreihe vom Seiten- (oder unbelasteten) Rande des Bleches soll nicht kleiner als $1,5 d$ sein, da sonst der dünne, ausserhalb des Loches stehen bleibende Metallstreifen beim Herstellen des Loches zu leicht zerstört wird.

Hier mag darauf hingewiesen werden, dass die vielfachen angedeuteten Unklarheiten bezüglich der Verteilung der Spannkkräfte auf grössere Nietzahlen und die etwa unvollständig erscheinende Verstärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einfluss auf die Güte der Verbindung durch den Umstand zum Teile verlieren, dass bei den Berechnungen von Nietungen die später zu erörternde Reibung der verbundenen Teile aufeinander und an den Ringflächen der Nietköpfe fast stets vernachlässigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgibt.

Fig. 416.



Teiles der Verbindung. Diese Rücksicht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufstellung bilden. Die Streifen *BC* dieser Fugen werden dabei meist nicht in Rechnung gestellt, weil das zwischen ihnen und dem Loche befindliche Blech bei der Herstellung des Loches in der Regel gelitten hat.

Fig. 417.

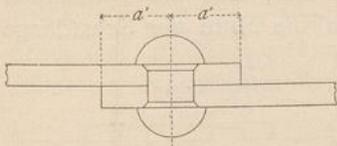


Fig. 418.

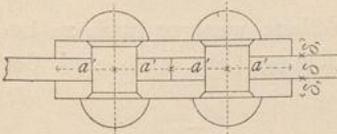
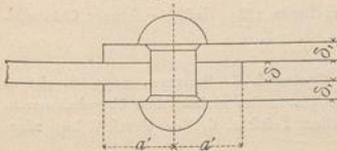


Fig. 419.



γ) Die Festigkeit des Stoffes zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Rande der Bleche ist thatfächlich von einer Beanspruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schlusse eines Bolzenauges. Die sehr verwickelte rechnerische Stärkenbestimmung auf dieser Grundlage führt aber zu unsicheren Ergebnissen. Man bemisst die Randbreite gewöhnlich so, dass das Abscheren in den in Fig. 416 punktierten Ebenen mit ebenso grosser Sicherheit vermieden wird, wie das Zerstören eines anderen

202.
Festigkeit
am
hinteren Rande
der Bleche.

δ) Die Reibung zwischen den Blechen untereinander und an den Kopfflächen entsteht nach der Herstellungsweise des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe infolge der Verkürzung des Nietchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ⁸⁹⁾ dieses Druckes, entsprechend der Reibungsziffer für nicht geglättete Eisenflächen. Sie ist um so grösser, je mehr Reibungsflächen vorhanden sind, deren jedoch für einen geschlossenen Teil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

203.
Reibung
zwischen den
Blechen.

Nach den Ergebnissen angestellter Versuche sind dabei die Platten in Fig. 417 (einschnittige Nietung) und die äusseren in Fig. 418 u. 419 (zweischnittige Nietung) in derselben Lage, wie die inneren in Fig. 418 u. 419, da die Reibung zwischen Blech und Nietkopf ebenso gross ist, wie zwischen zwei Blechen. Nur

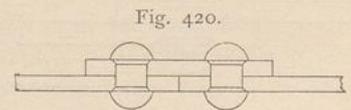
⁸⁹⁾ In: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird dieser Coefficient zu 0,4 angegeben.

bei sehr langen Nietten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im allgemeinen hat also jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diese beiden Flächen zusammen ergeben nun die Versuche von *Clark, Harcourt, Lavalley* und *Schichau*⁹⁰⁾ eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg für 1 qcm des Schaftquerschnittes, und man kann daraus bei einer Reibungsziffer von 0,4 auf eine Längsspannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 1500 \text{ kg}$ schließen. Dafs der Schaft bis zur Elastizitätsgrenze gereckt wird, wurde bereits in Art. 194 (S. 144) angenommen. Da diese Reibung sich jedoch bei gleich sorgfältiger Herstellung aller Probeniete außerordentlich (bis zu 100 Vomhundert) schwankend zeigte, so pflegt man bei Baukonstruktionen auf dieselbe nicht zu rechnen (wohl aber bei gewissen Konstruktionsstellen von Maschinen), sie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzusehen.

204.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist insofern von unmittelbarem Einflusse auf diejenige der Verbindung, als nach Ueberwindung, bzw. Vernachlässigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgefchert sein mufs, bevor die Trennung der Verbindung erfolgen kann. Je nachdem das Abscheren eines (Fig. 417), zweier (Fig. 418 u. 419) oder mehrerer Nietquerschnitte Vorbedingung der Zerstörung ist, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrschnittig. Mehr als zweifchnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Teilen besteht, welche sich alle auf denselben Bolzen hängen. Nach angestellten Versuchen⁹¹⁾ ist der Widerstand der Niete gegen dieses Abscheren um so geringer, je gröfser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzufcherenden Querschnitte jedes Nietes ist, was sich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftverteilung auf alle Niete und Nietquerschnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dafs die Scherspannung sich gleichförmig über den Nietquerschnitt verteilt, was nach *Grashof*⁹²⁾ thatsächlich undenkbar ist, so ergeben die verschiedenen Versuche, dafs die Scherfestigkeit für einschnittige Niete zwischen 60 und 70 Vomhundert, für zweifchnittige zwischen 55 und 65 Vomhundert der Zugfestigkeit des Nietstoffes liegt, nach anderen bis 80 Vomhundert steigt. Keinesfalls soll man daher die Niete mit mehr gleichförmig verteilt gedachter Scherspannung belasten, als mit $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugbeanspruchung des Nietstoffes, da die Niete aus besonders gutem Stoffe bestehen, der Regel nach also nicht höher als mit 1000 kg für 1 qcm⁹³⁾.

Die Vernietungen sollen thunlichst so angeordnet sein, dafs die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Teile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einseitige Anschlufs, die sog. Ueberlappung (Fig. 417), und die einseitige Laschung (Fig. 420) genügen dieser Bedingung nicht, sollen also nach Möglichkeit vermieden werden. Sie sind nicht in allen Fällen zu umgehen; es ist dann gut, die Niete weniger hoch zu belasten⁹⁴⁾. Gute Anordnungen sind die doppelte Verlaschung (Fig. 418) und der doppelte Anschlufs (Fig. 419).



⁹⁰⁾ Siehe ebendaf., S. 201 — ferner: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: GLASER'S Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹¹⁾ Siehe: Mitteilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: GLASER'S Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹²⁾ Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

⁹³⁾ Für Preussen sind die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen (siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 485 u. 1897, S. 313) in dieser Beziehung maßgebend, die übrigens mit denjenigen anderer Länder im wesentlichen übereinstimmen.

⁹⁴⁾ Die genaue rechnerische Behandlung solcher Verbindungen ist zu finden in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

Sehr lange Niete erleiden starke Biegung; man soll darauf achten, daß die in größerer Zahl anschließenden Teile der verbundenen Glieder so zu einander gestellt

Fig. 421.

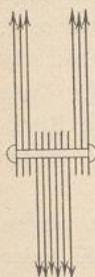
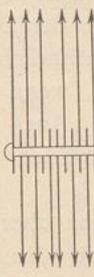


Fig. 422.



werden, daß thunlichst je zwei aufeinander liegende Teile von entgegengesetzt gerichteten Kräften beansprucht sind, da das ungünstigste Biegemoment für den Bolzen so seinen kleinsten Wert erreicht. Fig. 421 zeigt eine schlechtere, Fig. 422 eine bessere Anordnung, auf welche wir unter c (bei den Bolzenverbindungen) ausführlich zurückkommen. Uebrigens ist es notwendig, bei langen Bolzen die Biegespannungen, welche die schon vorhandenen erheblichen Längsspannungen des Schaftes vergrößern, in Betracht zu ziehen, da sie unter Umständen die größte Gefahr bilden. Bei kurzen, dicken Nieten haben sie wenig Einfluss.

ζ) Der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, der Lochlaibungsdruck, eine namentlich früher häufig übersehene Gefahrquelle, kann eine Verbindung lockern oder zerstören, welche in allen früher erwähnten Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, daß das Blech hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und seitlich ausquillt, oder dadurch, daß kleine Bewegungen der auf dem Bolzen hängenden Teile diesen allmählich anschleifen. Die Druckverteilung zwischen Bolzen und Lochwandung ist eine solche, daß sie von ihrem größten Werte im Scheitel des Bolzenquerschnittes im Sinne der Kraft- richtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer rechtwinkligen Durchmessers abnimmt. Auch statt dieser ungleichförmigen Druckverteilung wird, wie bei der Scherbeanspruchung, in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmesser verteilte Spannung eingeführt, welche nach angestellten Versuchen das Maß von $s'' = 1600$ bis 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmesser d nicht überschreiten darf⁹³⁾, wenn nicht Verdrückungen des Bleches hinter dem Niete entstehen sollen. Diese auf den Durchmesser verteilt gedachte, tatsächlich in der angenommenen Weise nicht wirkende Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungspressung, und sie ist namentlich bei geringer Blechstärke für die Anordnung der meisten Kraftnietungen maßgebend. Soll übrigens der Niet gegen Abfcheren und gegen Eindringen in das schwächste der verbundenen Bleche gleich sicher sein, so muß entsprechend den oben festgesetzten Spannungswerten für einschneittige Nietung etwa stattfinden

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600,$$

oder

$$d = 2,04 \delta,$$

was wieder zu der unter a (Art. 199, S. 147) angegebenen Regel führt.

Ist die Nietung jedoch zweischnittig, so müßte stattfinden: $2 \frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600$ oder rund $\delta = d$. Da δ aber fast stets kleiner als d ist, so wird man in diesem Falle die Nietzahl im allgemeinen nach dem Lochlaibungsdrucke zu bestimmen haben und die Scherfestigkeit der Niete somit nicht ausnutzen können.

Hieraus folgt für die weiteren Untersuchungen, daß ein einschneittiger Niet auf Abfcheren berechnet werden muß, wenn $d < 2 \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > 2 \delta$ ist; bei zweischnittiger Nietung ist der Niet auf Abfcheren zu berechnen, wenn $d < \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > \delta$ ist.

205.
Lochlaibungs-
druck.

206.
Biegung
der Bolzen.

7) Die Biegung des Nietbolzens durch die entgegengesetzte Richtung der Kräfte in verschiedenen durch den Bolzen verbundenen Teilen bildet, wie schon in Art. 204 (S. 150) hervorgehoben wurde, in vielen Fällen die für die Bolzenbemessung maßgebende Gefahr. Die Biegungsbeanspruchung wächst im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates des Durchmessers d und im geraden Verhältnisse der Blechdicke δ . In den meisten Fällen sind Lochlaibungsdruck und Biegung gefährlicher, als Abschierung, so daß der Bolzen dann am besten ausgenutzt wird, wenn er für diese beiden Arten der Beanspruchung gleich sicher ausgebildet wird. Auch diese Rücksicht führt, wie unter c (bei den Bolzenverbindungen) gezeigt werden soll, wieder zu dem in Art. 199 u. 205 festgesetzten Verhältnisse $d : \delta = \infty 2$.

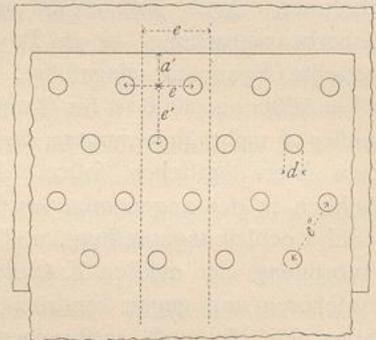
Hier verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß eine über das wegen des Laibungsdruckes erforderliche Maß hinausgesteigerte Dicke der Teile oder Lafchen nicht als Verstärkung der Verbindung aufzufassen ist, da sie die Bolzenlänge und damit die Beanspruchung auf Biegung erhöht.

3) Berechnung der Vernietungen.

207.
Bezeichnungen.

Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben sich für die verschiedenen, in Art. 199 bis 206 (S. 147 bis 152) besprochenen, in Rücksicht zu ziehenden Verhältnisse, wie folgt, wenn die zulässige Zugbeanspruchung der genieteten Teile s' , die zulässige Scherspannung derselben t' , diejenige des Nietstoffes t , der zulässige Lochlaibungsdruck s'' , die Nietzahl n , die belastende Kraft P , die Anzahl der Nietreihen n' , der Abstand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Nietteilung) e , derjenige der Reihen voneinander (Reihenteilung) e' , der Abstand der äußersten Nietmitten vom Seitenrande a , vom Hinterrande des Bleches a' , der Abstand eines Nietes vom nächsten der hinterliegenden Reihe e'' , die Blechstärke δ und der Nietdurchmesser d (Fig. 423) genannt werden.

Fig. 423.



208.
Durchmesser
und Zahl
der Nieten.

a) Nietdurchmesser und Nietzahl. Für den Durchmesser des Nietbolzens ist für gewöhnlich

$$d = 2 \delta; \dots \dots \dots 112.$$

für starke Bleche ist in der Regel d nicht größer als 2,5 cm.

Die Zahl der Niete ist so zu bestimmen, daß die Abschierungsfestigkeit aller Niete gleich P ist. Ist aber $d > 2 \delta$ für einschnittige Nietungen und $d > \delta$ für zweischnittige, welches letztere Verhältnis in fast allen Fällen eintritt, so wird der Lochlaibungsdruck s'' zu groß (vergl. den Schluß von Art. 205, S. 151); die Nietzahl muß alsdann nach letzterem bestimmt werden.

Es wird

$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einschnittige Niete, } d \geq 2 \delta; \dots \dots \dots 113.$$

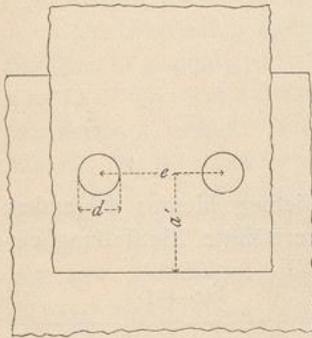
$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweischnittige Niete, } d \geq \delta; \dots \dots \dots 114.$$

$$n = \frac{P}{d \delta s''} \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Niete, wenn } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Niete, wenn } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 115.$$

β) Festigkeit des Bleches zwischen den Löchern einer einreihigen Nietung (Fig. 424). Diese ist maßgebend für die Teilung e . Die Tragfähigkeit des Bleches zwischen zwei Nietlöchern beträgt $s' \delta \left(e - 2 \frac{d}{2} \right)$, die des Nietes $\frac{d^2 \pi}{4} t$

209.
Festigkeit
in einer
Nietreihe.

Fig. 424.



für einschnittige, $\frac{d^2 \pi}{2} t$ für zweischnittige Nietung und

$d \delta s''$, wenn die Nietzahl mit Rücksicht auf Lochlaibungsdruck berechnet werden mußte. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweischnittiger Nietung ist in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 418 u. 419) für den einfachen und den doppelten Teil die gleiche, wenn das zweischnittig genietete Blech doppelt so stark ist, wie das einschnittig genietete, also unter der Bedingung, daß $\delta = 2 \delta_1$.

Die Gleichungen für e lauten also:

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 116.$$

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{2} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 117.$$

$$\delta (e - d) s' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 118.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 119.$$

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 120.$$

$$e = d \left(1 + \frac{s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 121.$$

In diesen Gleichungen kann meist, wegen der besonderen Güte des Nietstoffes, $t = s'$ und für die meisten Fälle $s'' = 1,5$ bis $2,0 s'$ gesetzt werden.

Wäre z. B. in Fig. 419, wo offenbar die Außenteile einschnittig, der Innenteil zweischnittig genietet sind, unter Einführung von $s' = t$, $s'' = 1,5 s'$ und $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, so ergäbe sich, wenn man zwischen den Blechstärken mittelnd $d = 1,5 \delta$ machte, $d = 3 \delta_1$; alsdann wäre für die äußeren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe sich für die äußeren Bleche, da $d > 2 \delta_1$, nach Gleichung 121: $e = 2,5 d = 2,5 \cdot 3 \delta_1 = 7,5 \delta_1 = 3,75 \delta$ und für das innere, zweischnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2,5 \cdot 1,5 \delta = 3,75 \delta$.

Wäre dagegen, was meist der Fall ist, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0,7 \delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, so würde für den einschnittig genieteten Außenteil nach Gleichung 119

$$e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right), \text{ oder } e = 5,14 \delta_1 = \text{rund } 3,6 \delta$$

und für den zweischnittig genieteten Innenteil nach Gleichung 121

$$e = 2,5 \cdot 1,4 \delta = 3,5 \delta$$

sich ergeben; das größere beider Maße muß ausgeführt werden.

Wie schon oben angedeutet, müssen die Gleichungen 119 u. 120 für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn also in die Gleichung 119: $\frac{\delta}{2}$ statt δ eingeführt wird, beide daselbe ergeben; denn die Hälfte des Mittelteiles ist dann gleich mit einem Aufsenteile.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs in der Nietung die Festigkeit des vollen Bleches unmöglich gewahrt bleiben kann; der Grad der Festigkeit der Vernietung wird gemessen durch $f = \frac{e-d}{e}$, also im zweiten der obigen Beispiele für die Aufsenteile durch

$$f = \frac{5,14 \delta_1 - 2 \delta_1}{5,14 \delta_1} = 0,61$$

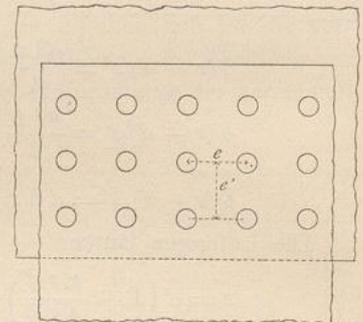
und für den Innenteil durch

$$f = \frac{3,6 \delta - 1,4 \delta}{3,6 \delta} = 0,61.$$

Zum Zwecke der Vermeidung der bei einreihiger Nietung hieraus folgenden, übermäßigen Verbreiterung der Teile ist die schon oben erwähnte Nietstellung eingeführt, welche die Nieten in mehrere Reihen, und zwar in die erste und letzte je einen Niet und in die nach der Mitte zu folgenden Reihen thunlichst je zwei Nieten mehr, setzt, und bei der man den Stab dann nur um d gegen den theoretischen Querschnitt verbreitert.

Wird der Wert f bei einreihiger Nietung zu klein, oder ist es überhaupt unmöglich, n Nieten in der Breite b unterzubringen, so geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 423 u. 425). Alsdann werden n' Nieten in die Teilungsbreite geschlagen; folglich sind die Gleichungen für e :

Fig. 425.



$$\delta s' (e - d) = n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 122.$$

$$\delta s' (e - d) = 2 n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 123.$$

$$\delta s' (e - d) = n' d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 124.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 125.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 126.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 127.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung und für die oben angegebenen Spannungsverhältnisse $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1,5 \delta = 3 \delta_1$, also für die Aufsenteile nach Gleichung 127: $e = 3 \delta_1 (1 + 3 \cdot 1,5) = 16 \delta_1 = 8,25 \delta$ und für den Innenteil nach Gleichung 119: $e = 1,5 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 8,25 \delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0,7 \delta$ und $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, also für die Seitenteile nach Gleichung 125: $e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{3 \pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 11,42 \delta_1 = 11,42 \cdot 0,7 \delta = \text{rund } 8 \delta$ und für den Mittelteil nach Gleichung 127: $e = 1,4 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 7,7 \delta = 11 \delta_1$.

Der Sicherheitsgrad $f = \frac{e-d}{e}$ ist im zweiten Beispiele für die Aufsenteile $\frac{11,42 \delta_1 - 2 \delta_1}{11,42 \delta_1} = 0,825$, für den Innenteil $\frac{8 \delta - 1,4 \delta}{8 \delta} = 0,867$.

Der höchste zulässige Wert für e in aufeinander liegenden, nicht sehr steifen Teilen ist $e = 8d$ bis $10d$, da bei weiterer Stellung der Niete namentlich schwache Bleche zwischen den Nieten voneinander klaffen und so dem Roste eine sehr gefährliche Angriffsstelle bieten. Mit der Blechstärke und allgemein mit der Steifigkeit der Teile nimmt diese Grenze für e ab.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muß statisch $0,5 e$ betragen. Ist dieser Wert aber kleiner als $1,5 d$, so macht man $a = 1,5 d$, da man zur Herstellung des Loches außen eines Blechstreifens etwa von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als obere Grenze für a den Wert $2,5 d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

γ) Die Festigkeit des Bleches zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muß das Ausfchern des Nietes nach Fig. 416 verhindern. Der zulässige Widerstand des Bleches ist $2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abfchern im Bleche und Abfchern des Nietes einerseits, Lochlaibungsdruck andererseits bedingt werden, lauten:

210.
Festigkeit
am hinteren
Blechrande.

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 128.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = 2 \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 129.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta, \end{array} \right\} \dots \quad 130.$$

oder:

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 131.$$

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 132.$$

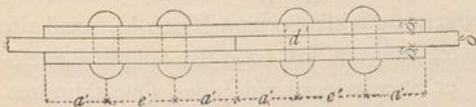
$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 133.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1,0$ gesetzt werden.

Im zweiten der obigen Beispiele wird für die Aufsenteile (siehe Fig. 419) nach Gleichung 131 $a' = 2 \delta_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 2,96 \delta_1$; ferner wird für den Innenteil nach Gleichung 133

$a' = 1,4 \delta \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} 1,0 \right) = 2,03 \delta = 2,03 \frac{\delta_1}{0,7} = 2,9 \delta_1$. Unter Umständen kann a' in verschiedenen Teilen einer Verbindung sehr verschiedene Werte annehmen.

Fig. 426.



find (Fig. 425 u. 426); für solche muß offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ sein, und die entsprechenden Gleichungen lauten daher:

Dieser Randabstand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen für den Reihenabstand e' (Fig. 425) in Frage, wenn die Niete in den Reihen nicht versetzt

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 134.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 135.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 136.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen veretzt, wie in Fig. 423, so fällt diese Rücksicht weg; man macht dann meist $e'' = e$, also $e' = 0,866 e$. Das mit Bezug auf die Herstellung der Löcher einzuhaltende geringste Maß von e' ist $2,5 d$, welches Maß dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werte ergeben.

211.
Reibung
zwischen den
Blechen.

δ) Die Reibung der Bleche aufeinander, welche nach dem in Art. 203 (S. 149) Gefagten auch bei einschnittigen Nietungen (Fig. 417 u. 420) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter dieser Bedingung bei sorgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerschnittes beträgt, kommt nur bei solchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollständiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Teile (Hängestangen für Decken, Gefänge etc.) werden so berechnet, daß die Reibung in dem Augenblicke überwunden wird, in welchem im Bleche die Elastizitätsgrenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

$$n = P \frac{1}{300 d^2 \pi}, \dots 137.$$

und für die Teilung

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1200 = (e - d) \delta s_e,$$

oder

$$e = d \left(1 + \frac{300 \pi d}{s_e \delta} \right), \dots 138.$$

also für $\delta = \frac{d}{2}$ und s_e (für gewöhnliches Schmiedeeisen) = 1500 kg auf 1 qcm

$$e = 2,25 d. \dots 139.$$

Für diese Nietungen muß die Teilung im allgemeinen etwas enger sein, als wenn die Scherfestigkeit der Niete in Betracht gezogen wird.

Unter Benutzung der Formel 138 kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietstellungen in Reihen, deren Nietzahl 1 in der ersten und letzten um je 2 in jeder Reihe nach der Mitte, bzw. dem Ende zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietverteilung zur Erzielung gleichmäßiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig sein muß.

212.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist in den obigen Formeln bereits dadurch genügend berücksichtigt, daß seine Scherfestigkeit, oder der zulässige Umfangsdruck der Abmessung der Nietteilung zu Grunde gelegt wurde. Vorteilhaft für die Festigkeit des einzelnen Bolzens ist eine thunlichst geringe Nietzahl, weshalb man bei Kraftnietungen den Durchmesser so weit steigern soll, wie die obigen Regeln erlauben. In zweifchnittigen Nietungen wird der Scherwiderstand jedes Querschnittes bei guter Ausführung nur mit 90 Vomhundert desjenigen der einschnittigen Nietung angegeben, weil es nicht möglich ist, beide Querschnitte ganz gleich zu beanspruchen.

ζ) Der Druck zwischen Bolzenumfang und Lochlaibung, dessen Steigerung über ein bestimmtes Maß (höchstens 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechstärke und Bolzendurchmesser) unzulässig ist, wurde durch obige Formelaufstellung für alle Abmessungen berücksichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältnis $\frac{d}{\delta}$ groß ist.

213.
Druck
am Bolzen-
umfang.

4) Nietverbindungen.

α) Der einseitige Anschluss. Fig. 417, 427 u. 428 zeigen diese Verbindung für zwei schmale Stäbe unter der Last P . Es entsteht ein Drehmoment $P\delta$, welches bei schlotternden Nieten (Fig. 427) durch Verdrehen dieser und einseitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \cdot 1,5 d$ erzeugt, das so lange wächst, bis beide sich

214.
Einseitiger
Anschluss.

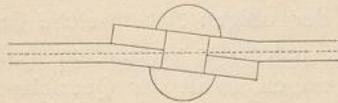
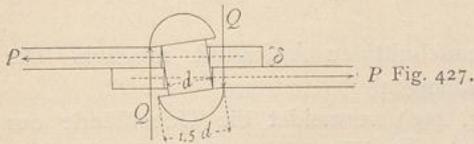


Fig. 428.

aufheben. Hiernach ist $Q = \frac{P\delta}{1,5 d}$, und

der Niefschaft wird im Kopfanfätze vom Moment $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1,5 d}{2} = \frac{P\delta}{2}$ gebogen

und von der Kraft $\frac{P\delta}{1,5 d}$ gezogen. Die

Biegungsspannung σ_1 folgt aus $\frac{P\delta}{2} = \frac{\sigma_1 d^3 \pi}{32}$ mit $\sigma_1 = \frac{16 P\delta}{\pi d^3}$, und die Zug-

spannung σ_2 aus $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1}{\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{8 P\delta}{3 \pi d^3}$. Im Niet entsteht also eine Zuschlag-

spannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56 P\delta}{3 \pi d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ist $\sigma = \frac{28 P}{3 \pi d^2}$. Der Niet ist auf $P = \frac{d^2 \pi}{4} t$ berechnet; ferner wird

$$\sigma = \frac{28}{3 \pi d^2} \frac{d^2 \pi}{4} t = \frac{7}{3} t.$$

Die Schubspannung t ist der Regel nach zu $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugspannung s' anzusetzen; demnach ergibt sich $\sigma = \frac{7}{3} \cdot \frac{4}{5} s' = \frac{28}{15} s'$ oder beinahe $= 2 s'$.

Ein schlotternder Niet wird nun zwar eben wegen dieses Zustandes keine wesentliche Längsspannung aus der Erkaltung besitzen; immerhin ist aber die oben nachgewiesene Beanspruchung eine sehr gefährliche.

Schlottern die Nieten nicht, füllen sie vielmehr das Loch ganz aus, oder ist infolge der oben nachgewiesenen Spannungen ein Nietkopf verbogen oder abgeprengt, so wirkt nun das Moment $\sigma \delta$, allmählich abnehmend, bieugend auf die Bleche ein, bis die beiden P in eine Gerade fallen. Als Breite des Stabes kann das Teilungsmaß e einer breiteren Nietung eingeführt werden. Die Biegungsspannung im Bleche σ ergibt sich aus $\frac{\sigma e \delta^2}{6} = P\delta$ zu $\sigma = \frac{6 P}{e \delta}$. Wegen der notwendigen Festigkeit des Stabes ist in der Nietung

$$P = \delta (e - d) s', \text{ also } \sigma = \frac{6 \delta (e - d) s'}{e \delta} \text{ oder } \sigma = 6 s' - 6 s' \frac{d}{e}.$$

Nun ist nach Gleichung 119, wenn $t = s'$ gesetzt wird, $e = d \left(1 + \frac{\pi d}{4 \delta}\right)$, somit

$$\sigma = 6 s' \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}} \right).$$

Wird fönach der Mittelwert $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, fo ergibt sich

$$\sigma = 3,66 s'.$$

Durch die Biegung allein wird demnach die zulässige Beanspruchung s' im Stabe weit überschritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 427 u. 428 wirklich auftritt⁹⁵⁾, sondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Teile hervorruft, so muß doch die in Rede stehende Verbindung zur Uebertragung großer Kräfte als bedenklich bezeichnet und soll auf diejenigen Fälle beschränkt werden, in denen sie wegen niedriger Beanspruchung der Teile unbedenklich ist.

Auch mehrreihige Nietung ist beim einschnittigen Anschlusse möglich. Die Anordnung ergibt sich aus den obigen Gleichungen.

275.
Zweiseitiger
Anschluß.

β) Der zweiseitige Anschluß (Fig. 419) vermeidet die Uebelstände des einseitigen; denn wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchschneidet, so entstehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche sich gegenfeitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Teile dieselbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, so ist der Querschnitt beider Teile theoretisch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Teile des doppelten Gliedes für die Ausführung meist zu gering, und man macht daher (Fig. 416) die Stärkesumme des doppelten Teiles $2\delta_1$ etwas größer, als die Stärke δ . Die Nietung kann einreihig und mehrreihig sein. Wenn jedoch die Abmessungen für die einschnittig angeschlossenen Teile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweiseitig angeschlossenen Mittelteil, so muß man, da verschiedene Anordnungen in den verschiedenen Teilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich sind, diejenigen Maße für alle Teile durchführen, welche für den einen Teil genügen, dem anderen zu große Stärke geben.

Von den obigen Formeln sind für die Aufsenteile die für einschnittige, für die Innenteile die für zweiseitige Nietungen aufgestellten maßgebend. Die Wiederholung dieser Verbindung giebt schließlich die symmetrische Vereinigung vielteiliger Glieder nach Fig. 419, bei welcher auch die Aufsenglieder als einschnittig, die Innenglieder als zweiseitig angeschlossen zu betrachten sind. Haben die vereinigten Teile ungleiche Kräfte zu übertragen, so muß die Vernietung nach den die größten Kräfte enthaltenden bemessen werden, was für die schwächeren dann leicht recht ungünstige Verhältnisse bedingt.

Da jedoch die einzelnen Bolzen in solchen vielteiligen Verbindungen sehr lang werden, so ist in derartigen Fällen in der Regel die Verwendung von Schraubenbolzen vorzuziehen, deren Stärkenbemessung für solche Fälle unter c besprochen wird.

276.
Einseitige
Verlascung.

γ) Die einseitige Verlaschung (Fig. 420) ist nur eine zweifache Aneinanderreihung des einseitigen Anschlusses und hat daher dieselben Nachteile, kann übrigens in derselben Weise berechnet werden wie dieser. Diese Art der Verbindung ist gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu beschränken.

⁹⁵⁾ Dafs diese Untersuchungen nicht streng richtig und zu ungünstig sind, wurde mehrfach nachgewiesen. Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

δ) Die doppelte Verlafchung (Fig. 418) ist wieder frei von den gerügten Mängeln, da sie zur Mittellinie symmetrisch ist. Auch sie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 423) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretisch müßte die Stärke der Lafchen zusammen gleich derjenigen des Bleches sein; in der Regel wird aber δ_1 etwas größer als $\frac{\delta}{2}$ gemacht.

217.
Doppelte
Verlafchung.

Beispiel. Ein Flacheisenband von der Dicke $\delta = 1,5$ cm soll mit doppelten Lafchen von der Dicke $\delta_1 = 1,0$ cm und Nietten vom Durchmesser $d = 2,0$ cm an ein $1,5$ cm starkes Knotenblech angegeschlossen werden; die Belastung beträgt 21000 kg. Die Spannungswerte seien angenommen mit $s' = 700$ kg für 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1,5$, $\frac{s'''}{t'} = 1,9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{1,9}{1,5} = \text{rund } \frac{5}{4}$.

218.
Beispiel.

Die theoretische Stabbreite beträgt $b = \frac{21000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Lafchen ergibt sich nach

$$\text{Gleichung 113: } n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21000}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 4,8, \text{ für das Blech nach Gleichung 115: } n = \frac{21000}{2 \cdot 1,5 \cdot 1100} = 6,4.$$

Demnach müssen 7 Niete gesetzt werden. Thatächlich betragen die Scherspannung im Niete nur $\frac{21000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 2} = 478$ kg und der Lochlaibungsdruck $\frac{21000}{7 \cdot 2 \cdot 1,5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältniszahlen eingeführt, so wird die Verbindung in allen Teilen auf ermäßigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit konstruiert. 7 Niete in eine Reihe zu setzen ist nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu groß würde; deshalb wird zweireihige Vernietung ($n' = 2$) angenommen.

In den Lafchen ist dann nach Gleichung 125: $e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 3,14}{4} \cdot 1 \cdot \frac{2}{1} \right) = 8,28$ cm, im Bleche nach Gleichung 127: $e = 2 (1 + 2 \cdot 1,5) = 8$ cm; daher wird $e = 8,3$ cm sein müssen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8,3 = 33,2$ cm.

Der hintere Randabstand a' der Lafchen wird nach Gleichung 131: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 2,96$ cm und derjenige im Bleche nach Gleichung 125: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 1,9 \right) = 2,9$ cm; der Randabstand wird also überall mit dem Mindestmaße $1,5$ $d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabstand wird in den Lafchen nach Gleichung 134: $e' = 2 \left(1 + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 3,96$ cm, im Bleche nach Gleichung 136: $e' = 2 (1 + 2 \cdot 1,9) = 3,9$ cm. Beide sind kleiner als $2,5$ d ; hier wird also das Mindestmaße $e' = 2,5$ $d = 2,5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Demnach ergeben sich die Verhältnisse, wie sie Fig. 429 darstellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung ist nach der Formel $f = \frac{e - d}{e} = \frac{8,3 - 2}{8,3} = 0,76$, gegenüber der theoretischen Stabbreite von 30 cm jedoch $\frac{33,2 - 4 \cdot 2}{30} = 0,84$.

Nach der Nietordnung mit wachsender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach der Folge 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu setzen haben. Die Stabbreite wird dabei $30 + d = 32$ cm gewählt, und wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem größten Randabstande von 5 cm $= 2,5$ d ergäbe sich eine Teilung von $\frac{32 - 10}{2} = 11$ cm, also größer, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben bestimmten Maßen ergeben sich die beiden Nietungen in Fig. 430 u. 431, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

Die Reihe der gewöhnlichen Nietverbindungen ist hiermit abgeschlossen; es bleibt nur noch etwas über die Verbindungen nicht ebener Teile hinzuzufügen.

Verbindungen für Blechrohre werden meist mit einseitiger Verlafchung oder einseitigem Anschlusse, genau nach den obigen Regeln, sowohl in der Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berücksichtigung der etwa in beiden verschiedenen Kraftwirkungen hergestellt. Doch ist vor dieser Art der Stofsausbildung zu warnen, wenn erhebliche Kräfte wirken, wie in Kesselwandungen, in der Wand großer cylindrischer

219.
Verbindung
von
Rohren.

Fig. 429.

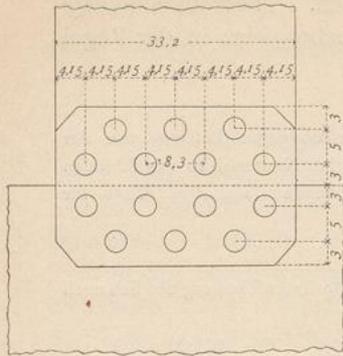


Fig. 430.

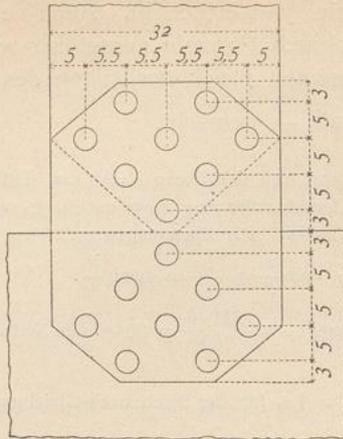
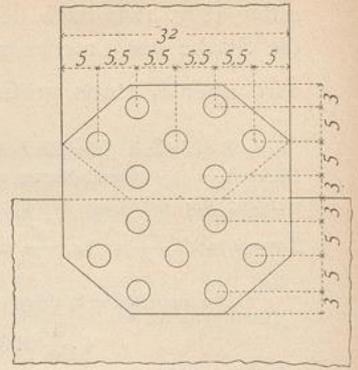


Fig. 431.



Wasserbehälter u. f. w. In solchen Fällen sollte man ausschließlich doppelte Verlafchung verwenden.

220.
Verbindung
von
Formeisen.

Formeisen können fast durchweg nur dadurch verbunden werden, daß man jeden einzelnen Teil mittels gefonderter Blechstreifen einseitig oder zweiseitig verlafcht, wobei dann die Verlafchung zweckmäfsig für jeden Teil gefondert berechnet wird. Die Teile folcher Querschnittsformen sind jedoch meist fo schmal, daß nicht mehrere Niete nebeneinander in ihnen Platz finden; man ist dann gezwungen, alle für einen Teil erforderlichen Niete in eine Linie hintereinander zu fetzen.

Am häufigften kommen Winkeleifenverbindungen vor, welche nach Fig. 432 bis 435 auf vier verschiedene Weifen ausgeführt werden können.

Von diesen ist die Verbindung in Fig. 432 die stärkste, aber wegen der hohen Kosten der besonders zu walzenden Formlafche nur höchst fetten. Die nächstbete ist die in Fig. 434, da die Lafchen sich auf die ebenen Winkeleifenflächen legen, stärker sind als das Winkeleifen und einen kurzen Abstand b (Wurzelmafs) der Niete von der Winkeleifen-Aufsenecke gestatten. Alsdann folgt zunächst die Verbindung in Fig. 433, welche die angeführten Vorteile wenigstens für einen Schenkel wahrt und dann an die Stelle der Anordnung in Fig. 434 treten muß, wenn der zweite Schenkel an einem anderen Konstruktionsteile anliegt; das Wurzelmafs b muß hier in dem außen verlafchten Schenkel wegen der Innenlafche des anderen Schenkels in ungünstiger Weise vergrößert werden, was in beiden Schenkeln geschieht, weil man einerfeits verschiedene Wurzelmafse in den Schenkeln zu vermeiden fucht,

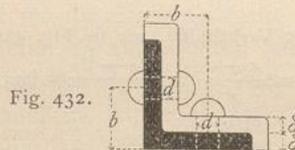


Fig. 432.

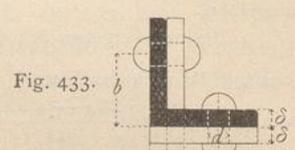


Fig. 433.

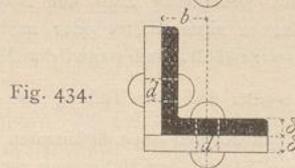


Fig. 434.

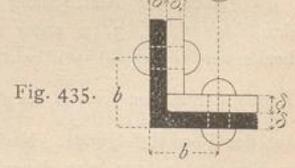


Fig. 435.

andererfeits ein kurzes Wurzelmafs in dem innen verlafchten Schenkel höchst ungünstige Nietstellung in der Innenlafche hervorriefe. Am wenigften gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkeleifen an zwei anderen Teilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), ist die Verbindung in Fig. 435, da von allen für Fig. 434 angeführten Vorteilen hier das Gegenteil eintritt. Die Lafchen müssen hier dicker gemacht werden, als die Schenkel, also $\delta_1 > \delta$. Was die Nietstellung anlangt, fo fetzt man die Niete des einen Schenkels auf die Mitten oder Viertel der Teilung des anderen, weil einander gegenüber stehende Niete oft gar nicht Platz haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und schlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem Schenkel das Winkeleifen um fo unfymmetrischer macht und die Kraftübertragung um fo weiter vom

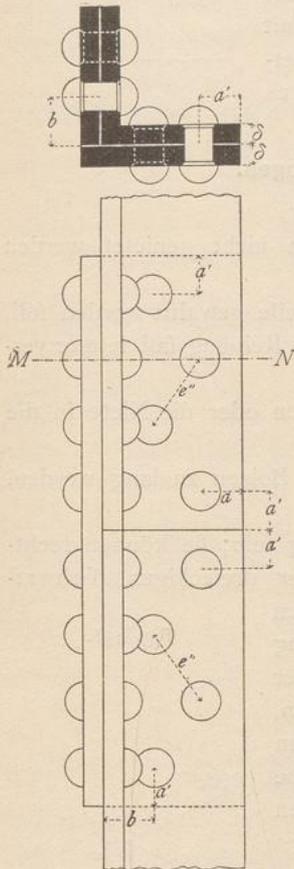
Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Aufsenrande fitzt, fo foll das Wurzelmafs fo klein wie möglich gewählt werden, und zwar ift zu machen:

$b = 1 + \delta + 0,75 d$, wenn keine Lafche im Winkeleifen liegt (Fig. 434) 140.

$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0,75 d$, wenn eine oder zwei Innenlafchen da find (Fig. 432, 433 u. 435) . . . 141.

Soll z. B. ein Winkeleifen von $10 \times 10 \times 1,4$ cm nach Fig. 434 mit 2,5 cm Nietdurchmesser verlafcht werden, fo ift das zugehörige Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 =$ rund 4,3 cm. Soll aber die Verlafchung nach Fig. 435 mit 1,6 cm starken Lafchen erfolgen, fo wird das Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 1,6 + 0,75 \cdot 2,5 = 5,9$ cm.

Fig. 436.
Schnitt M N.



Handelt es sich nun aber um fehr breite Winkeleifen (Fig. 433), fo rücken die Niete nach diefer Bemeffung des Wurzelmafes fo nahe nach der Ecke, dafs die Lafchen aufsen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgeschriebene Wurzelmafs und fetzt den nächften um $1,5 d$ vom Aufsenrande. Dabei ftellt man, wenn nicht befondere Rückfichten eine bestimmte Teilung vorfchreiben, zwei benachbarte in die fchräg gemeffene Entfernung $e'' = 3 d$ (Fig. 436, Grundrifs); alsdann muß ein äußerer Niet des einen einem innären des anderen Schenkels gegenüberftehen, da fonft die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 436, Schnitt M N).

Soll auf diefe Weife ein Winkeleifen von $13 \times 13 \times 1,4$ cm mit Nieten von 2,5 cm Durchmesser verlafcht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg auf 1 cm belaftet ift, fo ift die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1,4 - 2,5)}{2} 1,4 \cdot 800 = 12376$ kg. Nach Gleichung 113 ift für einen Schenkel

$$n = \frac{12376 \cdot 4}{2,5^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 3,7, \text{ also } n = 4.$$

Das Wurzelmafs b wird $1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 = 4,3$ cm, der Randabftand $a' = 1,5 \cdot 2,5 = 3,8$ cm, der Abftand $e'' = 3 d = 7,5$ cm und der hintere Randabftand a' nach Gleichung 131

$$a' = 2,4 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2,5}{1,4} \right) = 3,5 \text{ cm.}$$

Diefes Wurzelmafs, welches fich für eine Verbindungsftelle ergibt, bleibt, um die Teilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkeleifen maßgebend. Ift keine Verbindungsftelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkeleifen an ein Blech genietet, fo beftimmt fich das Wurzelmafs ftets nach Gleichung 140. Die zweireihige Nietenung (Fig. 436) beginnt bei Winkeleifen zweckmäßig erst von 12 cm Schenkelbreite an.

Die obigen Regeln können auch auf die Herftellung von Eckverbindungen zweier Bleche mittels Winkeleifen übertragen werden (fiche Kap. 3, unter a).

Auch die Vernietung anderer Formeifen erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen find; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eifen auf jedem Flanfch einfeitig, den Steg zweifseitig verlafchen. Solche Verbindungen anderer Formeifen als Winkeleifen find jedoch höchft felten.

Eine befondere Art von Vernietung ift noch zu erwähnen, nämlich die Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar aufeinander liegenden Teilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichft nicht herangezogen werden foll. Die Niefschäfte werden fehr lang und haben fonach, wenn fie Kräfte übertragen follten, höchft ungünstige Biegungsfpannungen zu erleiden. Um den vorgeschriebenen Abftand der Teile, welcher beim Stauchen des ohne weiteres eingefetzten Nietes durch völliges Zerquetfchen des Schaftes zwifchen den Teilen verloren gehen würde, zu wahren, fetzt man zunächft einen Ring mit dem

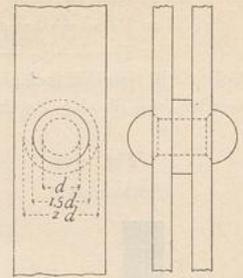
221.
Verbindung
mit
Stehnieten.

äußeren Durchmesser $2d$ und dem inneren Durchmesser d oder ein gelochtes Blechstück so zwischen die Teile, daß die drei Löcher sich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

Die zu diesem Zwecke verwendeten Blechabfälle werden auf dem Durchstoße gelocht, sollen aber keine zu unregelmäßige Außenform haben, von allen Graten befreit und thunlichst durch Pressen völlig eben hergerichtet sein.

Fig. 437 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da das Abklaffen der Teile voneinander zwischen den Niete mit Rückficht auf Rostbildung hier unschädlich ist, kann die Nietteilung e hier so weit gesteigert werden, wie die Kräfte es erlauben.

Fig. 437.



b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

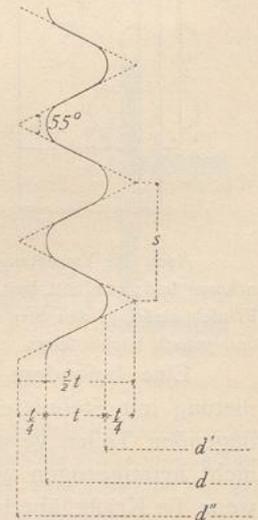
222.
Anwendung
und Ver-
schiedenheit.

Schraubenverbindungen kommen in Eifenteilen da vor,

- 1) wo die zu verbindenden Teile des Stoffes wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Gußeisenteilen;
- 2) wo eine gewisse Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Teile gewahrt werden soll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung fast immer verloren geht;
- 3) wo der Raum zu beengt ist, um Nietköpfe ausbilden oder die Niete in die Löcher einstecken zu können, und
- 4) wo wegen Vereinigung vieler Konstruktionsteile die Bolzen zu lang werden, um noch als Niete ausgebildet werden zu können.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgängig sein; sie können rechteckigen Gangquerschnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckigen (scharfgängige Schrauben) haben. Die eingängigen scharfgängigen Schrauben ergeben unter gleicher Last die größte Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsschrauben, die hier den Bewegungsschrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichst große Reibung erwünscht ist, so wird hier von ersteren allein die Rede sein. Auch ist bei gleicher Ganghöhe die Scherfläche zwischen Gang und Spindel bei der scharfen Schraube doppelt so groß, wie bei der flachen.

Fig. 438.



223.
Gangprofil
und Durch-
messer der
Schrauben.

Außer den beiden genannten kommen noch die Trapezschraube und die Schraube mit rundem Gangquerschnitte vor.

Das Gangprofil der scharfen Schraube zeigt Fig. 438; d' ist der innere Durchmesser, d der äußere Gewindedurchmesser, d'' der äußere Bolzendurchmesser, s die Ganghöhe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m festgelegt, welche bestimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 438 aus- und abgerundet, nur bei sehr weichem Stoffe, z. B. Messing, Bronze, mehr. Gemäß dem Abrundungsmaße

und dem Spitzenwinkel von 55 Grad wird $\frac{3}{2}t = s \frac{1}{\text{tg } 27^{\circ} 30'}$, also

$$t = 0,64 s, \dots \dots \dots 142.$$

wofür man meist $t = 2 \frac{s}{3}$ setzt. Daraus folgt $d' = d - 2t = d - 2 \cdot 0,64 s$; demnach

$$d' = d - 1,28 s \dots \dots \dots 143.$$

Nach Obigem ist nun $s = \frac{d}{m}$, also $d' = d - \frac{1,28 d}{m}$, fonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1,28}{m} \dots \dots \dots 144.$$

d' bestimmt sich nach der Last, und dann sind d und s der nachstehenden *Witworth'schen* Schraubenskala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmessers allgemein festlegt, damit sie beliebig vertauscht werden können.

Witworth's Skala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen- durch- messer d''	Außerer Gewinde- durchmesser d	Anzahl der Gewinde- gänge m auf		Innerer Durch- messer d'	Schlüssel- weite der Mutter D	Belastung		
			1 Zoll engl.	die Länge d			ohne Torsion	mit Torsion	
1	0,8	$\frac{1}{4}$	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	$\frac{5}{16}$	0,79	18	$5\frac{5}{8}$	0,61	1,6	79	48
3	1,1	$\frac{3}{8}$	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	$\frac{7}{16}$	1,11	14	$6\frac{1}{8}$	0,88	2,1	218	131
5	1,4	$\frac{1}{2}$	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	$\frac{5}{8}$	1,59	11	$6\frac{7}{8}$	1,29	2,7	560	336
7	2,0	$\frac{3}{4}$	1,90	10	$7\frac{1}{2}$	1,58	3,2	897	538
8	2,3	$\frac{7}{8}$	2,22	9	$7\frac{7}{8}$	1,86	3,6	1 299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1 755	1 053
10	3,0	$1\frac{1}{8}$	2,86	7	$7\frac{7}{8}$	2,39	4,5	2 260	1 356
11	3,3	$1\frac{1}{4}$	3,18	7	$8\frac{3}{4}$	2,72	5,0	2 993	1 796
12	3,6	$1\frac{3}{8}$	3,49	6	$8\frac{1}{4}$	2,95	5,4	3 564	2 138
13	3,9	$1\frac{1}{2}$	3,81	6	9	3,27	5,8	4 441	2 665
14	4,3	$1\frac{5}{8}$	4,13	5	$8\frac{1}{8}$	3,48	6,3	5 070	3 042
15	4,6	$1\frac{3}{4}$	4,45	5	$8\frac{3}{4}$	3,80	6,7	6 107	3 664
16	4,9	$1\frac{7}{8}$	4,76	$4\frac{1}{2}$	$8\frac{7}{16}$	4,00	7,2	6 949	4 169
17	5,2	2	5,08	$4\frac{1}{2}$	9	4,36	7,6	8 155	4 893
18	5,8	$2\frac{1}{4}$	5,72	4	9	4,91	8,5	10 454	6 272
19	6,5	$2\frac{1}{2}$	6,35	4	10	5,54	9,4	13 438	8 063
20	7,1	$2\frac{3}{4}$	6,99	$3\frac{1}{2}$	$9\frac{5}{8}$	6,06	10,3	16 182	9 709
21	7,7	3	7,62	$3\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$	6,69	11,2	19 849	11 909
22	8,4	$3\frac{1}{4}$	8,26	$3\frac{1}{4}$	$10\frac{9}{16}$	7,26	12,1	23 488	14 093
23	9,0	$3\frac{1}{2}$	8,89	$3\frac{1}{4}$	$11\frac{3}{8}$	7,89	13,0	27 867	16 720
24	9,6	$3\frac{3}{4}$	9,53	3	$11\frac{1}{4}$	8,44	13,8	31 996	19 198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37 076	22 245
	Centim.	engl. Zoll.	Centim.			Centimeter.		Kilogr.	

Durch verschiedene Abrundungen der englischen Abmessungen sind in diese Schraubenmaße solche Abweichungen hineingekommen, daß Schrauben und Muttern verschiedener Herkunft durchaus nicht immer passen. Der Verein Deutscher Ingenieure hat daher die folgende auf metrischem Maße beruhende Reihe aufgestellt, die sich mehr und mehr verbreitet⁹⁶⁾.

⁹⁶⁾ Durch Vereinbarung des Vereins Deutscher Ingenieure, der *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* in Paris und des Vereines Schweizerischer Maschinen-Industrieller auf einer Versammlung am 20. Oktober 1900 ist in Zürich das metrische Gewinde bereits zu einem internationalen geworden. In der »Schweizerischen Bauzeitung« 1900, Oktober, S. 165 ist über diese Versammlung berichtet; zugleich werden dort die Formeln mitgeteilt, auf denen die Maßzusammenstellung auf S. 164 beruht.

Außerer Gewindedurchmesser	Kern-durchmesser	Ganghöhe	Gangtiefe	Schlüsselweite	Außerer Gewindedurchmesser	Kern-durchmesser	Ganghöhe	Gangtiefe	Schlüsselweite
d	d'	h	t	D	d	d'	h	t	D
6	4,5	1,0	0,75	12	20	16,4	2,4	1,8	34
7	5,35	1,1	0,825	14	22	17,8	2,5	2,1	37
8	6,2	1,2	0,9	16	24	19,8	2,8	2,1	40
9	7,05	1,3	0,975	18	26	21,2	3,2	2,4	43
10	7,9	1,4	1,05	20	28	23,2	3,2	2,4	46
12	9,6	1,6	1,20	22	30	24,6	3,6	2,7	49
14	11,3	1,8	1,35	25	32	26,6	3,6	2,7	52
16	13,0	2,0	1,50	28	36	30,0	4,0	3,0	58
18	14,7	2,2	1,65	31	40	33,4	4,4	3,3	64

Millimeter.

Millimeter.

Um die umstehende *Witworth'sche* Tabelle nicht immer benutzen zu müssen, sind für d und s zwei Beziehungsgleichungen aufgestellt, welche lauten:

$$s = 0,07 \text{ cm} + 0,095 d \text{ für } d \geq 6 \text{ cm}, \dots \dots \dots 145.$$

$$s = 0,262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6 \text{ cm}, \dots \dots \dots 146.$$

Aus Gleichung 142, 143 u. 144 (S. 162 u. 163) kann nun eine unmittelbare Beziehung zwischen d'' , d und d' abgeleitet werden, und zwar ergibt sich für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 142, 143 u. 144

$$d = (1,139 d' + 0,103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1,173 d' + 0,128) \text{ Centim.} \quad 147.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ist bei der zulässigen Beanspruchung s' für 1 qcm gleich $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$; folglich ergibt sich der der Last P entsprechende innere Durchmesser

$$\text{aus } d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}, \text{ oder, da man wegen des Anschneidens der Gewinde den}$$

$$\text{äußeren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig ansehen kann, } d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}.$$

Die zulässige Beanspruchung s' wird wegen der beim Andrehen der Mutter entstehenden Verwindung (Torsion⁹⁷) in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefetzt; die Gleichung für d' lautet demnach:

$$d' = 0,2 + 0,0046 \sqrt{P}, \dots \dots \dots 148.$$

und für die erforderliche Anzahl n , wenn mehrere Schrauben von gegebenem, innerem Durchmesser d' vorhanden sind,

$$n = \frac{P}{471 (d' - 0,2)^2} \dots \dots \dots 149.$$

Den nach Gleichung 147 u. 148 aus der Last ermittelten äußeren Durchmesser d'' kann man nicht ohne weiteres beibehalten; vielmehr ist der nächstgrößere der obigen Skalen einzuführen.

Wenn P nicht als Zug auftritt, sondern als Scherkraft, so ergibt sich, da die Scherfelle fast stets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äußere Durchmesser unmittelbar aus $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für einseitige und aus $2 \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für zwei-

⁹⁷) Ueber genaue Berücksichtigung der Verwindungsstörungen vergl.: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

schnittige Abscherung. Auch bei den Schraubenbolzen muß der Lochlaibungsdruck für kleine Durchmesser im Auge behalten werden, gemäß der Gleichung $P = d'' \delta s''$ (vergl. Art. 205, S. 151), und es ergeben sich hier ähnlich, wie bei den Nietten, für d die Gleichungen:

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abscherung, } d'' \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 150.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abscherung, } d'' \geq \delta; \quad \dots \quad 151.$$

$$d'' = \frac{P}{s'' \delta} \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Abscherung, } d'' > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Abscherung, } d'' > \delta. \end{array} \right\} \quad \dots \quad 152.$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinsam übertragen, so ist nach Annahme des Durchmessers d'' die Bolzenzahl n nach Gleichung 113 bis 115 zu ermitteln.

Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern sich von selbst lösen, also auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

Auf Verwindung muß Rücksicht genommen werden, wenn das Anspannen der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Lasten nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. In diesem Falle darf die zulässige Zugspannung nur auf $\frac{3}{5} s'$ getrieben werden; der innere Gewindedurchmesser folgt somit für diesen Fall aus $d' = 0,2 + 0,039 \sqrt{P}$. Hiernach ist die letzte Spalte der Skala auf S. 163 berechnet.

Die Schraubenmutter wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratisch geformt; jedoch läßt sich die runde Mutter schwer andrehen; die quadratische enthält viel Metall. Am besten ist die sechseckige Mutter, da sie wenig überflüssiges Metall enthält und doch das Aufsetzen eines Schlüssels erlaubt; sie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das feithche Ansetzen des Schlüssels von neuem zu gestatten.

Um beim Andrehen im Auflager der Mutter keine zu große Berührungsfläche zu erhalten, wird erstere unten nach einer Kugel abgerundet, meist auch oben, um eine Gegenmutter nachzuschrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; sie sitzt also nur mit einer schmalen Ringfläche auf. Neuerdings hat man erkannt, daß die ebene Gestaltung der Mutter an der Unterfläche eben durch die erzielte Größe der Reibungsfläche ein wirksames Mittel gegen das selbstthätige Losdrehen der Mutter bildet. Man vergrößert diese Berührungsfläche sogar noch, indem man die Mutter unten durch einen ringartigen Ansatz verstärkt und nur den oberen Teil zum Aufsetzen des Schlüssels eckig gestaltet. Solche Muttern heißen Bundmuttern.

Die Schlüsselweite D wird aus den angeführten Schraubenkalen oder aus der Formel $D = (0,5 + 1,4 d)$ Centim. bestimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmesser des umschriebenen Kreises ist dann $D' = (0,6 + 1,62 d)$ Centim.

Die Höhe h der Mutter muß so bemessen werden, daß der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausformen kann, d. h. mindestens muß $t d' \pi h = \frac{s' d'^2 \pi}{4}$, also $h = \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ sein. Nimmt man Rücksicht darauf, daß das Metall bei scharfgängigen Schrauben etwa auf $\frac{1}{6}$ der abzuschleifenden Fläche

224.
Schrauben-
mutter.

durch das Schneiden der Gewinde verletzt ist, so würde $h = \frac{6}{5} \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ gesetzt werden müssen, und nimmt man im Mittel $d' = \frac{8}{10} d$ und $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ an, so ergibt sich $h = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10}{6 \cdot 5 \cdot 8} d = \frac{3}{10} d$. Muttern dieser geringsten Höhe nutzen sich stark ab; man steigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis $h = d$, und für solche Schrauben, die oft gelöst und wieder angedreht werden müssen, bis $h = D$. Hat der Bolzen keinen Zug, sondern nur Abscherung zu übertragen, so macht man h nie größer als $0,3 d$, da die Mutter dann ganz unbelastet ist. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen Fig. 439 u. 440, worin auch eine zur Verteilung des Mutterdruckes auf eine große Fläche der Unterlage bestimmte Unterlegscheibe mit dargestellt ist. Selbstverständlich ist eine solche Unterlegplatte bei Bundmuttern nie erforderlich.

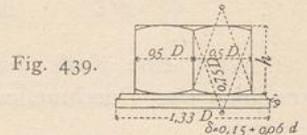


Fig. 439.



Fig. 440.

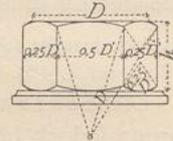
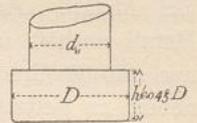


Fig. 441.



225.
Schraubens-
kopf.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde versehen; am anderen erhält er statt dessen einen festen Kopf, welcher meist ein Quadrat von der Seitenlänge D bildet und die Höhe $h = 0,45 D$ erhält (Fig. 441). In seltenen Fällen wird der Kopf sechseckig geformt.

226.
Besondere
Formen von
Mutter u. Kopf.

Besondere Formen von Mutter und Kopf entstehen in folgenden Fällen.

Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Teilen vorstehen, so setzt man sie in eine Vertiefung, welche so weit gemacht wird, daß die Wandstärke des am Ende ein entsprechendes sechseckiges Loch zeigenden Stockschlüssels aus Rundeisen mit doppeltem Handgriffe darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und giebt ihr in der Oberfläche zwei Löcher, um sie mit dem zweizinkigen Zirkelschlüssel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht sich der Bolzen leicht mit; man muß daher mittels eines Schraubenschlüssels am Kopfe, welcher deshalb die Maulweite D erhält, gegenhalten. Geht dies nicht, so bringt man am unteren Schafteile oder am Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung des Drehens an.

Ist eine fest angezogene Schraube dauernd Erschütterungen ausgesetzt, so löst sich die Mutter allmählich von selbst, indem die Reibung zwischen Mutter und Unterlage und zwischen Mutter und Bolzengewinde durch die Schwingungen überwunden wird. Man verwendet deshalb für die Baukonstruktionen geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern, unter denen die Verwendung von Bundmuttern jetzt sehr gebräuchlich ist.

227.
Schrauben-
verbindungen.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, so ist d' nach Gleichung 148 zu bestimmen; wenn mehrere Schrauben die Last P übertragen, so liefert Gleichung 149 ihre Anzahl n .

Auf Abscherung ergibt sich der Bolzendurchmesser d'' für die Kraft P nach den Gleichungen 150 bis 152; sind mehrere Bolzen des Durchmessers d'' zu verwenden, so folgt die erforderliche Anzahl n aus:

$$n = \frac{4P}{\pi t d''^2} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' \geq 2\delta; \dots \dots \dots 153.$$

$$n = \frac{2P}{\pi t d''^2} \text{ für zweifchnittige Bolzen, } d'' \leq \delta; \dots \dots \dots 154.$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' > 2\delta, \text{ und } \left. \dots \dots \dots 155. \right\}$$

Wird der Bolzen des Durchmessers d'' zugleich auf den Zug S und die Abföcherung T , d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet d_z den dem Zuge S allein genügenden Rundeisendurchmesser, so mache man

$$d'' = d_z \sqrt{\frac{1}{8} \left[3 + 5 \sqrt{1 + \left(\frac{2T}{S} \right)^2} \right]}; \dots \dots \dots 156.$$

für $T = S$ wird $d'' = 1,33 a_z$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisentabelle festgestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

- 7 Bolzendurchmesser für sechseckige Mutttern und Köpfe,
- 8 " " " viereckige " " "

hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

Für Bauzwecke ist der Anschluss von Rundeisenstangen mittels angeftauchten oder angeschweißten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Teile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 442) oder länglich (Fig. 443) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Teile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlussblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschluss die Gleichung

$$\delta d'' s'' \geq \frac{d''^2 \pi}{4} t$$

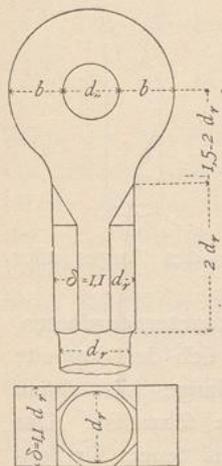
die Bedingung dafür, dass Abföcherung, nicht Lochlaibungsdruck in Frage kommt; ebenso für zweifchnittigen Anschluss

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t.$$

Hierin ist $\frac{s''}{t} = 1,9$ zu setzen, da in den Schraubenbolzen meist nicht besserer Stoff steckt, als in den Rundeisen und Blechen; demnach lauten die obigen Bedingungen: Abföcherung kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn

$d'' \leq 2,4 \delta$, und bei zweifchnittigen Bolzen, wenn $d'' \leq 1,2 \delta$. Ist d'' gröfser, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungsdruck zu rechnen.

Fig. 442.



228.
Bedingungen.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 442) wird in der Regel dadurch hergestellt, dass man den voll mit s' beanspruchten Rundeisendurchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1,1 d_r$, dieses in ein Quadrat von der Seite $\delta = 1,1 d_r$ und letzteres in das kreisförmige Auge von der Randstärke b und dem Augendurchmesser d'' übergehen lässt.

229.
Kreisförmiges
Bolzenauge.

Bezeichnen, wie früher, s' die zulässige Zugspannung, t die zulässige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlussbleche, so kann man hier $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungsdruck $s'' = 1,5 s'$ bis $2 s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser muss nun fein:

$$\begin{aligned}
 d'' &= 1,12 d_r && \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d'' \leq 2,4 \delta, && . && 157. \\
 d'' &= 0,79 d_r && \text{für zweischnittige Bolzen, wenn sich } d'' \leq 1,2 \delta, && . && 158. \\
 d'' &= 0,52 d_r \frac{d_r}{\delta} && \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d'' > 2,4 \delta \text{ und } &&) && 159. \\
 &&& \text{für zweischnittige Bolzen, wenn sich } d'' > 1,2 \delta &&) &&
 \end{aligned}$$

ergiebt.

Im Bolzenauge selbst ist $\delta = 1,1 d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 159: $d'' = 0,48 d_r$. Bei der Benutzung dieser Formel ist für δ sowohl die Augentärke, wie andererseits die Stärke des Teiles in Rücksicht zu ziehen, an welchen der Anschluss erfolgt.

Die Randbreite b des Auges ist gleich $0,72 d_r$ zu machen. Sollte irgendwo an die Rundeisenstange ein Schraubengewinde angechnitten sein, so ist als d_r der innere Gewindedurchmesser d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 148, die zulässige Zugspannung auf 600 kg für 1 qcm ermässigt zu werden braucht.

In vielen Fällen ergibt sich für das kreisförmige Auge nach Fig. 442 eine Stärke δ , welche erheblich gröfser ist, als die desjenigen Teiles, an welchen der Anschluss erfolgt; der Durchmesser d'' ist dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieses Teiles zu bemessen und wirkt auf die Bildung des Auges äufserst ungünstig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anschlussbleche dadurch erreichen, dass man es durch einseitiges oder zweiseitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verstärkt, muss aber diese Verstärkungen mit dem Anschlussbleche vor Auflegen des Auges oder feiner Laschen mit einer Anzahl von Nieten verbinden, welche nach den Gleichungen 113 bis 115 (S. 152) aus der Kraftgröfse $\frac{P \delta_2}{\delta}$ zu ermitteln ist; diese Niete

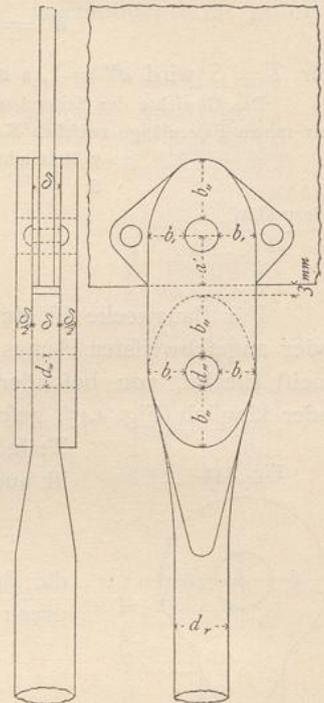
sind, soweit sie sich ganz oder zum Teile in der Auflagerfläche des Auges oder der Laschen befinden, beiderseits zu versenken,

230.
Gabelförmiges
Doppelauge.

Der Anschluss solcher Teile soll stets zweiseitig, nur bei ganz untergeordneten, gering belasteten Gliedern einschnittig erfolgen. Unmittelbar lässt sich der doppelte Anschluss nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitz gleich der Dicke des Anschlussbleches an die Stange schweisst. Das Schmieden und Schweißen dieser Gabelaugen ist aber schwierig und teuer; für Bauarbeiten ist deshalb dieser Anschluss entweder zu kostspielig oder zu unsicher. Nur bei gegoffenen Druckgliedern ist die Verwendung dieser schwierigen Form zulässig. Bei schmiedeeisernen Teilen soll der Anschluss durch doppelte Laschung erfolgen, wobei man die Laschen mit der Stärke $\frac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 443 u. 444) mit etwa 3 mm Spielraum zwischen dem Stangenaug und dem Anschlussbleche ausbildet.

Häufig sind auch derartige Anschlüsse, in denen sich von der einen Seite die Augen zweier schwächeren, von der anderen das Auge einer stärkeren Zugstange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

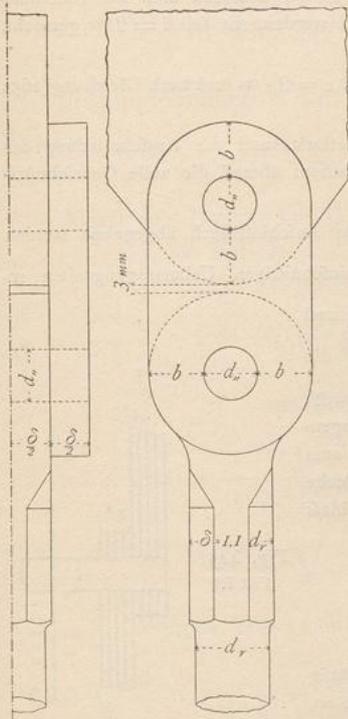
Fig. 443.



Das elliptische Bolzenauge (Fig. 443) wird oft verwendet, wenn es sich um den Anchluss von Flacheisen handelt, jedoch auch wohl in den Anschlüssen von Rundeisen; indess ist diese Form wegen der

237.
Elliptisches
Bolzenauge.

Fig. 444.



teuereren Herstellung, namentlich in neuerer Zeit, immer feltener geworden.

In beiden Fällen wird das Auge meist durch Stauchen und Ausschmieden erzielt. Da man aber beim Ausschmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeisens unabhängig ist, so wird man sie der Dicke des Anschlussstückes anzupassen streben, sie aber jedenfalls so bemessen, dass der Gelenkbolzen von der Last P auf Lochlaibungsdruck und Abfcherung in gleichem Masse gefährdet wird. Man macht daher

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abfcherung } 160.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abfcherung } 161.$$

und hiernach dann gemäß

$$\delta d'' s'' = \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige,}$$

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für zweischnittige Bolzen, bei}$$

$$s'' = 1,9 t,$$

$$\delta = 0,42 d'' \text{ für einschnittige Bolzen, } 162.$$

$$\delta = 0,83 d'' \text{ für zweischnittige Bolzen, } 163.$$

Sollte der Anschlussstück erheblich schwächer sein als δ , etwa δ_1 stark, so muss man ihn zunächst wieder durch gefondert aufgenietete, thunlichst beiderseitige Zulagebleche von der Gesamtdicke $\delta_2 = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man diese Verdickung des zu schwachen Anschlussbleches nicht vor, so muss der Bolzendurchmesser auf Lochlaibungsdruck im Anschlussbleche bemessen werden, und man erhält alsdann meist übermäßig weite Augen.

Das Auge selbst wird nun meist so geformt, dass die Breite des Randes neben dem Auge b_1 , auf die einfache Zugspannung s' berechnet, der Last $\frac{3}{4} P$, die Breite hinter dem Auge b_2 , der Last $\frac{5}{4} P$ entspricht. Alsdann ergibt sich unter Benutzung der Gleichungen 160 bis 163, bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$$b_1 = 1,12 d'' \text{ für ein- und zweischnittige Bolzen, } 164.$$

$$b_2 = 1,87 d'' \text{ für ein- und zweischnittige Bolzen. } 165.$$

Beispiel. Eine Kraft von 5000 kg soll durch ein Rundeisen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anschlussblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmesser der Stange ist nach Gleichung 148, wenn dort wegen fehlender Verwindung s' statt mit 600 mit 750 kg eingeführt wird, $d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3,12 \text{ cm}$, wozu nach der Witworth'schen Skala (S. 163) als nächst größeres das Rundeisen Nr. 13 mit $d_r = 3,9 \text{ cm}$ Bruttodurchmesser gehört.

Der Anschluß erfolgt zweifach durch doppelte Lafchung; daher muß der Durchmesser des Anschlußbolzens nach Gleichung 161: $d'' = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3,14 \cdot 600}} = 2,3$ cm sein, wenn $t = 600$ kg für 1 qcm Abscherspannung zugelassen werden.

Nach Gleichung 163 folgt weiter $\delta = 0,33 d'' = 0,33 \cdot 2,3 = 1,9$ cm; demnach muß das Anschlußblech um 0,9 cm einseitig oder besser um 0,45 cm beiderseitig verstärkt werden. Es soll $\delta = 2$ cm gemacht, das Anschlußblech auf jeder Seite um 0,5 cm verstärkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 164: $b = 1,12 d'' = 1,12 \cdot 2,3 = 2,6$ cm und nach Gleichung 165: $b'' = 1,87 d'' = 1,87 \cdot 2,3 = 4,3$ cm.

Jede der beiderseitig aufzulegenden Lafchen wird nun 1 cm stark, und die Ausschmiedung des Rundeisens in das glatte Auge muß so angeordnet werden, daß mindestens überall die volle Querschnittsfläche eines Kreises vom Durchmesser $d' = 3,12$ cm vorhanden ist.

Die Kraft, welche aus jeder der beiden Verstärkungen an das Anschlußblech abgegeben werden muß, beträgt $\frac{5000 \cdot 0,5}{2} = 1250$ kg. Die für jede Verstärkung einschneidigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 112 (S. 152) $d = 2 \cdot 0,5 = 1$ cm Durchmesser, und ihre Anzahl ist nach Gleichung 113: $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3,14 \cdot 750}$, wenn die

Scherspannung im Niete zu 750 kg für 1 qcm gesetzt wird, also $n = 2$. Die für die zweite Verstärkung gleichfalls einschneidigen, anderen Längenhälften dieser Bolzen bewirken dort den Anschluß, so daß 2 Niete zum Anschluß beider Verstärkungen genügen. Im verstärkten Anschlußbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 133 (S. 155) folgende Maß $a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right)$ abzufehen; für $\frac{s''}{t'} = 1,9$ ergibt sich

$$a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1,9}{2} \right) = \text{rund } 3,5 \text{ cm.}$$

Die berechnete Anordnung ist in Fig. 443 dargestellt.

Die Befestigungsbolzen dieser Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem schwachen durchgesteckten Splinte an, welcher bloß das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat.

Bolzenverbindungen mehrteiliger Konstruktionsglieder kommen fast ausschließlich in solchen Bauteilen vor, welche aus einer größeren Zahl von flachen Bändern mit Bolzenaugen bestehen und wegen der geringen Breite der Bänder dann nur einen durch sämtliche Glieder gehenden Bolzen erhalten. Hier soll daher bloß dieser Fall untersucht werden, und zwar zunächst unter der Einschränkung, daß die zu verbindenden Glieder in einer Geraden liegen.

In Fig. 445, 446 u. 447 sind die drei Möglichkeiten dargestellt, wie n Bänder der Dicke δ durch einen Bolzen des Durchmessers d'' verbunden werden können. Es bezeichnen s' die zulässige Zugspannung im Gliede und Bolzen, t die zulässige Abscherspannung in beiden, s'' den zulässigen Lochlaibungsdruck am Bolzen; unter δ^{ab} , bezw. d''^{ab} ist zu verstehen, daß die Größen auf Abscherrung und Biegung, unter δ^{db} und d''^{db} , daß sie auf Laibungsdruck und Biegung gleich sicher berechnet sind.

In allen drei Fällen hat der Bolzen neben der Abscherrung, bezw. dem Laibungsdrucke ein Biegemoment aufzunehmen, welches beträgt

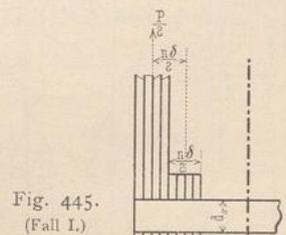


Fig. 445.
(Fall I.)

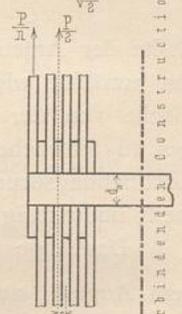


Fig. 446.
(Fall II.)

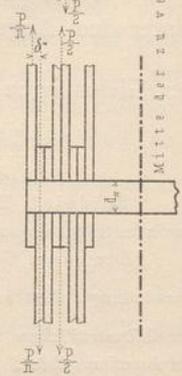


Fig. 447.
(Fall III.)

232.
Verbindung
mehnteiliger
Konstruktions-
glieder.

$$\left. \begin{array}{l} \text{im Falle I (Fig. 445): } M = \frac{P}{2} \frac{n\delta}{2} = \frac{Pn\delta}{4} \\ \text{» » II (Fig. 446): } M = \frac{P}{2} \delta \\ \text{» » III (Fig. 447): } M = \frac{P}{n} \delta \end{array} \right\} = aP\delta \quad \left. \begin{array}{l} a = \frac{n}{4}; \\ a = \frac{1}{2}; \\ a = \frac{1}{n}. \end{array} \right.$$

Die Biegungsspannung σ im Bolzen folgt aus $M = \frac{\sigma d''^4 \pi \cdot 2}{64 d''}$ mit

$$\sigma = 10,2 \frac{M}{d''^3} = 10,2 \frac{aP\delta}{d''^3}.$$

Wird der Bolzen auf Abfcherung und Biegung berechnet, so ergibt sich für Fall I: | für Fall II u. III:

$$\frac{P}{2} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 0,807 \sqrt{\frac{P}{t}}; 166. \quad \left| \quad \frac{P}{n} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 1,128 \sqrt{\frac{P}{nt}}; 166. \right.$$

auf Abfcherung

aus der Biegung nach $s' \geq 10,2 \frac{aP\delta}{d''^3}$

$$\left. \begin{array}{l} s' \geq 10,2 \frac{aP\delta \sqrt{t^3}}{0,807^3 \sqrt{P^3}}, \\ \text{also } \delta^{a,b} \leq 0,0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}} \cdot 167. \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} s' \geq 10,2 \frac{aP\delta \sqrt{n^3 t^3}}{1,128^3 \sqrt{P^3}}, \\ \delta^{a,b} \leq 0,1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}} \cdot 167. \end{array} \right.$$

Wegen des Lochlaibungsdruckes muß $\delta d'' s'' \geq \frac{K}{n}$ fein; daher

$$0,807 \sqrt{\frac{P}{t}} 0,0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}} s'' \geq \frac{P}{n} \quad \left| \quad 1,128 \sqrt{\frac{P}{nt}} 0,1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}} s'' \geq \frac{P}{n} \right.$$

oder

$$0,0416 \frac{n}{a} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq 1. \quad \left| \quad 0,1588 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq na. \right.$$

Da $a = \frac{n}{4}$ ist, so ergibt sich

$$0,1664 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq 1.$$

Nun ist

$$\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}, \quad \frac{s''}{t} = \frac{s''}{s'} \frac{s'}{t} = 1,5 \frac{5}{4} = 1,9;$$

demnach müßte, wenn dem Lochlaibungsdrucke genügt fein sollte,

$$0,1664 \frac{5}{4} 1,9 \geq 1 \quad \text{oder} \quad 0,395 \geq 1$$

fein. Dieser Widerspruch würde nur schwinden, wenn t weit unter das übliche Maß gebracht, d. h. d'' sehr groß gemacht würde.

Im Falle I wird fonach fast stets die Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck durchzuführen fein.

Im Falle II ist $a = \frac{1}{2}$; daher entsteht

$$2,0 \cdot 0,1588 \cdot \frac{5}{4} \cdot 1,9 \geq n, \quad 0,755 \geq n,$$

was unmöglich ist; die auf Biegung und Abfcherung berechneten Werte genügen also auf Lochlaibungsdruck nicht.

Im Falle III ist $a = \frac{1}{n}$,

$$0,1588 \frac{5}{4} 1,9 \geq 1 \quad \text{oder} \quad 0,377 \geq 1.$$

Auch hier beweist der Widerspruch, daß die oben berechneten Werte d^a und $\delta^{a,b}$ auf Lochlaibungsdruck nicht genügen und die Berechnung auch in den Fällen II und III auf Lochlaibungsdruck und Biegung durchzuführen ist.

Demnach muß der Regel nach die Berechnung derartiger Bolzen auf Biegung und Lochlaibungsdruck erfolgen; alsdann ist für alle drei Fälle

$$d'' \delta s'' \geq \frac{P}{n} \text{ und } s' \geq \frac{P \delta a}{d''^3} 10,2, \text{ daher } s' \geq \frac{P a \cdot 10,2}{d''^3} \frac{P}{n d'' s''},$$

und daraus folgen:

$$d'' a b \geq 1,787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{a}{n s' s''}}, \quad \delta a b \geq 0,56 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{a n^3 s''^3}} \quad . \quad 168.$$

Beispiel. Ein Konstruktionsteil, welcher 200 000 kg zu tragen hat und aus $n = 8$ Bändern besteht, soll gefloßen werden, und zwar sollen in nicht genauer Uebereinstimmung mit den oben verwendeten Verhältniswerten $s' = 1000$ kg für 1 qcm, $t = \frac{4}{5} 1000 = 800$ kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm betragen.

Für die Berechnung auf Biegung und Abscherung wäre

$$\text{im Falle I: } a = \frac{n}{4} = 2;$$

nach Gleichung 166

$$d'' a = 0,807 \sqrt{\frac{200000}{800}} = 12,76 \text{ cm,}$$

$$\delta a b \leq 0,0516 \frac{1000}{2} \sqrt{\frac{200000}{800^3}} = 0,509 \text{ cm.}$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck wäre dabei $8 \cdot 12,76 \cdot 0,509 \cdot 1400 = 72808$ kg gegenüber zu tragenden 200 000 kg; diese Verhältnisse des Bolzens sind also zu schwach.

$$\text{im Falle II: } a = \frac{1}{2}; \quad \text{III: } a = \frac{1}{8};$$

$$d'' a = 1,128 \sqrt{\frac{200000}{8 \cdot 800}} = 6,3 \text{ cm,}$$

$$\delta a b \leq 0,1408 \frac{1000}{1/2} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leq 0,246 \text{ cm für II,}$$

$$\delta a b \leq 0,1408 \frac{1000}{1/8} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leq 0,984 \text{ cm für III.}$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck ist

$$8 \cdot 6,3 \cdot 0,246 \cdot 1400 = 17360 \text{ kg für II,}$$

$$8 \cdot 6,3 \cdot 0,984 \cdot 1400 = 69440 \text{ kg für III;}$$

für Lochlaibungsdruck sind also auch diese beiden Verhältnisse zu schwach.

Für Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck sind nach Gleichung 168

$$\text{für Fall I: } a = 2, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2}{8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 16,43 \text{ cm,}$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1000}{2 \cdot 8^3 \cdot 1400^3}} = 1,088 \text{ cm;}$$

$$\text{„ „ II: } a = \frac{1}{2}, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{2 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 11,62 \text{ cm,}$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 1,54 \text{ cm;}$$

$$\text{„ „ III: } a = \frac{1}{8}, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{8 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 8,21 \text{ cm,}$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 2,18 \text{ cm.}$$

Hiernach zeigt sich, wie auch von vornherein zu erkennen war, daß der Fall III (Fig. 447) weit aus der günstigste ist.

Die Ausbildung der Augen erfolgt für alle Fälle nach Art. 229 bis 231 (S. 167 bis 169).

Rechnet man die thatächlich auftretende Abscherungsspannung hier nach, so ergeben sich für $n = 8$

$$\text{im Falle I: } \frac{P 4}{2 d''^2 \pi} = \frac{2 \cdot 200000}{3,14 \cdot 16,43^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm;}$$

$$\text{„ „ II: } \frac{P 4}{8 d''^3 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3,14 \cdot 11,62^2} = 235 \text{ kg für 1 qcm;}$$

$$\text{„ „ III: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,21^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm,}$$

so daß nunmehr die bei der zweiten Berechnung nicht berücksichtigte Widerstandsfähigkeit gegen Abscherung bei weitem nicht ausgenutzt wird.

Es leuchtet ein, daß man im Falle III (Fig. 447) je die beiden unmittelbar zusammenliegenden Bänder zweckmäßig in einem Stücke ausführt; III fällt dann mit II zusammen, bis auf den Unterschied, daß die beiden äußersten Bänder jeder Gruppe nur halb so dick sein dürfen, wie die mittleren.

Ein doppelschnittiger Bolzenanschluß, wie er in Fig. 443 u. 444 dargestellt ist, läßt sich nach Gleichung 168 behandeln, wenn $n = 2$ gesetzt wird, und die 3 Fälle fallen dann mit $a = \frac{1}{2}$ zusammen. Die Gleichung 168 lautet dann:

$$d''_{ab} \geq 1,787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{1}{4 s' s''}}, \quad \delta_{ab} \geq 0,56 \sqrt{P} \sqrt{\frac{2 s'}{8 s''^3}},$$

oder

$$d''_{ab} \geq \frac{1,265 \sqrt{P}}{\sqrt[4]{s' s''}}, \quad \delta_{ab} \geq 0,397 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{s''^3}} \dots \dots \dots 169.$$

Beispiel. Wird das Beispiel zu Art. 231 u. Fig. 443 (S. 169 u. 168) hier durchgeführt, also $P = 5000$ kg und, den früher eingeführten Verhältnissen $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$, $\frac{s''}{t} = 1,9$ entsprechend $s' = 750$ kg für 1 qcm, $s'' = 1140$ kg für 1 qcm und $t = 600$ kg für 1 qcm gesetzt, so werden nach Gleichung 169:

$$d''_{ab} \geq \frac{1,265 \sqrt{5000}}{\sqrt[4]{750 \cdot 1140}} = 2,95 = \infty 3,0 \text{ cm};$$

$$\delta_{ab} \geq 0,397 \sqrt{5000} \sqrt[4]{\frac{750}{1140^3}} = 0,749 = \infty 0,75 \text{ cm}.$$

Hierin entspricht aber δ_{ab} als Stärke des Bandes in jeder Gliedhälfte $\frac{\delta}{2}$ in Fig. 443. Die Abscherung im Bolzen wird dann nur

$$\frac{5000 \cdot 4}{2 \cdot 2,95^2 \cdot 3,14} = 367 \text{ kg}.$$

Die Verbindung ist also in dieser Ausführung mit gegen früher stärkerem Bolzen und schwächeren Laschen für Biegung und Lochlaibungsdruck genügend, für Abscherung zu stark, während sie in der in Art. 231 (S. 169) ohne Rücksicht auf Biegung ausgerechneten Ausführung auf Lochlaibungsdruck und Abscherung genügte, für Biegung dagegen zu schwach war.

Dieses Beispiel zeigt auch, wie notwendig bei solchen Verbindungen die Berücksichtigung der Biegungsspannungen im Bolzen ist.

Liegen die zu verbindenden Glieder nicht in einer geraden Linie, wie dies z. B. bei den Knoten von Dachbindern der Fall ist, so wird die Unterfuchung etwas umständlicher und kann nicht in so allgemein gültige Formeln gekleidet werden wie die obigen.

d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

Der Unterschied zwischen Keilen und Splinten besteht darin, daß Splinte infolge des Einsteckens oder Eintreibens keine Abscherungsspannung erleiden, sondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einsetzen in den verbundenen Teilen Spannungen erzeugen. Die regelmäßige Querschnittsform beider ist das Rechteck mit der größeren Seite in der Krafrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges Löfen einzelner Teile verhindern sollen, werden meist als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterscheiden sich von den Keilen durch die Längenansicht, welche bei ersteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig ist; der Anzug beträgt gewöhnlich $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ der Länge; nur wenn man die selbstthätige Löfung durch besondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn größer, bis $\frac{1}{6}$ der Länge.

233.
Keile und
Splinte.

Da ein einfacher Keil feiner Form wegen im rechteckigen Loche immer nur mit einer Kante anliegen kann und hier Zerstörungen hervorruft, und da man diesen Mangel auch durch entsprechend trapezförmig hergestellte Keillöcher nicht ganz beseitigen kann, so verwendet man für stark belastete Verbindungen Doppelkeile, welche stets parallele Kanten geben (Fig. 448), oder dreifache Keile, deren beide Aufsenteile die zu verbindenden Teile mit Nasen umfassen (Fig. 449). Dabei muß die Summe der Nasenbreiten kleiner sein als der kleinste Abstand zwischen den Aufsenteilen, da sonst letztere nicht eingebracht werden können.

Fig. 448.

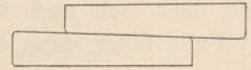
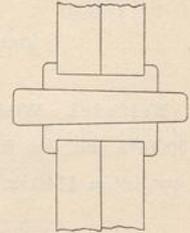


Fig. 449.



Bei mehrfachen Keilen nennt man die Teile, welche die zu verbindenden Stücke mit Nasen umfassen, Nasenkeile, den eigentlichen Treibkeil Setzkeil. Die Kanten des einen Keilstückes, welche sich auf der schrägen Fläche des anderen zu bewegen haben, rundet man etwas ab, damit kein Einfressen vorkommt.

Der rechteckige Querschnitt der Keile und Splinte wird wohl beiderseits nach einem Halbkreife abgerundet, damit die verbundenen Teile ebenso beansprucht werden, wie durch Niet- oder Schrauben- oder Befestigungsbolzen.

Um die Keile nachträglich nachziehen zu können, macht man die Keillöcher in den zu verbindenden Teilen etwas zu lang, so daß sie auf der unbelasteten Seite nicht ganz am Keile anliegen.

Um selbstthätiges Lösen der Keile zu verhindern, steckt man bei einfachen Keilen einen Splint durch ein Bohrloch am dünnen Ende oder durch die verbundenen Teile und den Keil gemeinsam, in welchem Falle man behufs Erleichterung späteren Nachziehens auch eine kleine Druckschraube verwenden kann. Doppelkeile und dreifache können sich nicht lösen, wenn die Teile nachträglich fest miteinander verbunden werden.

234.
Berechnung
der Keile
und Splinte.

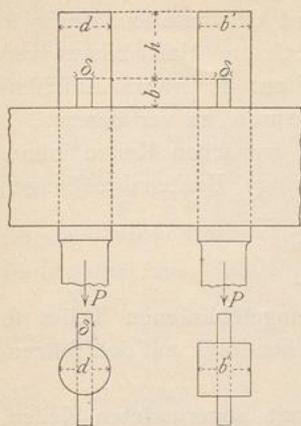
Bei rechteckigen Keilen, bzw. Splinten muß die Stange neben dem Keile unter dem Zuge P ebenso leicht abreißen wie die beiden Keilendflächen, und eine der in den Keilflanken liegenden Ebenen im hinteren Stangenkopfe ab-, bzw. ausgesichert werden; schliesslich darf der Lochlaibungsdruck s'' hinter dem Keile das zulässige Maß nicht überschreiten. Die vorletzte Annahme macht man, weil die Keile selten so genau passen, daß sie mit ihrer ganzen Fläche gleichmäÙig im Loche anliegen; oft muß eine Kante die Last vorwiegend tragen.

Die Beanspruchung der Keile auf Biegung ist weniger gefährlich, als bei den Bolzen, weil der hochkantig gestellte Keilquerschnitt großen Widerstand gegen Biegung leistet. Immerhin empfiehlt es sich, die Prüfung der nach den oben angegebenen Rückfichten festgelegten Keile auf ihre Biegebeanspruchung nicht zu unterlassen.

Wie früher seien t die zulässige Scherspannung im Keile und in der Stange, s' die zulässige Zugspannung in letzterer. Für das Rundeisen (Fig. 450) ergeben sich folgende 4 Gleichungen:

$$\left(\frac{d^2 \pi}{4} - d \delta\right) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad d h t = P \quad \text{und} \quad d \delta s'' = P;$$

Fig. 450. Fig 451.



daraus folgt

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{s''} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}, \\ d &= 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s''} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ b &= \sqrt{\frac{P}{\pi t} \frac{s''}{t} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ h &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{t} \frac{s''}{t} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}. \end{aligned} \right\} \dots 170.$$

Soll z. B. eine eiserne Stange mittels eisernen Keiles 3500 kg tragen, so sind $\frac{s''}{t} = 1,9$ und $\frac{s''}{s'} = 1,5$ zu setzen, und macht man $s' = 800$ kg, so sind $t = 640$ und $s'' = 1200$ kg. Gleichung 170 liefert alsdann folgende Werte:

$$\delta = 0,95 \text{ cm}, \quad d = 3,03 \text{ cm}, \quad b = 2,88 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 1,81 \text{ cm},$$

welche für die Ausführung abgerundet werden.

Für das Quadrateisen (Fig. 451) lauten die Gleichungen:

$$b' (b' - \delta) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad b' h t = P \quad \text{und} \quad b' \delta s'' = P,$$

und daraus folgt

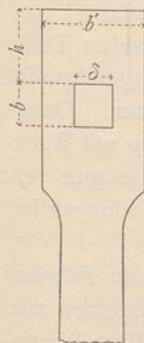
$$\left. \begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{s''}}, & b' &= \sqrt{P \frac{s' + s''}{s' s''}}, \\ b &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{s'} \frac{s' + s''}{t} \frac{s''}{t}}, & h &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t}}. \end{aligned} \right\} \dots 171.$$

Für obiges Beispiel giebt Gleichung 171 die Werte:

$$\delta = 1,08 \text{ cm}, \quad b' = 2,7 \text{ cm}, \quad b = 2,56 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 2,08 \text{ cm}.$$

Meistens wird man die Enden der Eifen vor Herstellung des Loches behufs Ausführung obiger Mafse etwas anstauchen, so dafs die Abmessungen d und b' nicht in der ganzen Stange durchgeführt zu werden brauchen, sondern auf die der Fläche $\frac{P}{s'}$ entsprechenden Mafse vermindert werden können (Fig. 450 u. 451).

Fig. 452.



Für das Flacheisen (Fig. 452) des Querschnittes $\frac{P}{s'}$ und der Dicke δ' ergeben sich die Mafse im Keilanschluffe aus den 4 Gleichungen:

$$(b' - \delta) \delta' s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad h \delta' t = P \quad \text{und} \quad \delta \delta' s'' = P,$$

woraus folgt:

$$\delta = \frac{P}{s'' \delta'}, \quad b' = \frac{P}{\delta'} \frac{s' + s''}{s' s''}, \quad b = \frac{\delta'}{2} \frac{s''}{t}, \quad h = \frac{P}{t \delta'}. \dots 172.$$

Soll z. B. eine Flacheisenstange von $\delta' = 1,5$ cm Dicke eine Last von 5000 kg bei den obigen Spannungsverhältnissen tragen, so werden nach Gleichung 172

$$\delta = 2,74 \text{ cm}, \quad b' = 7 \text{ cm}, \quad b = 1,43 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 5,2 \text{ cm}.$$

Die Stangenbreite selbft ist $\frac{5000}{800 \cdot 1,5} = 4,2$ cm.

Nach diesen Gleichungen wird nun die Keilbreite b für gleiche Sicherheit in allen Teilen bei Flacheisen fast regelmäfsig, bei Rund- und Quadrateisen häufig fo gering, dafs man sie für die Ausführung über das berechnete Mafs hinaus vergröfsern mufs; alsdann sind alle anderen Mafse beizubehalten; der ganze Anchluss ist aber um das Mafs, das dem theoretischen b zugefetzt wurde, zu verlängern.

Die Vergröfsderung von b wird bei Doppelkeilen und dreifachen Keilen immer nötig, weil fonst die einzelnen Teile unausführbar geringe Breitenabmessungen erhielten. Man macht

$$b = 3 \delta \text{ bis } 4 \delta \text{ für Doppelkeile und}$$

$$b = 4 \delta \text{ bis } 5 \delta \text{ für dreifache Keile.}$$

Selbstverständlich mufs der Keil an beiden Seiten des angefchlossenen Teiles fo viel Auflagerlänge haben, dafs auch hier der zuläffige Flächendruck auf den stützenden Teilen nicht überschritten wird.

Sehr häufig werden Keilanschlüsse, namentlich die mit abgerundeten Keilen, auch nach den zu Fig. 442 bis 444 gegebenen Regeln ausgeführt, indem man die Augen um fo viel verlängert, wie die Keillänge b den zu den Abbildungen gehörenden Bolzendurchmesser d'' übertrifft.

2. Kapitel.

Verlängerung von Eifenteilen.

235.
Allgemeine
Regeln.

Die Verlängerung von Eifenteilen kommt hier nur für Konstruktionssteile aus Schweifseisen oder Stahl in Frage.

Die Verlängerung einfacher Querschnitte ist zum Teile bereits bei den Verbindungen durch Niete (Fig. 417 bis 420), Schrauben (Fig. 443 u. 444) und Keile (Fig. 450 bis 452) behandelt worden, da alle dort für Anschlüsse an anderweitige Teile gegebenen Formen und Regeln auch für den Zusammenfchluss gleichartiger Teile verwendet werden können.

Die bei Verlängerungen zu beobachtenden allgemeinen Regeln sind folgende:

1) Die Mittelkraft aller Spannungen mufs in sämtlichen Teilen der Verbindung in die Schwerpunktsachse der verbindenden und verbundenen Teile fallen.

2) Derjenige Querschnitt der zu verlängernden und der verbindenden Teile, welcher durch die bei fast allen Verbindungen nötige Lochung am meisten geschwächt ist, mufs auch den vom ganzen Gliede verlangten Sicherheitsgrad besitzen. Daher mufs entweder das ganze Glied um die Verschwächung in der Verbindung mit Rücksicht auf das bei den Nietungen (in Art. 201, S. 147 u. 218, S. 159) Gefagte verstärkt werden, oder man mufs dem Teile ein besonders geformtes Verbindungsglied anschweifsen oder anstauchen, wie in Fig. 443, 444, 450 u. 451.

3) Die verbindenden Teile: Niete, Schrauben, Keile u. f. w., sollen in sich auf Abscherung, Biegung und Lochlaibungsdruck denselben Sicherheitsgrad besitzen wie die verbundenen Teile an der schwächsten Stelle. Bezeichnen s'_a die zuläffige Längsspannung in den verbundenen Teilen und etwaigen Lafchen, s'_b diejenige in den verbindenden, s'' den zuläffigen Lochlaibungsdruck, t die zuläffige Scherspannung in den verbindenden, t' diejenige in den verbundenen Teilen und Lafchen, so kann

man nach den gemachten Erfahrungen folgende Verhältnisse dieser Spannungsgrößen einführen, wenn die verbindenden Teile als aus besonders gutem Stoffe hergestellt angenommen werden:

$$\frac{s'_b}{s'_a} = 1,25, \quad \frac{t}{s'_a} = 1, \quad \frac{t'}{s'_a} = 0,8 \quad \text{und} \quad \frac{s''}{s'_a} = 1,5 \text{ bis } 2,0 \quad \dots \quad 173.$$

4) Die verbundenen Teile müssen hinter der Lochung für die verbindenden noch stark genug fein, um nicht auszureißen, bzw. ausgefchert zu werden.

5) Bei Verlängerung gedrückter Glieder rechnet man selten auf Kraftübertragung durch Flächendruck; meist macht man die verbindenden Teile, wie bei Zug, stark genug zur Uebertragung der ganzen Kraft.

Nach diesen Regeln lassen sich die Verlängerungen einteiliger Querschnitte unter Benutzung der im vorhergehenden Kapitel gegebenen Formeln stets ausführen.

Nietverbindungen kommen hauptsächlich bei Verlängerung von Blechen, Flacheisen, Formeisen und Eisteilen zusammengesetzten Querschnittes, Keile fast nur bei Verlängerung von Flacheisen, Schrauben bei Verlängerung von Rundeisen zur Anwendung. Bei Flacheisen hat man früher auch noch andere Verbindungsweisen benutzt.

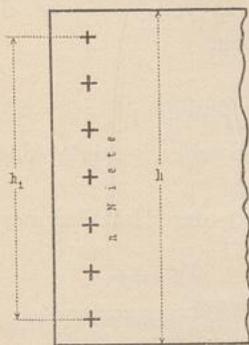
a) Verlängerung von Blechen.

Die Verlängerung von Blechen kommt bei Bauarbeiten vorwiegend in dem Falle vor, daß die Bleche hochkantig stehen und biegender, sowie abscherenden Kraftwirkungen ausgesetzt sind, nämlich in den Wänden von Blechträgern. Diese Verbindungen liegen meist an solchen Stellen, wo allein oder vorwiegend Biegemomente wirken; der Einfluß erheblicher Scherkräfte auf diese Verbindungen soll unten kurz erläutert werden.

Die anzugebende Formel für die erforderliche Nietzahl beruht auf der Grundannahme, daß die Leistungen der einzelnen Niete gerade so, wie diejenigen der

Teile der Blechwand selbst in geradem Verhältnisse zum Abstände von der Mitte der Höhe stehen, und im stande fein müssen, das Biegemoment zu übertragen, welches die volle Blechwand bis zur zulässigen Grenze der Spannungen in Anspruch nimmt.

Fig. 453.



Bezeichnet s' die Beanspruchung, die man mit Rücksicht auf die an der Verbindungsstelle durch die Lochung eintretende Erhöhung an der Ober- und Unterkante des vollen Bleches zuläßt (in der Regel 600 bis 800 kg für 1 qcm); s'' den zulässigen Lochlaibungsdruck zwischen Niet und Lochwandung, t' die zulässige Scherspannung im Niete; h die Höhe der Blechwand; h_1 die Höhe des Teiles, auf welchem mit Rücksicht auf den erforderlichen Randabstand $a = 1,5 d$ (siehe Art. 209, S. 153) oder wegen anderer Rück-

sichten Niete untergebracht werden können (Fig. 453); k die in die Rechnung einzuführende geringste Tragfähigkeit eines Nietes, d. h. bei der regelmäßig auszuführenden doppelten Läsung den kleineren der beiden Werte $d \delta s''$ oder $2 \frac{d^2 \pi}{4} t'$; δ die Dicke der Blechwand — so ist die Anzahl n der Niete zu bestimmen nach

$$n = \frac{1}{2} \left[\frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 1 + \sqrt{\left(\frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 3 \right)^2 - 8} \right] \dots \dots \dots 174.$$

236.
Verlängerung
von
Blechen.

Diese Zahl ist dann nach Erfordernis in einer, zwei oder drei Reihen unterzubringen.

Für nicht allzu geringe Blechhöhen h kann die Näherungsformel

$$n = \frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 2 \dots \dots \dots 175.$$

benutzt werden.

Beispiel. Eine $h = 100$ cm hohe und $\delta = 1,0$ cm starke Blechwand sei im vollen Bleche mit der Randspannung von $s' = 700$ kg für 1 qcm belastet und mit Nieten von $d = 2$ cm zu verlaschen; t' soll 600 kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm sein. Alsdann ist $k = 1 \cdot 2 \cdot 1400 = 2800$ kg oder $= 2 \frac{2^2 \pi}{4} 600 = 3768$ kg, also gleich 2800 kg zu setzen. h_1 wird $= h - 2 \cdot 1,5 d = 100 - 6 = 94$ cm. Demnach ist

$$\frac{s' \delta h^2}{k h_1} = \frac{700 \cdot 1 \cdot 100^2}{2800 \cdot 94} = 26,6,$$

somit nach Gleichung 174

$$n = \frac{1}{2} \left[26,6 - 1 + \sqrt{(26,6 - 3)^2 - 8} \right] = 24,5 = \infty 25 \text{ Niete.}$$

Die Näherungsgleichung 175 liefert $n = 26,6 - 2 = 24,6$ Niete, also denselben Wert.

Sollten diese in einer Reihe stehen, so könnte die Teilung nur $\frac{94}{25} = 3,76$ cm betragen, was unmöglich ist.

Werden in zwei Reihen: vorn 13, hinten 12 Niete, untergebracht, so ist die Teilung $\frac{94}{12} = 7,833$ cm,

und die Kantenpannung des Bleches in der Nietreihe ist dann mit $s' = \frac{700 \cdot 7,833}{7,833 - 2} = 940$ kg zu rechnen.

Erscheint diese zu hoch, so müssen drei Nietreihen angeordnet werden. Wird diese Beanspruchung zugelassen, so ist die erforderliche Nietteilung e bei zweireihiger Nietung nach Gleichung 127 (S. 154) für $n' = 2$ und $s' = 940$

$$e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 1400}{940} \right) = 7,96 \text{ cm}$$

gegenüber der tatsächlichen von 7,83 cm. Die Nietteilung ist also auch knapp, und es dürfte sich daher bei sorgfältiger Durchbildung empfehlen, die 25 Niete in drei Reihen mit 9, 8 und 7 Nieten unterzubringen, wodurch gleichzeitig eine erhebliche Abminderung der größten Kantenpannung des Bleches an der Nietstelle erzielt würde.

237.
Be-
rückichtigung
der Scher-
spannungen.

Tritt neben der Biegungsspannung s' noch eine erhebliche Scherpannung t auf, so führe man in die Gleichungen 174 u. 175 statt s' den Wert $\sqrt{s'^2 + t^2}$ ein und wird dann die Scherpannung reichlich berücksichtigt haben.

b) Verlängerung von Flacheisen und Rundeisen.

238.
Verlängerung
von
Flacheisen.

Für die Verlängerung von Konstruktionsteilen, die aus Flacheisen gebildet sind, werden hauptsächlich die nachstehenden Mittel verwendet.

1) Klammerverbindung (Fig. 454⁹⁸). Eine nach Art der Holzklammern (siehe Art. 121, S. 99) gestaltete Klammer bewirkt die Vereinigung der beiden zu verbindenden Teile; an einem der letzteren ist ein Haken, am anderen ein Auge angeschmiedet; ebenso ist die Klammer am einen Ende mit einem Haken, am anderen mit einer Oese versehen⁹⁹).

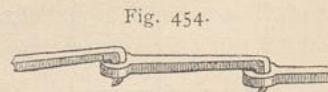


Fig. 454.

2) Splint- und Keilverbindung, deren Anordnung aus Fig. 455 u. 456⁹⁸) ohne weiteres ersichtlich ist.

3) Gelenkverbindung (Fig. 457), deren Bolzen mit oder ohne Schraubengewinde gebildet ist.

⁹⁸) Fakf.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1873, S. 76 u. 77.

⁹⁹) Diese Verbindungsweise ist von *Pierre de Montereau* in der *Sainte-Chapelle* zu Paris in Anwendung gekommen; die Verbindungsklammern sind nach Art der Ketten in größerer Zahl aneinander gereiht.

4) Keil-, bzw. Splintverbindung unter Zuhilfenahme von Ringen. An die Enden der zu verbindenden Teile werden Nafen angeschmiedet; die in entgegengesetztem Sinne angeordneten Nafen werden in der durch Fig. 458 u. 459⁹⁸⁾

Fig. 455.

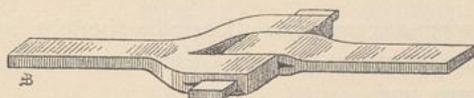


Fig. 456.

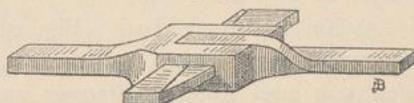
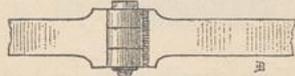


Fig. 457.



veranschaulichten Weise aneinander gelegt und durch Keile, bzw. Splinte auseinander gehalten; zwei eiserne Ringe *a* haben die Lösung der Verbindung zu verhüten.

Bei den in Fig. 458 u. 459 dargestellten Verbindungen sind noch besondere Hilfsstücke erforderlich; wo Keile in Anwendung sind, ist das Anspannen des betreffenden Konstruktionsteiles möglich.

5) Verzahnung (Fig. 460 u. 461⁹⁸⁾). Auch hier wird häufig das Umlegen von zwei Eisenringen um die Verbindungsstelle notwendig.

6) Vernietung. Bei Verlängerung von Flacheisen kommt der einseitige oder

Fig. 458.

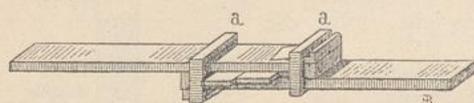
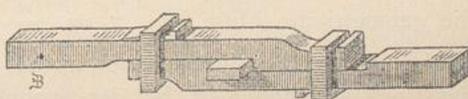


Fig. 459.



doppelte Anchluss, bzw. die einfache oder doppelte Verlastung (siehe Art. 214 bis 217, S. 157 bis 159) zur Verwendung.

Diese Verbindungen sind bis auf die unter 6 angeführten Vernietungen den altgewohnten Holzverbindungen nachgebildet, deren Gestalt sie größtenteils mit

Fig. 460.



Fig. 461.



unwesentlichen Veränderungen beibehalten haben. Sie können heute als veraltet angesehen werden, da sie fast durchweg durch die Verbindungen unter 6 und die im nachfolgenden zu besprechenden verdrängt sind; nur die unter 3 angeführte Verbindung findet sich noch häufig bei Thür-, Fenster- und Kastenbeschlägen. Die Gründe des Verschwindens dieser früher meist verwendeten Verbindungen liegen darin, dass ihre Form dem Wesen des Eisens wenig entspricht und daher hohe Herstellungskosten verursacht und dass die Wirkungsweise meist eine recht unvollkommene ist.

Die geschweiften Augen, wie in Fig. 455, sind wegen der Schweißung unzuverlässig; ebenso bedingen Gabelungen, wie in Fig. 455 u. 456, ganz besonders sorgfältige Herstellung, und die in Fig. 455, 456, 458, 459, 460 u. 461 verwendeten Einschnitte für Keile sind in der erforderlichen Gestalt scharf nur mittels der Feile herzustellen, daher vergleichsweise sehr teuer.

Sollen Konstruktionsteile, die aus Rundeisen gebildet sind, verlängert werden, so kann dies im wesentlichen in dreifacher Weise geschehen:

1) Der eine der zu verbindenden Teile wird in eine Oese, der andere in einen

239-
Verlängerung
von
Rundeisen.

Haken ausgefchmiedet, welch letzterer nach Art der Kettenhaken gestaltet wird (vergl. Fig. 454).

2) Man benutzt die im vorhergehenden Kapitel (unter c) vorgeführten Bolzenverbindungen bei doppeltem Anschlusse oder doppelter Lafchung (siehe Art. 228 bis 231, S. 167 bis 169).

3) Ein Spannschlofs (Fig. 462) wird angewendet. Dasselbe besteht aus zwei vereinigten Muttern mit Gegengewinde, welche die mit Gewinde versehenen Enden von zwei Rundeisenstangen aufnehmen und durch starkes Anziehen die Erzielung von Anfangsspannungen in solchen Teilen gestatten, von denen man Straffheit schon vor der Belastung verlangt.



Fig. 462.

240.
Stellung der
Löcher in
Bandeisen.

Ein Bandeisen, z. B. die Kopfplatte eines Blechträgers, welches durch zwei oder mehrere zur Mittellinie parallele Nietreihen mit anderen Teilen verbunden werden soll, wird nicht verstärkt, wenn man die Bolzen oder Nietlöcher in zwei zur Mitte symmetrisch liegenden Teilungslinien versetzt. Entgegen der viel verbreiteten gegenteiligen Ansicht erweist sich ein Band mit einem schief gefetzten Nietloche als höher beansprucht, d. h. schwächer, als ein gleiches mit zwei zur Mitte symmetrisch gestellten Löchern. Für das in Fig. 463 dargestellte Band, für welches sich die Schwerpunktslage gegen die geometrische Mitte aus $x_0 = \frac{d e}{b - d}$ ergibt, folgt die grösste Kantenbeanspruchung σ^1 an der Seite, nach welcher das Loch verschoben ist, bei der Spannkraft P aus

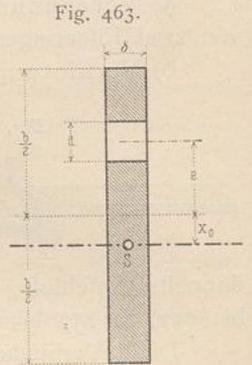


Fig. 463.

$$\sigma^1 = \frac{P}{\delta (b - d)} \left\{ 1 + \frac{6 d e (b^2 - d [b - 2 e])}{(b^3 - d^3) (b - d) - 12 d b e^2} \right\} \quad 176.$$

Wären zwei Löcher symmetrisch zur Mitte angeordnet, so wäre die Spannung

$$\sigma^2 = \frac{P}{\delta (b - 2 d)} \quad \dots \quad 177.$$

Derjenige Abstand e^1 , den das eine Loch von der geometrischen Mitte erhalten darf, damit die Kantenbeanspruchung σ^1 gerade so groß wird, wie die gleichförmig verteilte σ^2 bei Vorhandensein von zwei Löchern, ergibt sich aus der Gleichsetzung $\sigma^1 = \sigma^2$ zu

$$e^1 = \sqrt{\frac{b^2 (b - 2 d)^2}{64 d^2} - \frac{b^3 - d^3}{24 d} - \frac{b (b - 2 d)}{8 d}} \quad \dots \quad 178.$$

Ist die Lochmitte weiter, als um e^1 von der geometrischen Mitte entfernt, so erweist sich ein schief sitzendes Loch als ungünstiger, als zwei symmetrisch angeordnete.

Beispiel. Ein Band von der Stärke $\delta = 1$ cm soll durch $P = 16000$ kg im ungeschwächten Querschnitte mit 800 kg für 1 qcm beansprucht sein, muß also $b = \frac{16000}{800 \cdot 1} = 20$ cm Breite erhalten. Erfolgt die Verbindung mit anderen Teilen durch Niete von $d = 2$ cm Durchmesser, so ist der Abstand e^1 von der Mitte nach der Gleichung 178

$$e^1 = \sqrt{\frac{20^2 (20 - 2 \cdot 2)}{64 \cdot 2^2} - \frac{20^3 - 2^3}{24 \cdot 2} - \frac{20 (20 - 2 \cdot 2)}{8 \cdot 2}} = 23,8 - 20 = 3,8 \text{ cm};$$

und die Beanspruchung wäre bei dieser Lochstellung so groß, wie wenn zwei Löcher vorhanden wären, also nach Gleichung 177

$$\sigma^2 = \frac{16000}{1 (20 - 2 \cdot 2)} = 1000 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Nun wird es aber in den meisten Fällen aus verschiedenen Gründen unthunlich sein, das Loch der Mitte so nahe zu bringen; im vorliegenden Falle werden die Nietreihen in die Viertel der Bandbreite zu legen sein, so daß $e = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm}$ wird. Bei Anordnung nur eines Loches in jedem Querschnitte, d. h. beim Versetzen der Niete in den Reihen gegeneinander, wird nun die größte Kantenspannung nach Gleichung 176

$$\sigma^1 = \frac{16000}{1(20-2)} \left[1 + \frac{6 \cdot 2 \cdot 5 [20^2 - 2(20 - 2 \cdot 5)]}{(20^3 - 2^3)(20 - 2) - 12 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 5^2} \right] = 1043 \text{ kg für } 1 \text{ qcm,}$$

wird also schon erheblich ungünstiger als bei zwei Löchern in demselben Querschnitte.

Da die Niete dem Außenrande meist noch näher gerückt werden müssen, als hier angenommen wurde, so kann festgestellt werden, daß das Versetzen der Niete in zwei zur geometrischen Mitte symmetrisch liegenden Nietreihen gegeneinander stets ein Fehler ist.

c) Verlängerung von Formeisen und Eisenteilen zusammengesetzten Querschnittes.

Für Konstruktionsteile, die aus einzelnen oder mehreren Formeisen bestehen, kommen fast ausschließlich Vernietungen in Frage. Zur Anwendung kommen:

- 1) Für Winkeleisen die bereits in Art. 220 (S. 160) angegebenen Lafschungen.
- 2) Kreuzeisen werden durch doppelte Verlafchung eines jeden der 4 Schenkel verbunden. Dieses Verfahren ist unbequem, das Kreuzeisen hauptsächlich aus diesem Grunde selten.

Fig. 464.

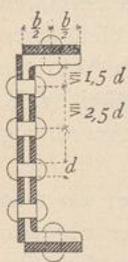
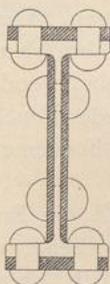


Fig. 465.



- 3) **C**-Eisen werden mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher Lafchung der Flansche gestofsen (Fig. 464).

- 4) Das **I**-Eisen wird wie das **C**-Eisen gestofsen (Fig. 465).

- 5) Das **T**-Eisen wird mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher äußerer Lafchung des Flansches gestofsen; dieser Stofs ist jedoch selten notwendig.

- 6) Das **Z**-Eisen wird wie die vorhergehenden gestofsen; indes hat der Stofs von **Z**-Eisen meist, z. B. in den Gelenken von Dachpfetten, nur als Auflager des einen Stückes zu dienen und beschränkt sich dann auf die doppelte Lafchung des Steges.

Bei der Berechnung dieser Verbindungen sind die folgenden Punkte im Auge zu behalten.

Die Berechnung darf nicht für den Querschnitt im ganzen aufgestellt, sondern muß für jeden Teil (Steg, Flansch etc.) gefondert durchgeführt werden, damit nicht die Verbindung in einem Teile zu stark, im anderen zu schwach wird. Die Verbindungsteile (Niete, Bolzen, Keile) müssen in gleichartigen Teilen des Querschnittes in dieselbe Schnittebene, in verschiedenen Teilen können sie in verschiedene Schnittebenen gebracht werden, damit der Querschnitt, so weit als möglich, durch die Lochung keine Schwerpunktsverlegung erfährt, deren schädlicher Einfluß oben (Art. 240, S. 180) für das Bandeisen nachgewiesen wurde. Beim **T**-, **C**- und **L**-Eisen ist dies nicht immer durchzuführen.

Liegt der Stofs in einem gedrückten Teile, welcher wegen des erforderlichen Widerstandes gegen Zerknicken eine Verstärkung gegenüber dem nur auf Druck nötigen Querschnitte erfahren hat, in der Nähe der Mitte, so muß die Verbindung unter Zugrundelegen des voll belastet gedachten, verstärkten Querschnittes berechnet

241.
Verlängerung
von
Profileisen.

242.
Berechnung
dieser
Verbindungen.

werden; liegt der Stofs aber in der Nähe des Endes, wo die Gefahr des Zerknickens gering ist, so braucht die Verbindung nur auf die gleichförmig über den ganzen Querschnitt verteilt gedachte, wirklich vorhandene Drucklast bemessen zu werden (vergl. Art. 201, S. 147).

Für Teile, welche Spannungswechfeln ausgesetzt und daher mit Rücksicht auf die *Wöhler'schen* Versuchsergebnisse¹⁰⁰⁾ bemessen sind, empfiehlt es sich, gleiche Spannungsermächtigungen auch in den Verbindungen eintreten zu lassen. Dies geschieht von selbst, wenn man die Verbindungsteile nicht mit Spannungswerten, sondern, von der Flächengröße des verschwächten Querschnittes der zu verbindenden Teile ausgehend, mit den Verhältniszahlen der Spannungswerte in Gleichung 173 (S. 177) berechnet.

Uebrigens zeigt Fig. 465 ganz besonders deutlich, wie ungünstig viele Formeisen durch Stöße beeinflusst werden. Obwohl für den Flansch besonders dünne Niete benutzt sind, ist doch fast der ganze Flansch durch die Löcher beseitigt, und die Köpfe der Flanschniete sind so nahe an die Steglaschen gerückt, daß sie kaum ausgebildet werden können. Man thut daher gut, Verlängerungen solcher Formeisen ganz zu vermeiden.

243.
Verlängerung
zusammen-
gesetzter
Querschnitte.

Für die zusammengesetzten Querschnitte gelten sowohl die allgemeinen, wie auch die für mehrteilige Querschnitte im vorstehenden gegebenen Regeln.

Man legt zwischen die Teile zusammengesetzter Querschnitte gern offene Schlitzte von solcher Breite, daß an den Stofsstellen entsprechend starke Laschen für die inneren Teile unmittelbar auf diese eingelegt werden können. Dieses Verfahren führt zu bequemen und gut wirkenden Verbindungen, hat aber den wesentlichen Nachteil, daß die engen, langen Schlitzte nicht genügend gereinigt und im Anstriche erhalten werden können. Bei Teilen, welche der Witterung oder Feuchtigkeit (z. B. Dampf) ausgesetzt sind, sieht man daher von dieser an sich bequemen Anordnung zweckmäßigerweise möglichst ab.

Von wesentlichem Einflusse auf die Stofsanordnungen ist die Frage, ob man alle Teile des ganzen Querschnittes in einer und derselben Ebene, oder ob man einzelne Gruppen der Teile in verschiedenen Ebenen stößt, d. h. ob man sog. Gesamststöße oder versetzte Stöße anordnet.

Die Verwendung des Gesamststosses hat den Vorteil, daß die zwischen zwei Stößen liegenden Gliedteile in der Werkstätte vollkommen fertig gestellt werden können, so daß beim Aufstellen nur die Stofsverbindungsteile einzufügen sind; allein das Durchschneiden aller Teile an einer Stelle ist der gleichmäßigen Widerstandsfähigkeit aller Querschnitte des betreffenden Bauteiles nicht zuträglich.

Hat man die Stöße versetzt, so können die überragenden Enden der Gruppen erst nach dem Zusammenlegen verbunden werden; daher ergibt sich viel Arbeit auf der Baustelle selbst, aber zugleich eine gleichmäßigere Widerstandsfähigkeit.

Gesamststöße wird man demnach anbringen, wenn es sich um schnelles und bequemes Aufstellen handelt, namentlich dann, wenn an bestimmten Stellen der Glieder verminderte Festigkeit zulässig erscheint oder leicht eine Verstärkung durch anderweitige Konstruktionsteile (z. B. große und starke Knotenbleche) erzielt werden kann; versetzte Stöße dagegen, wenn es bei langen Konstruktionsteilen auf thunlichst gleichmäßige Festigkeit in allen Querschnitten in erster Linie ankommt und die nach-

¹⁰⁰⁾ Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses „Handbuchs“, Art. 283, S. 248.

trägliche Verbindung der überstehenden Teile auf der Baustelle keine erheblichen Schwierigkeiten verursacht.

Wegen der angegebenen Vereinfachung der Herstellung bildet die Anordnung von Gefamtfößen heute bei allen Bauarbeiten die Regel.

Die einfacheren Formen zusammengesetzter Querschnitte sind die folgenden.

1) Das mehrfache Flacheisenband. Ist ein Schlitz darin vorhanden, so erfolgt die Verbindung durch eine eingelegte Lafche; bei Gefamtfößen muß der Schlitz die doppelte Stärke des einzelnen Bandes haben, bei versetztem Stoße die einfache. Bei versetztem Stoße muß selbstverständlich zwischen den beiden Stoßstellen die Zahl der für den Stoß nötigen Verbindungsteile (Niete, Bolzen) doppelt vorhanden sein.

Ist kein Schlitz angeordnet, so erfolgt die Verbindung für Gefamtfößen durch beiderseits, für versetzten Stoß durch einseitig aufgelegte Lafchen von der Stärke der Bänder.

Soll von mehreren unmittelbar aufeinander liegenden Bändern eines der inneren gefößen werden, so muß man die Stoßlafche ein- oder zweiseitig auf die äußersten Bänder legen. Man hat sich dann aus den nicht gefößen Bändern die in Fig. 466 veranschaulichte Lafchenreihe herausgeschnitten zu denken, worin sich die Länge der eigentlichen Außenlafchen nach jeder Seite des Stoßes aus derjenigen Anzahl von Verbindungsteilen ergibt, welche einmal mehr diejenige Anzahl enthält, welche zur Uebertragung der im gefößen Bande wirkenden Kraft erforderlich ist, als Bänder zwischen dem

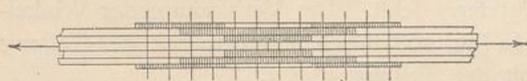


Fig. 466.

gefößen Bande und der Lafche liegen; in Fig. 466 sind zwei Nietreihen für die Kraftübertragungen und zwei Platten zwischen Stoß und Lafche angenommen; die Zahl der Nietreihen zu jeder Seite des Stoßes beträgt also $2(2 + 1) = 6$.

In Fig. 466 ist zunächst nur ein Stoß in der mittelften Platte gedacht, welcher durch die langen Außenlafchen gedeckt wird. Fig. 466 läßt aber ohne weiteres erkennen, daß man ohne Vermehrung der Niete oder der Lafchen auch in alle übrigen Platten je einen Stoß einlegen kann, nämlich in jeder Platte an einem Ende der als Lafchen gedachten, überstrichelten Stücke. Die Außenlafchen sind so stark zu machen wie die stärkste der zu fößen Platten.

Der Stoß einer Mehrzahl von zusammenliegenden Platten für den Fall, daß man eine Lafche nur an einer Seite auflegen kann, erfolgt nach Fig. 467 in der

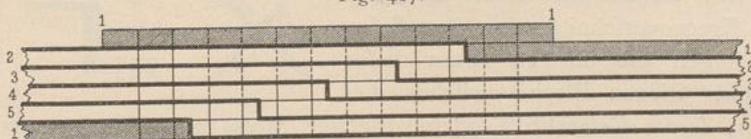


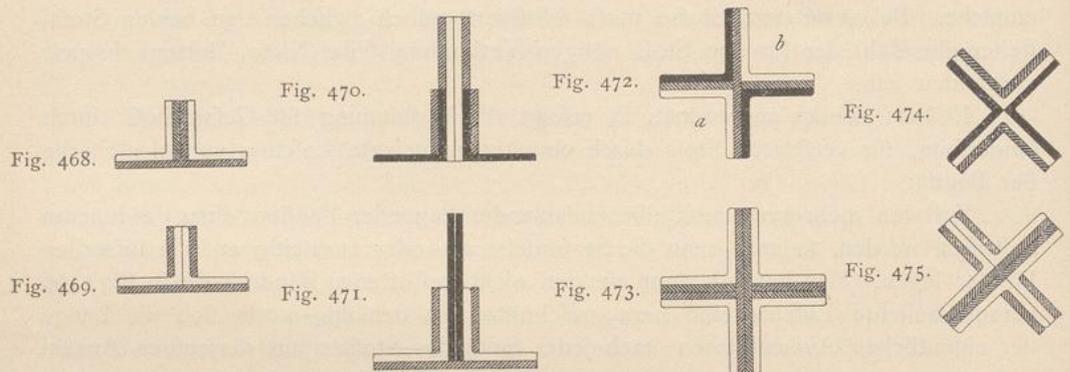
Fig. 467.

Weise, daß man die für die einschnittige Verbindung erforderliche Nietzahl einmal öfter setzt, als zu fößen Platten da sind, die Stöße treppenförmig zwischen diese Gruppen legt, und alle Niete auf der einen Seite durch eine lange, an Dicke der stärksten Platte gleiche Lafche faßt. Dies ist z. B. die gewöhnliche Art des Stoßes einer größeren Zahl von Gurtplatten eines Blechträgers, die man der Winkeleisen und der Wand wegen nur von außen mit einer Lafche fassen kann.

244.
Einfachere
Verlängerungen
dieser Art

In Fig. 467 sind fünf Platten zu stoßen, und es ist angenommen, daß zwei Nietreihen zur einschneidigen Verbindung je zweier Platten genügen. Daher sind $(5 + 1) \cdot 2 = 12$ Nietreihen gesetzt. Die Ueberführung der Kräfte ist dabei so zu denken, wie es für die Platten 1, 1' und die Lasche durch Ueberstricheln, für die übrigen durch starke Einrahmung der zusammengehörigen Stücke und für die Niete durch Ausziehen der in Frage kommenden Strecken der durchgezogenen Schäfte angedeutet ist.

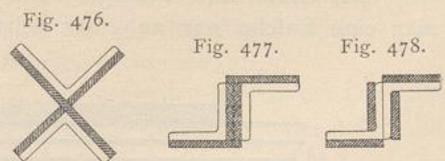
2) Der aus Formeisen und Blechen zusammengesetzte T- und +förmige Querschnitt. Fig. 468 u. 469¹⁰¹⁾ zeigen T-förmige Querschnitte aus zwei Winkeleisen, und zwar Fig. 468 die Stoßanordnung für Gefammtstoß, wenn ein



Schlitz angeordnet ist, Fig. 469, wenn letzterer fehlt. Die Verbindung der Winkeleisen aufserhalb der Laschen geschieht in Fig. 468 durch Stehniete mit der Teilung $\geq 15 d$, in Fig. 469 durch Heftniete mit der Teilung $\geq 8 d$.

In Fig. 470 u. 471 sind T-förmige Querschnitte aus Winkeleisen und Blechen dargestellt, bei denen der Gefammtstoß sehr unbequem werden würde. Fig. 470 zeigt den Stoß der Bleche, Fig. 471 denjenigen der Winkeleisen an veretzter Stelle. Fig. 472 bis 475 geben die Anordnung einiger +förmiger Querschnitte aus vier Winkeleisen. Sind Schlitzte angeordnet, so erfolgt die Verbindung der Winkeleisen untereinander durch wechselweises Einlegen von Blechstreifen dicht übereinander in beide Schlitzte in Abständen $\geq 20 d$; fehlen die Schlitzte, so werden Heftniete in Abständen $\geq 8 d$, in den Schenkeln eines Winkeleisens veretzt, eingezogen. Im besonderen stellen Fig. 472 den veretzten Stoß des +förmigen Querschnittes in den Winkeleisen *a* und *b* mit schmalen Schlitzte, Fig. 473 den Gefammtstoß deselben Querschnittes bei breitem Schlitzte, Fig. 474 den veretzten Stoß eines geschlossenen und Fig. 475 den Gefammtstoß eines halb geschlossenen Kreuzquerschnittes dar. Aus diesen Beispielen folgen die übrigen Arten dieses Querschnittes. Liegen Bleche zwischen den Winkeleisen, so ist Gefammtstoß oder veretzter Stoß nach Fig. 474 anzuwenden.

3) Der Kreuzquerschnitt aus zwei Winkeleisen muß stets zwei Schlitzte haben, da die Verbindung der Winkeleisen nur durch eingelegte Blechstäbe erfolgen kann. Daher wird der Gefammtstoß (Fig. 476) angeordnet. Die Schlitzte haben hier die früher bezeichneten Uebelstände nicht im Gefolge, da alle Winkeleisenflächen zugänglich bleiben.



¹⁰¹⁾ In Fig. 468 bis 478 sind durchlaufende Teile schwarz gekennzeichnet, Laschen schraffiert, gestoßene Teile weiß gelassen.

4) Der **Z**-förmige Querschnitt aus zwei Winkeleisen kann offen mit Stehnieten oder geschlossen mit Heftnieten angeordnet sein. In beiden Formen erhält er am besten Gesamttfoss (Fig. 477 u. 478).

Nach diesen einfachen Beispielen lassen sich auch verwickeltere Querschnitte behandeln. Bei diesen ist noch mehr, als bei den obigen mehrteiligen Querschnitten, die Regel von Wichtigkeit, daß man den Querschnitt für die Berechnung in feine einfachen Teile (Bänder, Platten, Winkelschenkel, Stege und Flansche von **L**-Eisen u. f. w.) zerlegen, für jeden den auf ihn entfallenden Anteil der den ganzen Konstruktions- teil beanspruchenden Kraft ermitteln und auf dieser Grundlage die Verbindung für jeden Teil für sich berechnen soll. Rechnet man für grössere Gruppen von Querschnittsteilen die nötige Stärke der Verbindung im ganzen aus, so wird man meist die Verbindung für einzelne Teile der Gruppe zu stark, für andere zu schwach ausbilden.

Sollen Teile von verschiedener Querschnittsgrösse vereinigt werden, so ist die Verbindung auf den schwächeren einzurichten; denn da kein Teil mehr als die seinem Querschnitte entsprechende Kraft tragen soll, so darf aus einem stärkeren Teile stets nur so viel Kraft an den schwächeren abgegeben werden, als dem Querschnitte des letzteren entspricht, und auf diese Abgabe braucht demnach die Verbindung nur bemessen zu sein.

245.
Verwickeltere
Verlängerungen
dieser Art.

3. Kapitel.

Eckverbindung, Endverbindung und Kreuzung von Eisenteilen.

Die in diesem Kapitel zu besprechenden Verbindungen sind so mannigfaltiger Art, daß nur eine Reihe von Beispielen vorgeführt werden kann.

Die Berechnung dieser Verbindungen erfolgt auf Grund der Regeln, welche in Kap. 1 für Vernietungen, Verschraubungen und Keilverbindungen gegeben wurden.

Niete, welche in der Richtung der Schaftachse gezogen werden, sollen hier, wie bei allen Verbindungen, nach Möglichkeit vermieden werden.

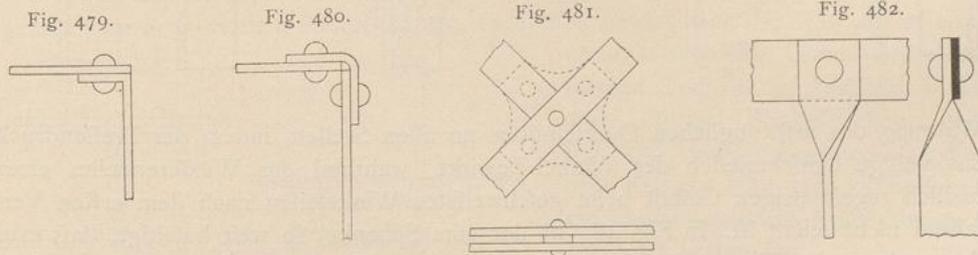
Die nachstehenden Beispiele sind keine feststehenden Formen; die gewählten Anschlüsse können meist auch für eine Reihe anderer Fälle ausgeführt, namentlich können die Niete meist durch Schrauben ersetzt werden.

246.
Uebersicht.

a) Eck- (L-) Verbindungen.

1) Verbindung zweier Flacheisen (Fig. 479 bis 483). Bei der Verbindung in Fig. 479 ist das eine der beiden Flacheisen umgeschmiedet und hierauf mit dem

247.
Flacheisen.



zweiten vernietet; diese häufig angewendete Rahmenverbindung ist gegen Zug nur wenig widerstandsfähig.

In Fig. 480 ist zur Verbindung eine gebogene Lafche aufgelegt, so dass die Innenseite glatt bleibt; soll innen keine Unebenheit vorhanden sein, so müssen die Niete innen verfenkt werden. Die Lafche kann auch innen liegen (vergl. Fig. 494).

Flach liegende Eifen können nach Fig. 481 verbunden werden; soll dabei Drehung um den einen Niet verhindert werden, so füge man zwischen die Flacheifen ein Knotenblech ein, welches das Einsetzen eines zweiten Nietes in jedes Eifen, wie z. B. in Fig. 488 u. 492, gefattet. Werden hochkantig stehende Flacheifen blofs durch Niete verbunden, so wird das Verdrehen des einen oder beider, wie in Fig. 482, erforderlich.

Fig. 483 zeigt die Eckverbindungen eines Klemmbandes für mehrteilige Holzstiele unter Verwendung von Keil- und Schraubenverbindung. Für Keile muss das Band von vornherein entsprechend breit gewählt und verdreht werden; für Schraubengewinde wird das Zusammenschweißen von Flach- und Rundeifen nötig.

248.
Quadrat-
und
Rundeifen.

2) Für Quadrateifen und Rundeifen sind Verbindungsarten in Fig. 484 u. 485 dargestellt, welche auch für T-Verbindungen brauchbar sind. Soll die Ecke glatt sein, so wird man sie durch Umbiegen oder Umschmieden gerader Eifen herstellen.

249.
L-Eifen.

3) Winkeleifen. Eine völlig glatte Ecke (Fig. 486) wird erzielt, wenn man aus dem einen Schenkel ein dem Eckenwinkel entsprechendes Dreieck herauschneidet, den anderen umbiegt und die Fuge wieder zuschweifst. Diese Art der Eckenbildung ist jedoch als Notbehelf anzusehen. Namentlich in englischen Bauanstalten wird sie besser hergestellt, indem man je zwei zu biegende Winkeleifen zugleich heiß macht und nebeneinander legt, so dass ein Querschnitt entsteht, dessen eine Hauptachse in die Richtung des biegenden Druckes fällt. Die Winkel werden dann in ihrem Querschnitte genau entsprechende, nach dem Winkel der herzustellenden Ecke geformte Gufslehren gelegt und unter Wasserdruckpressen gebogen. Die Gufslehren sichern dabei die

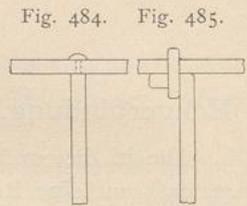
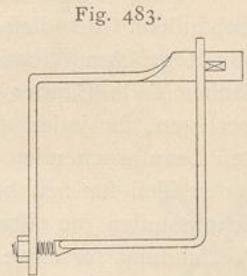


Fig. 486.

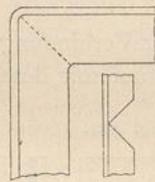


Fig. 487.

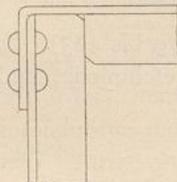


Fig. 488.

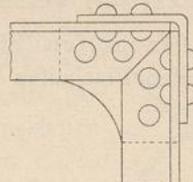


Fig. 489.

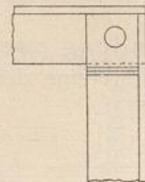
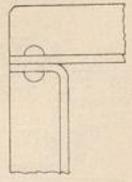


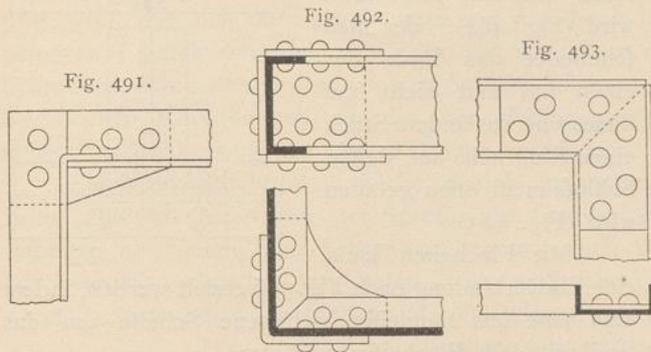
Fig. 490.



Wahrung des ursprünglichen Querschnittes an allen Stellen, indem der Pressendruck das völlige Umschmieden der Winkel bewirkt, während das Wiedererzielen einer leidlich regelmässigen Gestalt beim geschweifsten Winkeleifen nach dem ersten Verfahren nicht leicht ist. In Fig. 487 ist der eine Schenkel so weit beseitigt, dass man den anderen zur Verbindung benutzen kann; diese Verbindung ist aber wenig steif.

Eine bessere Verbindung entsteht durch Laschung beider Schenkel mit zwei Blechen (Fig. 488), von denen das eine ausgechnitten, das andere umgebogen

werden muß; beide Lascen sind bequemer und besser aufsen als innen anzubringen. Die Verbindung in Fig. 489 bedingt Kröpfung des einen Winkelseisens, wenn beide in einer Ebene liegen sollen, ist übrigens nur zu brauchen, wenn Verdrehungen



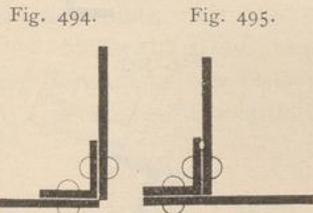
um die Achse des Nietes nicht zu fürchten sind. Fig. 490 ist zu verwenden, wenn ein innen glatter Rahmen gefordert ist, der mit größerer Festigkeit auch nach Fig. 491 gewonnen werden kann, sobald man hier die Nietung innen verfenkt und das Knotenblech ausschneidet.

4) L-Eisen können stehend (Fig. 492) und liegend (Fig. 493) zusammenstoßen. Bei großen Querschnitten verbindet man die Stücke im Stege mittels gebogener Lascen, in den Flanschen durch zwei ausgechnittene Knotenbleche (Fig. 492). Bei kleinen Eisen sind die Flansche oft zum Nieten zu schmal; man muß sich dann mit der Verlaschung des Steges begnügen, welche aufsen oder innen (Fig. 493) oder beiderseits (Fig. 464 S. 181) erfolgen kann.

250.
L-Eisen.

5) I-Eisen sind selten in einer Ecke zu vereinigen. Da die Flansche hier meist noch schmalere sind, so erfolgt die Verbindung durch gebogene Lascen am Stege nach Fig. 507.

251.
I-Eisen.



6) Bleche für Gefäße können in den Ecken nach Fig. 479 verbunden werden. Da diese Verbindung aber schwach ist, so findet man meist Winkelseisen zur Verbindung verwendet, welche im Gefäße (Fig. 494) oder aufsen (Fig. 495) oder beiderseits eingesetzt werden oder die Bleche nach Fig. 480 aufsen umfassen.

252.
Bleche.

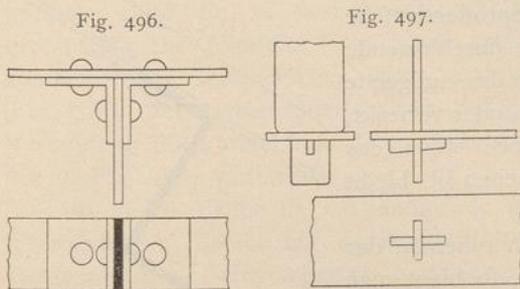
7) Zusammengesetzte Querschnitte kommen in Eckverbindungen nur äußerst selten vor.

253.
Zusammengesetzte Querschnitte.

b) End- (T-) Verbindungen.

1) Flacheisen können, wenn sie flach liegen, mit Füllstück nach Fig. 481 oder ohne ein solches, wenn nötig unter Einfügen eines Knotenbleches, aufeinander genietet werden. Stehen sie hochkantig, so müssen sie erst nach Fig. 482 um 90 Grad verdreht werden. Ohne Verdrehung werden hochkantig stehende Flacheisen durch Winkellascen nach Fig. 496, mittels Lochung und Keil nach Fig. 497 oder auch mit Schraube auf angeschweißstem Rundeisen nach Fig. 483 verbunden.

254.
Flacheisen.



2) Rundeisen und Quadrateisen werden vereinigt, indem man

255.
Rund- u. Quadrateisen.

Fig. 498.

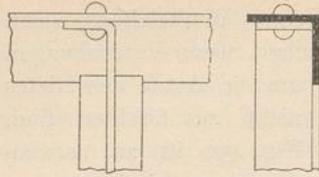
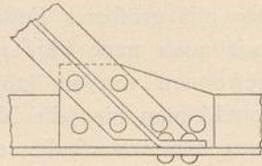


Fig. 500.

256.
T-Eisen.

ein Stück durchbohrt und an das andere einen Stift anfeilt, welcher durchgesteckt und kalt umgenietet wird (Fig. 484); oder man schmiedet das Ende des einen um und zieht auf dieses und das andere Stück einen Ring heiß auf, dessen Schlufs meist offen gelassen wird (Fig. 485).

Mit Flacheisen kann eine Endverbindung nach Fig. 516 erzielt werden, indem man eine aus Bandeisen gebogene Schelle um das

Quadrat- oder Rundeisen legt und mit dem Flacheisen verbolzt.

3) T-Eisen. Man schneide an einem Stücke das Ende des Flansches weg, biege den Steg um und niete oder schraube ihn an den Steg des anderen Eisens; um seitliches Verschieben zu verhindern, wird der Flansch des einen Eisens etwas

in den des anderen eingeklinkt (Fig. 498). Die Verbindung hat ebenfowenig Festigkeit wie die ähnlichen in Fig. 479 u. 487.

Wird gröfsere Widerstandsfähigkeit, namentlich auf Zug, im angeschlossenen Eisen verlangt, so schneide man die Flansche auf Gehrung zusammen, verbinde sie durch ein Knotenblech und lege noch Winkellafchen zwischen die Stege ein (Fig. 499).

Wird nicht verlangt, dafs die Flansche in einer Ebene liegen, so kann man auch den einen auf den anderen legen, erforderlichenfalls unter Einfügen eines Knotenbleches, und die Stege auf eine der obigen Arten vereinigen, wie dies für schiefwinkligen Anschlufs in Fig. 500 gezeigt ist.

257.
Sproffeneisen.

4) Sproffeneisen. Da bei Sproffeneisenverbindungen meist ungestörtes Durchführen des Kittfalzes verlangt wird, so schneidet man die Sproffenflansche auf Gehrung ineinander, durchbohrt das durchlaufende Eisen im Auschnitte zweimal und feilt an das endigende entsprechende Stifte an, welche, erhaben oder versenkt, kalt vernietet werden (Fig. 501). Auch wenn das durchlaufende ein halbes (Rand-)Sproffeneisen ist, bleibt die Verbindung dieselbe.

Die T-Sproffen von Deckenlichtern ruhen in der Regel auf Pfetten. Stehen diese lotrecht, so biegt man

Fig. 499.

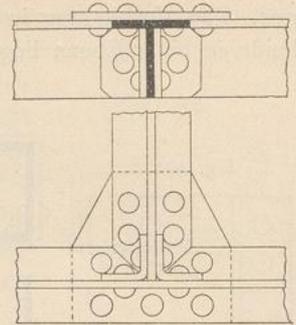


Fig. 502.

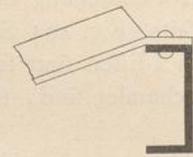


Fig. 503.

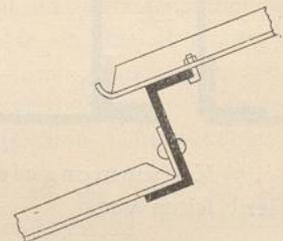
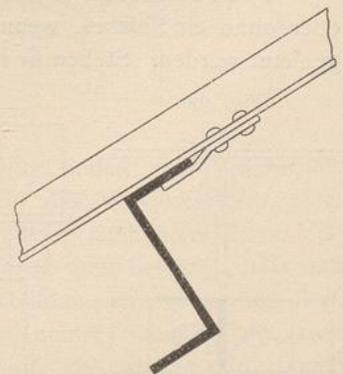
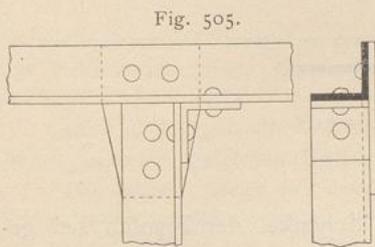


Fig. 504.



meist den Flansch der geneigten Sprosse um, nachdem man den Steg behufs Gewinnung des Platzes zum Nieten oder Verschrauben weggeschnitten hat, und bringt die Sprosse so zu wagrechtem Auflager (Fig. 502). Stehen dagegen die Pfetten rechtwinkelig zur Deckenlichtfläche, so kann man die Sprossen unmittelbar auflagern (Fig. 503); legt sich die Sprosse unten auf die Pfette, so biege man den vom Stege befreiten Flansch um und niete ihn an den Steg der Pfette, oder man ziehe Schrauben durch den Sprossenflansch, welche hakenartig um den der Pfette greifen; bei beiden Anordnungen ist die den Pfettenquerschnitt in unliebfamer Weise schwächende Lochung der Pfettenflansche vermieden.

Befonders beliebt ist in solchen Fällen die Verbindung in Fig. 504 mit Klemmhaken, da das Anbringen der Sprossen im Bauwerke bei ihrer Verwendung kein Arbeiten an Nieten oder Schrauben bedingt, auch die Befestigungsteile, mit den Sprossen fest verbunden, mit diesen in einem Stücke verzinkt werden können. Nur wenn in Ausnahmefällen seitliche Verschiebungen der Sprosse entlang der Pfette zu fürchten sein sollten, ist diese Verbindung nicht zuverlässig.



Vereinigung ohne Verschneiden der Stücke mittels Winkellafche und untergelegten Knotenbleches nach Fig. 505.

6) Kreuzeisen werden mit anderen Teilen dadurch verbunden, daß man zur Gewinnung von Platz für Niete und Schrauben zwei Flansche weggeschnidet und so eine breite Eisenplatte für den Anschluß schafft. Die so entstehende Schwächung ist meist unbedenklich, weil die Kreuzeisen fast nur in leichten Stützen und Steifen zusammengesetzter Träger vorkommen, daher auf Zerknicken berechnet sind und sonach in der Mitte mehr Querschnitt haben müssen, als an den Enden.

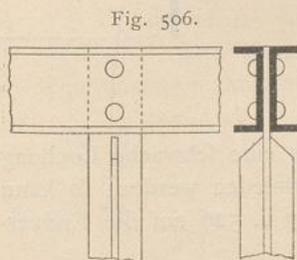


Fig. 506 zeigt den unmittelbaren Anschluß einer solchen +-Steife an die aus zwei C-Eisen mit Schlitz gebildete Gurtung eines Trägers.

7) I- und C-Eisen. Beide können in den Endverbindungen der Regel nach ganz gleich behandelt werden. Sind die zu vereinigenden Teile gleich hoch, so schneide man vom endigenden die Flansche so weit ab, daß man den Steg bis an denjenigen des durchlaufenden heranschieben kann, und verbinde die Stege durch Winkellafchen (Fig. 507). Bei starken Querschnitten mit genügender Flanschbreite kann man diese Verbindung noch wesentlich durch Auflegen von Knotenblechen auf beide Flansche, wie in Fig. 492, verstärken.

In vielen Fällen ist das endigende Eisen das schwächere; man kann dann seinen unteren Flansch auf denjenigen des durchlaufenden lagern, indem man das Herausziehen des eingelagerten durch lange Hakenbolzen nach Fig. 508 verhindert.

258.
L-Eisen.

259.
+-Eisen.

260.
I- u. C-
Eisen.

Die Mittel zum Anlagern dieser Walzträger (Balken) an zusammengesetzte Träger (Unterzüge) zeigt Fig. 509. Der Balken ist mittels doppelter Winkellafche an den Unterzug genietet und ruht außerdem auf einem an die Wand des letzteren

Fig. 507.

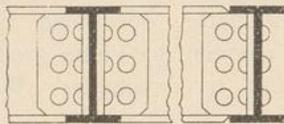


Fig. 509.

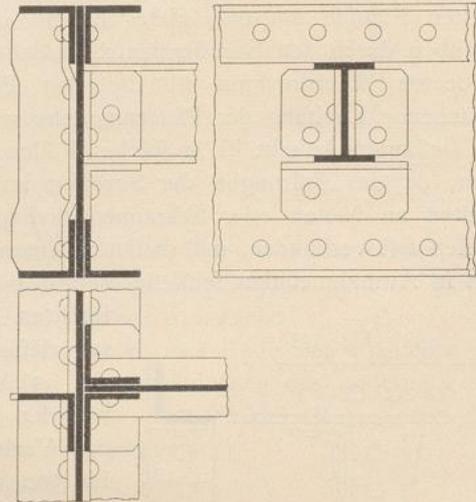
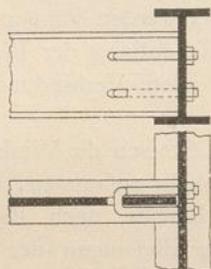


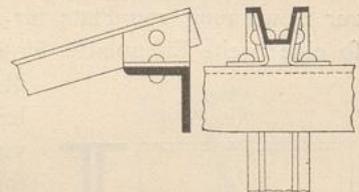
Fig. 508.



gefüzten Winkelabschnitte, mit dessen wagrechtem Schenkel der Flansch bei genügender Breite noch vernietet werden könnte.

Will man dem Balken Spielraum für Wärmebewegungen gewähren, so ersetze man alle in ihn gezogenen Niete durch Schrauben, deren Löcher nach der Richtung seiner Länge länglich geformt werden. Der zusammengesetzte Träger ist in der Anschlussstelle außen durch ein Winkeleisen versteift, damit die schwache Wand nicht unter der Balkenlast einknickt.

Fig. 510.



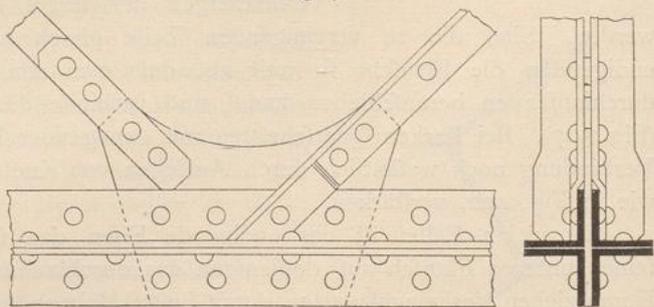
261.
Rinneneisen.

8) Rinneneisen (unter Deckenlichtern) lagern mit ihren Enden auf Pfetten und werden, je nach der Stellung der letzteren, mit gerade oder schief geschnittenen Winkelblechen angeschlossen, wobei allerdings eine schwache Lochung der Pfetten unvermeidlich ist (Fig. 510). Soll letztere vermieden werden, so kann man in geeigneten Fällen auch die Anordnung in Fig. 517 u. 526 auf die Endverbindung übertragen.

262.
Bleche.

9) Bleche werden in Endverbindungen entweder durch Umbiegen des endigenden (Fig. 479) oder besser mittels doppelten (Fig. 496) oder einfachen (Fig. 495) Verbindungswinkels vereinigt.

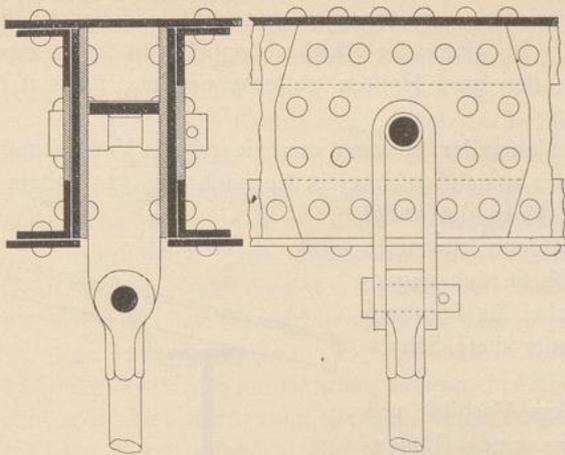
Fig. 511.



263.
Zusammen-
gefüzte
Querschnitte.

10) Zusammengefüzte Querschnitte. Aus der ungemein großen

Fig. 512.



der Steifenwinkel nicht parallel zu der sie veranlassenden Kante der Gurtungswinkel, sondern winkelrecht zum Steifenwinkel gelegt. Das entstehende dreieckige Loch ist mit Blech, Eifenkitt oder Asphalt zu füllen.

In Fig. 512 ist ein Bolzenanschluss eines starken Rundeisens (Hängefange) an einen zusammengesetzten Kastenträger mit durchgehendem Kopfbleche gezeigt.

Der Anschluss erfolgt nach den in Kap. 1 (unter c, Art. 228 bis 231, S. 167 bis 169) gegebenen Regeln; jedoch bestehen die beiden Lafchen hier aus einem halbkreisförmig umgebogenen Bleche, welches sich genau ausgehobelt und geschmirgelt, auf den in den Wänden des Trägers befestigten Bolzen hängt; dieser ist in der Mitte der Länge eingedreht, so daß an den Enden Arbeitsleisten entstehen, welche die Auflagerflächen des gebogenen Lafchenbleches möglichst dicht an die Stützflächen in den Trägerwänden rücken. Die Biegungsbeanspruchung im Bolzen wird auf diese Weise thunlichst verringert. Um in den Trägerwänden die nötige Lochlaibungslänge zu erhalten, sind sie durch aufgenietete (in Fig. 512 schraffierte) Platten verflärkt.

c) Kreuzungen (+-Verbindungen).

1) Flacheisen. Liegen diese mit oder ohne Zwischenraum flach zu einander, so werden sie ohne weiteres miteinander vernietet, wobei bei Vorhandensein eines Zwischenraumes Stehniete erforderlich sind (Fig. 481); die Ringe der letzteren können

264.
Flacheisen.

zur Verhütung von Verdrehungen nötigenfalls zu Knotenblechen mit fünf Nieten erweitert werden (Fig. 481 gestrichelt), auf denen schließlich unter entsprechender Vermehrung der Niete ein Stoß der Flacheisen erfolgen kann (Fig. 513).

Liegen beide Eisen in derselben Ebene, so wird doppelte Verfläsung mindestens des

Fig. 513.

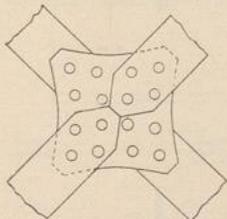


Fig. 514.

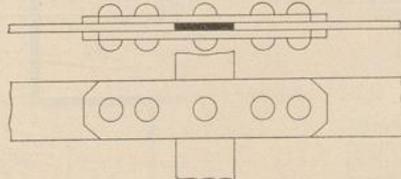


Fig. 516.

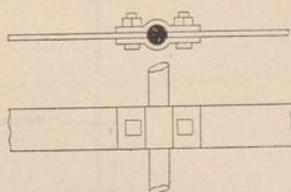
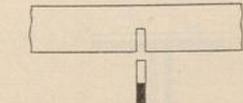


Fig. 515.



einen erforderlich, um das andere durchführen zu können (Fig. 514); auch dabei ist es möglich, die Laschen zu Kreuzlaschen zu erweitern und mittels dieser einen Stofs in jedes der Bänder zu legen. Ist eines der Bänder doppelt, so kann das andere durch einen Schlitz zwischen den zwei Hälften gesteckt werden, nach Art von Fig. 523.

Stehen die Eifen hochkantig zu einander, so kann man sie mittels Verdrehung nach Fig. 482 aufeinander legen, oder man überschneidet sie nach Fig. 515 miteinander; man schneidet aus jedem der Eifen die Hälfte aus, schiebt sie ineinander und kann sie dann schweißen oder kalt so zusammenhämmern, daß sie sich gegenseitig aufeinander festklemmen. Dabei ist selbstverständlich Voraussetzung, daß die Bänder diese Schwächung vertragen können.

Auch die in Fig. 517 nach dem Vorbilde von Fig. 504 dargestellte Ueberkreuzung eines Rinneneisens mit einer I-Pfette ist sehr gebräuchlich. Dabei sind die beiderseits zu verwendenden, von den Rinnenflanken auslaufenden Hafter nicht durch einen unter den Rinnenboden genieteten ersetzt, weil Nietungen im Rinnenboden allgemein unzulässig sind.

265.
Rund- und
Quadrateisen.

2) Rundeisen und Quadrateisen. Hierher gehörige Verbindungen entstehen aus zweifertiger Anordnung der Fig. 485, oder das eine Eisen wird mittels doppelter Schellenlasche um das andere herumgeführt, wie dies in Fig. 516 für

Fig. 517.

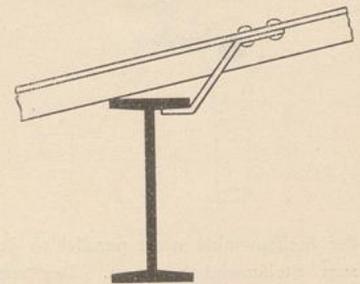


Fig. 518.

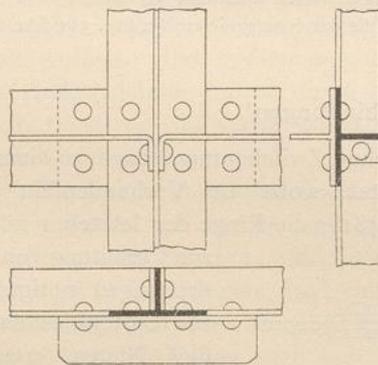


Fig. 519.

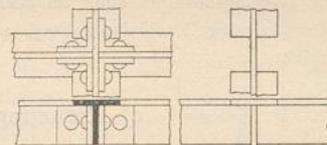


Fig. 520.

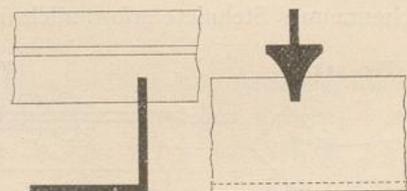


Fig. 521.

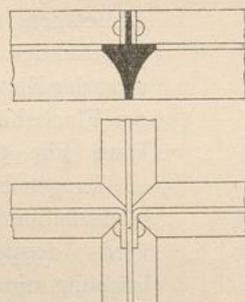
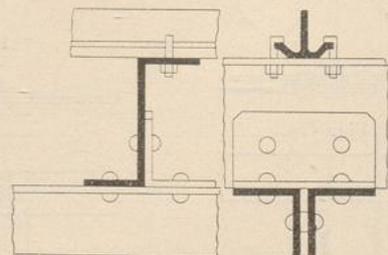


Fig. 522.



Flacheisen und Rundeisen angedeutet ist. Flach liegende Flacheisen werden häufig bei Gitteranordnungen für dünnere Quadrat- und Rundeisen entsprechend gelocht; die Verbindung der durcheinander geschobenen Teile erfolgt dann durch aufgeschweißte oder mit durchgebohrtem Splinte befestigte Ringe.

3) T-Eisen. Kreuzverbindungen aus T-Eisen ergeben sich aus der Verdoppelung von Fig. 498 u. 499. Soll in letzterem Falle die volle Steifigkeit des durchschnittenen T-Eisens hergestellt werden, so kann man auf die Rückseite statt des Knotenbleches einen Abschnitt deselben Eisens aufnieten (Fig. 518).

266.
T-Eisen.

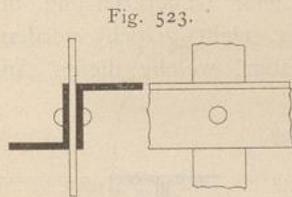
Wird keine große Steifigkeit von der Verbindung verlangt, so kann man die T-Eisen unter Einklinken der Flansche voll miteinander überkreuzen und die Stege mittels Winkelfaschen verbinden (Fig. 519).

4) Sproffeneisen. Bei gewöhnlichen Fenstersproffen werden auch hier die Flansche beiderseits auf Gehrung zusammengeschnitten. Das Vernieten mit angefeilten Stiften ist hier nicht möglich; man biege den Steg um und verniete ihn beiderseits mit dem durchlaufenden (Fig. 521). Soll der Kittfalz ganz frei sein, so hämmert man die zusammengeschnittenen Sproffen, so gut es geht, ineinander. Ueberkreuzt eine Sprosse die Kante eines tragenden Eisens, so feilt man beide etwas aus und hämmert sie zusammen (Fig. 520).

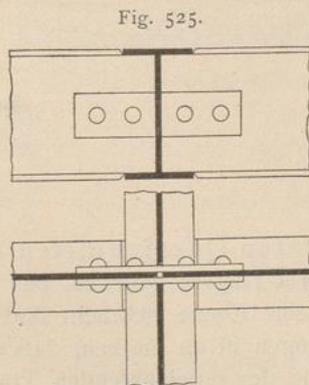
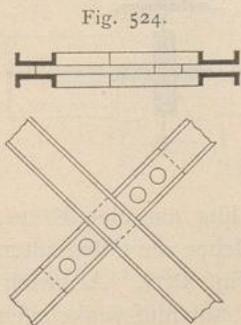
267.
Sproffeneisen.

T-Sproffen mit oder ohne Schweifsrinne werden glatt auf die Pfetten gelagert und, da die Flansche zum Nieten zu schmal sind, mittels Hakenbolzen befestigt (Fig. 522); diese Bolzen werden am Haken vierkantig geformt und in den Rand der Sprosse eingeklinkt, um Verschiebungen zu verhindern. Die in Fig. 504 dargestellte Verbindung ist hier gleichfalls am Platze.

5. Winkeleisen. Auch hier sind die Verbindungen der T-Eisen (Fig. 518 u. 519) auf die Winkeleisen zu übertragen; doch sind Ueberblattungen (wie in Fig. 519) bei stark beanspruchten Teilen wegen der großen Schwächung zu vermeiden.

268.
L-Eisen.

Sehr häufig sind Verbindungen mehrerer Winkel-eisen mit offenem Schlitz mit anderen Teilen, welche sich durch den Schlitz stecken. Als Beispiel zeigt Fig. 523 die Verbindung zweier verstellter Winkeleisen mit einem durchgesteckten Flacheisen. In der Durchkreuzung mehrerer solcher Querschnitte kann dann ein Knotenblech in den Schlitz geschoben werden, mittels dessen alle zugleich gestossen und verbunden werden.



6) I- und C-Eisen. Fig. 524 zeigt die Kreuzung zweier Glieder, welche aus flach liegenden, kleinen C-Eisen mit offenem Schlitz bestehen; durch den Schlitz des durchlaufenden ist ein Lafchenblech gesteckt, welches die Enden des durchschnittenen verbindet. Bei gleich hohen I-Eisen schneide man auch hier an den Enden des durchschnittenen Eisens die Flansche weg, schiebe die Stege

269.
I- u. C-
Eisen.

aneinander und verlafche sie dann, und zwar statt mittels Winkellafchen (wie in Fig. 507) mittels durchgesteckter Flachlafchen (Fig. 525).

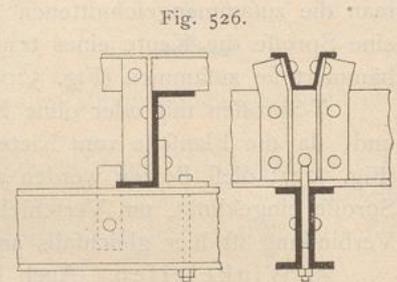
Da meistens verlangt wird, daß die Enden des durchschnittenen Eisens fest auf den Flanschen des durchlaufenden ruhen, so ist es zweckmäfsig, zwischen letztere und die eingefchobenen Stegenden nach Anbringen der Lafchen kleine Keile aus Blechabfallen einzuschlagen.

Auch die Verbindung in Fig. 508 mit Hakenbolzen kann hier unter Verdoppelung verwendet werden, wenn man die Bolzen so weit schräg biegt, daß die Muttern nicht mit den Stegen der aufgelagerten Querschnitte in Berührung kommen.

Die Verbindung der durchschnittenen Teile mittels durchgesteckter Lafchen nach Fig. 525 kann auch auf Anordnungen nach Fig. 509 zum Erfatze der Winkellafchen ohne weiteres übertragen werden.

270.
Rinneneisen.

7) Rinneneisen überkreuzen sich mit Pfetten von I- oder E-, bzw. Z-förmigem Querschnitte. Im ersteren Falle ist die Verbindung mit gebogenen Blechen nach Fig. 510 unter Lochung des Pfettenflansches zu wählen; bei den letzteren Querschnitten ist die bessere Verbindung mittels schwacher, an den Pfettensteg genietet L-Eisen ausführbar (Fig. 526). Auch die die Lochung vermeidende Verbindung mit Klemmhaken von den Flanschen des Rinneneisens aus (Fig. 517) ist hier am Platze.



271.
Z-Eisen.

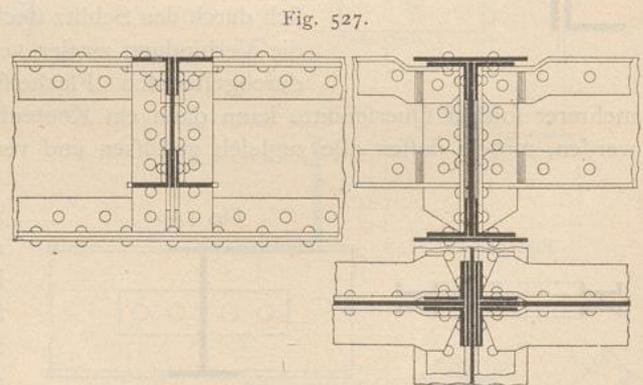
8) Z-Eisen, welche mit besonderer Vorliebe für durchgehende Gelenkpfetten verwendet werden, überkreuzen sich daher häufig mit den oberen Gurtungen von Dachstühlen, dürfen aber in dieser Ueberkreuzung im Flansch, wegen des hier wirkenden Momentenhöchstwertes, nicht gelocht werden. Das Befestigen auf einer oberen Gurtung aus zwei E-Eisen, welche diesen Anforderungen genügt, zeigt Fig. 526, in welcher bei sehr sicherer Verbindung Lochungen nur im Pfettensteg vorhanden sind.

E-förmige Querschnitte werden für Pfetten in ganz gleicher Weise verwendet und befestigt.

272.
Bleche etc.

9) Bleche werden in +-Verbindungen mittels vier Winkeln in den Ecken verbunden (Verdoppelung von Fig. 496).

10) Von zusammengesetzten Querschnitten ist hier nur eine Kreuzverbindung von zusammengesetzten I-Trägern gegeben, bei welcher die Oberkanten aller Teile durch Kröpfungen in eine Ebene gebracht sind (Fig. 527). Als wichtigste Regel für derartige Verbindungen ist zu merken, daß die Anschlußwinkeleisen sich jedenfalls über die ganze Höhe des durchlaufenden Trägers erstrecken müssen;



die Kröpfung dieser Anschlußwinkel über die Gurtungswinkel des durchlaufenden Trägers ist dadurch vermieden, daß zwischen letztere erst (in der Ansicht schraffierte) Füllbleche von gleicher Stärke eingelegt sind. Die L-Eisen der angeschlossenen Trägerenden werden auf die Anschlußwinkel heraufgekröpft.

4. Kapitel.

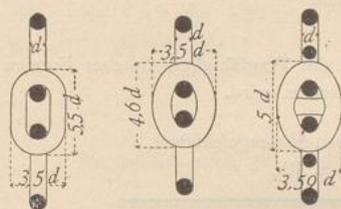
Ketten und Drahtseile.

a) Ketten.

Die Ketten bestehen aus einzelnen Gliedern, welche aus Rundeisen oder aus Flacheisen (Gall'sche Gliederkette) hergestellt sein können. Im ersteren Falle werden die Glieder offen ineinander geschoben und dann bei der Ringkette (Fig. 528 bis 530) zugeschweißt, bei der Hakenkette (Vaucanson'sche Kette, Fig. 531) offen gelassen. Die Glieder der Ringkette können lang (deutsche Kette, Fig. 528) oder kurz (englische Kette, Fig. 529) ausgebildet sein und werden bei schweren Ketten durch Einsetzen eines Mittelsteiges (Stegkette oder Kettentaue, Fig. 530) wesentlich verstärkt.

273.
Verschiedenheit.

Fig. 528. Fig. 529. Fig. 530.



(deutsche Kette, Fig. 528) oder kurz (englische Kette, Fig. 529) ausgebildet sein und werden bei schweren Ketten durch Einsetzen eines Mittelsteiges (Stegkette oder Kettentaue, Fig. 530) wesentlich verstärkt.

Als endgültige Konstruktionsteile kommen Ketten im Hochbauwesen fast gar nicht zur Anwendung; sie werden hauptsächlich bei Bauausführungen benutzt und dann fast nur die aus Rundeisen hergestellten Gliederketten, weshalb auch bloß diese eine kurze Besprechung erfahren.

Als endgültige Konstruktionsteile kommen Ketten im Hochbauwesen fast gar nicht zur Anwendung; sie werden hauptsächlich bei Bauausführungen

Die Tragfähigkeit der Rundeisengliederketten (Fig. 528 u. 529) ist nach angefertigten Versuchen gleich dem $\frac{11}{9}$ -fachen der Tragfähigkeit des einfachen Rundeisens, aus welchem die Kette angefertigt ist. Wird bei 4-facher Sicherheit die zulässige Anstrengung des besonders guten Ketteneisens auf 1000 kg für 1 cm angesetzt, so ergibt sich der der Last P entsprechende Eisendurchmesser d aus:

274.
Tragfähigkeit.

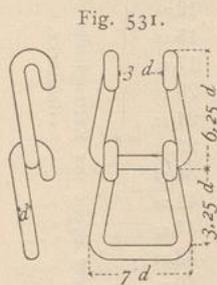


Fig. 531.

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 \frac{11}{9} = P \text{ mit } d = 0,032 \sqrt{P} \text{ Centim. } 179.$$

Werden die Kettenglieder oder Schaken durch Mittelsteige verstärkt (Fig. 530), so kann die Anstrengung auf das $\frac{4}{3}$ -fache gesteigert werden; der Durchmesser d folgt für diesen Fall aus

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 \frac{4}{3} \cdot \frac{11}{9} = P \text{ mit } d = 0,028 \sqrt{P} \text{ Centim. } \dots 180.$$

Die einfache Kette z. B. eines Kranes für 15 t Tragkraft muß also aus Eisen von $d = 0,028 \sqrt{15000} = \text{rund } 3,5 \text{ cm}$ bestehen, wenn die Glieder Stege haben, und umgekehrt darf man ein Kettentaue aus Rundeisen von 2,3 cm Durchmesser nur mit

$$P = \left(\frac{2,3}{0,028} \right)^2 = \text{rund } 6740 \text{ kg}$$

belasten.

Ist die Belastung eine völlig ruhende und unveränderliche, so kann die Beanspruchung bis auf das 1,8-fache der obigen Angaben gesteigert werden. Die Gleichungen lauten dann:

$$d = 0,024 \sqrt{P} \text{ Centim. für gewöhnliche Ketten und 181.}$$

$$d = 0,021 \sqrt{P} \text{ » für Stegketten 182.}$$

Zur Haltbarkeit der Ketten trägt die zweckmäßige Gestaltung der Windentrommeln sehr erheblich bei; die meisten Kettenbrüche entstehen durch zu schnelle Abnutzung bestimmter Stellen der Kettenglieder auf der Trommel oder dadurch, daß sich ein beim Einlaufen in die Winde übergeschlagen gebliebenes Glied nachher unter neuer Last ruckweise wieder gerade stellt und unter dem so entstehenden Stöße bricht.

Um diese Uebelstände thunlichst zu vermeiden, sollen die Kettentrommeln der Winden so genutt fein, daß die Ebenen der einzelnen Kettenglieder bei dem einen rechtwinkelig zur Trommelachse stehen, beim nächsten im Trommelumfang liegen. Die Trommelnuten haben dann die Eisenstärke der Glieder als Breite, und man kann die Kette darauf bei einiger Sorgfalt mehrere Male aufeinander legen. Bei breiten, flachen Trommelnuten kommen alle Kettenglieder unter 45 Grad zur Trommelachse zu stehen, was für die Führung und Erhaltung der Kette erheblich ungünstiger ist.

Die Gewichte der Ketten aus Rundeisen betragen, wenn d den Durchmesser (in Centim.) angiebt, für 1 lauf. Meter etwa:

- für weite Gliederketten $1,92 d^2$ Kilogr.;
- » enge Gliederketten ohne Stege $2,33 d^2$ Kilogr.;
- » Stegketten (Kettentaue) $2,46 d^2$ Kilogr., und
- » Hakenketten $3,76 d^2$ Kilogr.

Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Abmessungen und die Tragfähigkeit üblicher Formen der engen (englischen) Kette, welche bei Bauarbeiten vorwiegend verwendet wird.

Kurzgliederige Ketten der Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vormals *Bechem & Keetmann* in Duisburg a. Rh.

Ketteneisenstärke	Zulässige Belastung	Ungefähres Gewicht auf 1 m	Ketteneisenstärke	Zulässige Belastung	Ungefähres Gewicht auf 1 m
5	250	0,58	20	4 000	8,98
6	360	0,81	22	4 840	10,87
7	490	1,10	24	5 760	12,94
8	640	1,44	26	6 760	15,18
9	810	1,82	28	7 840	17,61
10	1000	2,25	30	9 000	20,22
11	1210	2,72	33	10 890	24,46
12	1440	3,24	36	12 960	29,11
13	1690	3,80	39	15 210	34,16
14	1960	4,41	43	18 490	41,53
15	2250	5,06	46	21 160	47,53
16	2560	5,75	49	24 010	53,82
18	3240	7,28	52	27 040	60,73

Innere Länge (Baulänge) der Kettenglieder = $2\frac{1}{2}$ -fache Ketteneisenstärke.

Äußere Breite der Kettenglieder = $3\frac{1}{2}$ -fache Ketteneisenstärke.

b) Drahtfeile.

276. Verschiedenheit.

Drahtfeile werden als Litzenfeile, als flache Bänder aus Litzen und als Kabelfeile angefertigt.

Die Litzenfeile bestehen der Regel nach aus 7 Litzen, von denen jedoch die innere durch eine Hanffeele gebildet wird. Jede der äußeren 6 Litzen besteht

entweder aus 6 Drähten und dünner Hanffeele oder aus 7 Drähten, so dafs normale Litzenfeile entweder $6 \times 6 = 36$ oder $6 \times 7 = 42$ Drähte enthalten. Schwache Seile werden wohl ohne Seele aus 4 fechsdrätigen Litzen zusammengedreht und enthalten dann $6 \times 4 = 24$ Drähte. Der äufsere Durchmesser d eines aus 36 Drähten bestehenden Seiles beträgt fast genau 8 Drahtdurchmesser δ , so dafs $d = 8 \delta$.

Die Bandfeile können sehr verschiedene Zahlen von Drähten enthalten; gewöhnlich werden sie aus 6 Strähnen von je 24 Drähten geflochten, enthalten daher in diesem Falle $6 \times 24 = 144$ Drähte.

Die Kabelfeile werden nur zum Teile oder gar nicht aus Litzen gedreht, sondern aus einzelnen Drähten zusammengesetzt. Die Verschiedenheit der Drahtanzahlen ist also hier eine weitgehende.

Außerdem kommen, namentlich bei Verwendung des spröden Stahldrahtes, ungedrehte Seile zum Teile mit besonderen Querschnittsformen der Bestandteile vor, welche jedoch nur für grofse Tragkonstruktionen (Kabelbrücken) Bedeutung haben; für Bauarbeiten werden sie nicht verwendet.

Die Festigkeit des besten hier verwendeten Holzkohleneisens beträgt 5000 kg für 1 qcm, welche durch das Drehen des Drahtes in schlanken Windungen nur wenig beeinträchtigt wird. Sollen die Seile also 5-fache Sicherheit haben, so dürfen sie mit 1000 kg für 1 qcm beansprucht werden.

Bezeichnen δ den Drahtdurchmesser, n die Anzahl der Drähte, P die zu tragende Last (in Kilogr.) und s' die zulässige Beanspruchung (in Kilogr. für 1 qcm), so mufs stattfinden

$$n \frac{\delta^2 \pi}{4} s' = P \quad \text{und} \quad \delta = \sqrt{\frac{4 P}{n \pi s'}} \quad \dots \quad 183.$$

Bei 1000 kg zulässiger Beanspruchung ergibt sich danach:

$$\begin{aligned} \text{für Seile mit 36 Drähten } \delta &= 0,006 \sqrt{P} \text{ Centim.,} \\ \text{» » » 42 » } \delta &= 0,0055 \sqrt{P} \text{ Centim.} \end{aligned}$$

Für ein Seil, welches 2500 kg tragen und aus 42 Drähten bestehen soll, mufs also

$$\delta = 0,0055 \sqrt{2500} = 0,275 \text{ cm}$$

gewählt werden.

Bei Verwendung von Gufsstahl-Drahtfeilen kann die zulässige Beanspruchung bei 5-facher Sicherheit auf 2000 kg für 1 qcm gesteigert werden; die obigen Formeln nehmen für diesen Fall die Form an:

$$\begin{aligned} \text{für Seile mit 36 Drähten } \delta &= 0,0043 \sqrt{P} \text{ Centim.,} \\ \text{» » » 42 » } \delta &= 0,0039 \sqrt{P} \text{ Centim.} \end{aligned}$$

Für kleinere Lasten werden der Regel nach Litzenfeile, für schwerere Bandfeile oder auch Kabelfeile verwendet, für welche die obige allgemeine Formel

$$\delta = \sqrt{\frac{4 P}{n \pi s'}} \quad \text{unter mehr willkürlicher Annahme von } n \text{ gültig bleibt.}$$

Der Verschleifs der Drahtfeile ist erheblich und ist bei der Berechnung in Rücksicht zu ziehen, da die in neuem Zustande eben genügend starken Seile bald zu schwach werden; übermäfsig starke Seile sind andererseits zu teuer; man darf daher in der Verstärkung nicht zu weit gehen. Die sparsamsten Seile sind etwa die für den Zustand der Neuheit mit 10-facher Sicherheit, d. h. mit $s' = 500$ kg auf 1 qcm für Eifendraht und $s' = 1000$ kg auf 1 qcm für Stahldraht berechneten.

Gebräuchliche Abmessungen von Drahtfeilen aus bestem Schweisseisen giebt die nachfolgende Tabelle.

277.
Berechnung.

Drahtseile aus gehämmertem Holzkohleneisen
von Felten & Guillaume in Köln.

Litzenseile					Bandseile						Kabelseile				
d	n	δ	G	G_1	b	d	n	δ	G	G_1	d	n	δ	G	G_1
7	24	0,9	0,21	1 200	40	8	144	0,9	1,07	3 600	30	114	1,9	3,20	13 000
8	36	0,9	0,32	1 800	55	11	144	1,2	1,60	7 200	33	133	1,9	4,00	15 000
10	42	0,9	0,38	2 100	65	13	120	1,5	2,66	13 000	35	84	2,5	4,00	16 800
11	36	1,2	0,48	2 500	75	16	144	1,5	3,50	16 000	40	114	2,5	5,90	23 000
13	42	1,2	0,58	3 000	90	16	168	1,5	4,10	18 500	43	133	2,5	6,72	26 000
15	36	1,5	0,75	4 200	75	14	120	1,9	3,68	21 000	45	234	1,7	6,90	24 000
16	42	1,5	0,85	5 000	80	17	144	1,9	4,25	25 000	48	152	2,5	7,84	30 000
18	36	1,9	1,07	6 300	100	20	168	1,9	5,10	29 000	50	294	1,9	9,00	34 000
20	42	1,9	1,28	7 400	110	20	196	1,9	5,84	34 000	50	133	3,1	9,30	40 000
22	49	1,9	1,53	8 600	125	20	224	1,9	6,67	39 000	60	234	2,3	11,50	39 000
23	36	2,5	1,70	11 000	135	22	256	1,9	8,00	45 000	60	133	3,5	12,00	50 000
25	42	2,5	2,13	12 600	130	23	168	2,5	7,97	50 000	65	294	2,3	13,90	50 000
25	84	1,9	2,40	14 700	150	23	196	2,5	9,30	58 800	65	152	3,5	13,90	57 000
28	42	2,7	2,40	14 700	170	23	224	2,5	10,70	67 000	72	294	2,5	16,00	58 000
30	36	3,1	2,55	16 200	175	28	256	2,5	14,50	77 000	75	294	2,7	17,60	68 000
Millim.		Millim.		Kilogr.	Millim.		Millim.		Kilogr.	Millim.		Millim.		Kilogr.	

d = Durchmesser
bezw.
 δ = Dicke
 b = Breite
des Seiles.

δ = Durchmesser der Drähte,
 n = Zahl der Drähte,
 G = Gewicht für 1 Lauf. Meter,
 G_1 = Bruchbelastung.

5. Kapitel.

A n k e r.

278.
Verschieden-
heit.

Anker kommen im Hochbau als Steinanker, als Balkenanker, als Anker zur Uebertragung von Zugspannungen in größeren Holzgespärren (Dachverbänden), als Anker zur Aufhebung der Schübe von Wölbungen und als Fundamentanker vor, um namentlich Eifenteile mit gemauerten Fundamenten in feste Verbindung zu bringen. Von den Steinankern war bereits in Abschn. I (Art. 105, S. 87) die Rede, so daß diese hier nicht weiter in Betracht kommen.

279.
Balkenanker.

Balkenanker bringen die Balkenköpfe einer Balkenlage mit den die Balken tragenden Außenwänden in Verbindung. Sie haben nur den Zweck, zufällige Verdrückungen und Ausbauchungen mittels der Zugfestigkeit der durchlaufenden Balken zu verhindern, werden also nicht durch genau anzugebende Kräfte beansprucht und können daher nicht berechnet werden.

Sie bestehen meist aus Flacheisen, feltener aus Rundeisen, werden an dem einen Ende an der Seitenflanke oder Unterfläche der Balken mit angeschmiedeter Spitze, übergeschlagenem Krampen oder durchgezogenem Schraubenbolzen und Druckplättchen befestigt und tragen am anderen Ende ein Auge, durch welches ein aufsen vorspringender oder in das Mauerwerk eingelassener Splint (Fig. 532) gesteckt wird. Der Splint ist der die Mauer haltende Teil, soll daher eine größere Zahl von Mauerfichten fassen, muß also lotrecht gestellt und mindestens 40^{cm} lang sein. Er hat als Träger unter dem gleichmäßigen Drucke des Mauerwerkes als Last

und dem Zuge des Ankerauges als Auflager zu wirken, erhält daher einen hochkantig zur Mauer stehenden, rechteckigen Querschnitt. Beispiele solcher Anker geben Fig. 532 bis 535.

Die bei Verankerung ganzer Balkenlagen in Reihen auftretenden Anker splinte können zur Herstellung von Namen oder Jahreszahlen benutzt werden, indem man jedem Splinte die Form eines Buchstabens (Fig. 536 u. 545) oder einer Ziffer (Fig. 539 u. 543) giebt; indes haben die Splinte auch anderweitige Durchbildungen erfahren (Fig. 537, 538, 540, 541, 542 u. 544).

Bestehen die Anker aus Rundeisen, so ersetzt man die Splinte gern durch Muttern mit großen gusseisernen Druckplatten (Fig. 535).

Zuganker in Holzkonstruktionen bilden den Ersatz für Zugübertragende Hölzer, wie Zangen und Hängefäulen, oder bilden die eine Schar (Pfoften oder Diagonalen) in hölzernen Fachwerkträgern (vergl. den vorhergehenden Abschnitt, Art. 163, S. 120).

Sie bestehen fast ausnahmslos aus Rundeisen und werden an den Enden mittels Mutter und Gewinde oder mittels runden Auges und durchgesteckten Bolzens an den Holzteilen befestigt. Bei diesen Befestigungen ist besonders darauf Bedacht zu nehmen, daß für die Uebertragung der Kräfte auf die Holzteile hinreichend große Druckflächen entstehen; die Muttern erhalten zu diesem Zwecke entsprechende große und starke Unterlegscheiben, die durchgesteckten Bolzen im Holze Druckplättchen (Fig. 535).

280.
Anker in
Holzkonstruktionen.

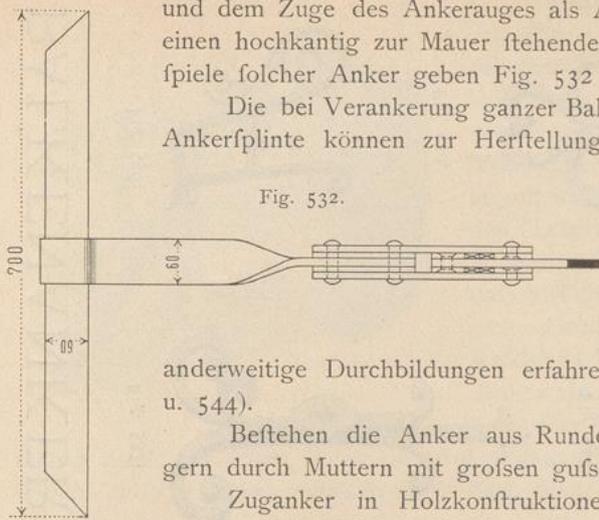


Fig. 532.

Fig. 533.

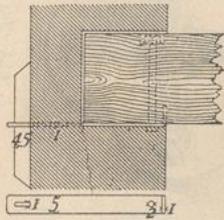
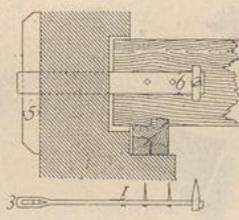
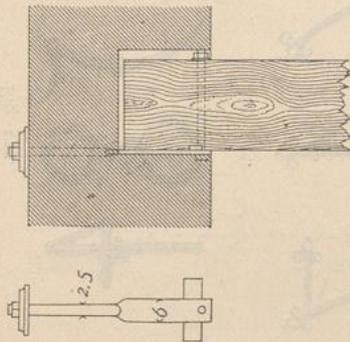


Fig. 534.



Man fügt derartige Anker meist zu dem Zwecke in die Holzkonstruktionen ein, um diese in Spannung bringen zu können, bevor sie ihre volle Belastung erhalten. Erfolgt die Befestigung mittels Gewinde und Muttern an den Enden, so ist dies durch scharfes Anziehen der Muttern ohne weiteres möglich.

Fig. 535.



Ist die Befestigung aber mittels durchgesteckter Bolzen erfolgt, so schneidet man den Anker mitten durch und verbindet die Enden mittels eines Spannschlusses (siehe Fig. 462, S. 180) oder mittels doppelter Verlaschung angeschweifster Augen nach Fig. 443 oder 444 (S. 168, bzw. 169), indem man statt des Bolzens einen Doppelkeil einsetzt und das Auge, seiner Länge entsprechend, verlängert. Da selbst scharf gespannte wagrechte Anker bei großer Länge erheblich durchhängen, so hängt man sie mittels starker Drähte oder schwacher Rundeisen an den übrigen Konstruktionsteilen auf.

BALKENANKER.

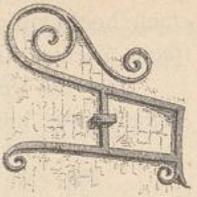


Fig. 536.

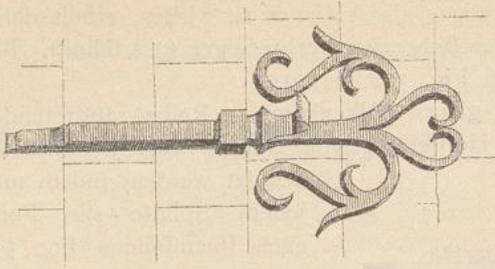


Fig. 540.

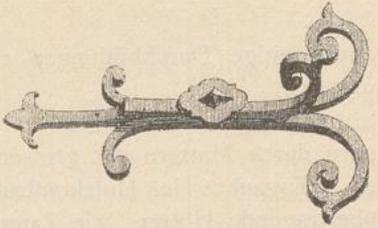


Fig. 537.

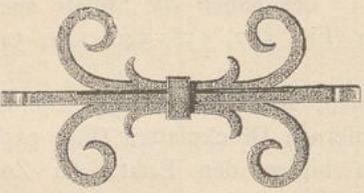


Fig. 541.

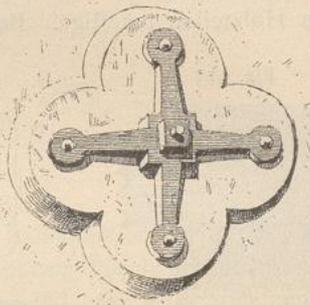


Fig. 538.

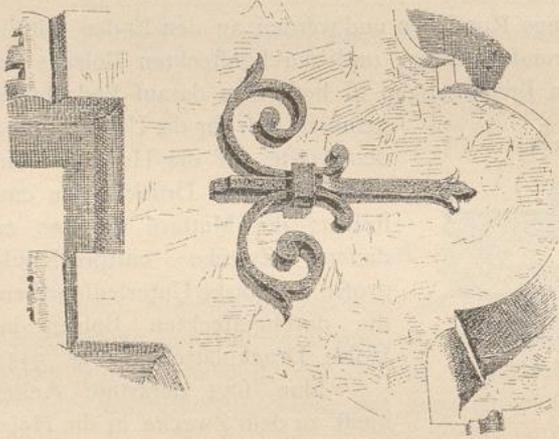


Fig. 542.

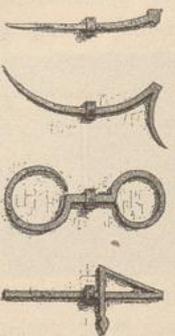


Fig. 539.

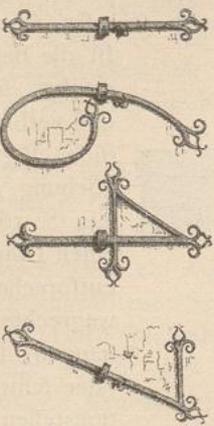


Fig. 543.

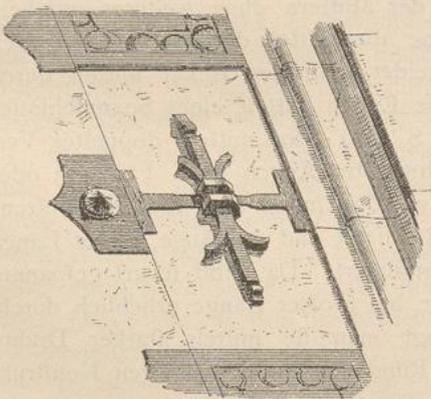
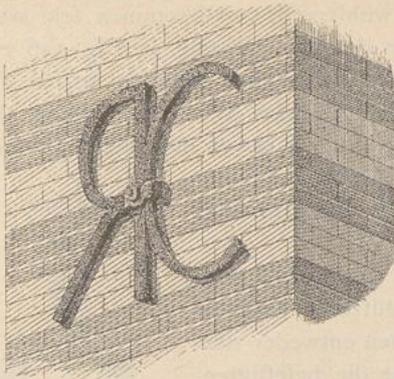


Fig. 544.

Fig. 545.

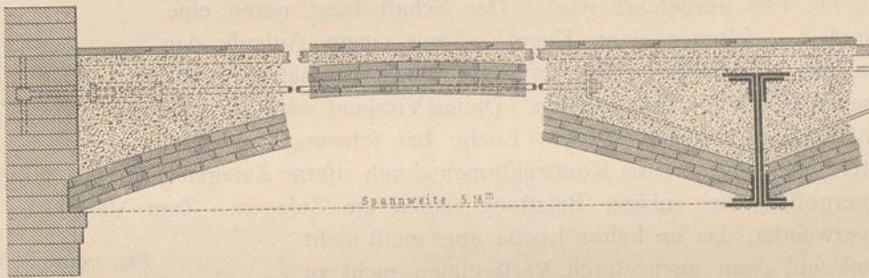


287.
Gewölbe-
anker.

Anker für Wölbkonstruktionen haben den Zweck, den Schub der Wölbungen aufzuheben, wenn nicht hinreichend starke Widerlager vorhanden sind. Wird der Schub von einzelnen schmalen Bögen erzeugt, so ordne man an der Außenseite jeder Widerlagsmauer in Kämpferhöhe einen durchlaufenden Träger an und verbinde diese beiden Träger in solchen Abständen durch Zuganker, daß zwischen je zweien derselben der durchweg gleichmäßig wirkende Gewölbefschub durch die Träger aufgenommen und auf die Anker übertragen werden kann.

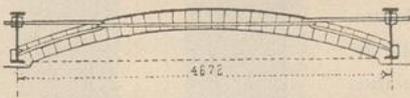
Der Querschnitt solcher Anker ist regelmäßig rund, nur selten, wenn der Anker ganz im Mauerwerke liegt oder den Anschluß anderer Teile gestatten soll, flach und an den Enden in den Kreis über-

Fig. 546.



geführt. Von solchen Anker wird noch in Band III, Heft 3, b (Abt. III, Abchn. 2, B: Gewölbte Decken) dieses »Handbuches« eingehend die Rede sein.

Fig. 547.



Bezüglich der Verankerung von Gewölb-
ben ist besonders hervorzuheben, daß die
sehr weit verbreitete Auflösung eines behufs
Deckung gegen Feuer über den Gewölbe-
scheitel gelegten Ankers in Enddreiecke, wie
sie beispielsweise in Fig. 546 u. 547 darge-

stellt ist, als statisch verfehlt bezeichnet werden muß, wenn der gerade Mittelteil des Ankers nicht in den Spitzen zweier wenigstens annähernd gleichschenkeliger Dreiecke nach Fig. 548 angreift. Meist ist für diese Enddreiecke nach oben hin kein Platz;

Fig. 548.

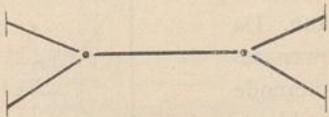
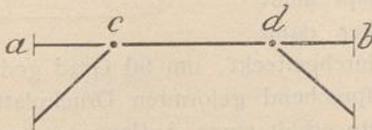


Fig. 549.



deshalb wird die Anordnung nach Fig. 546,
547 u. 549 gestaltet. Dabei sind die beiden
schrägen Ankerzweige nutzlos; denn sie
können nach den Gleichgewichtsgesetzen
an der Kraftaufnahme nicht teilnehmen.
Ein einfacher geradlinig zwischen *a* und *b*
geführter Anker leistet dieselben Dienste.
Um die schrägen Zweige zur Wirkung zu
bringen, müßte man sie durch künstliche
Anspannung in Spannung versetzen. Dann

würden aber die lotrechten Seitenkräfte ihrer Spannkkräfte bei d und c als Lasten auf die Wölbung übertragen, was in den meisten Fällen wohl recht unwillkommen sein wird.

Die aus Bandeisen gebogenen Ankerstücke der Verankerung in Fig. 546 entsprechen mit dem Anschlußpunkte des wagrechten Ankerteiles und den beiden Verbindungspunkten mit dem Kämpferträger den Dreiecken der Anordnung in Fig. 548. Da aber der mittlere Teil der Richtung nach nur sehr wenig von der oberen Dreiecksseite abweicht, so überträgt diese fast die ganze Ankerkraft, und der Unterteil des Dreieckes beteiligt sich nur sehr wenig an der Aufnahme.

282.
Fundament-
anker.

Fundament- oder Grundanker dienen meist zur Befestigung von Metallteilen (z. B. Säulen, anderen Freistützen, Statuen u. f. w.) auf gemauerten Unterstützungen und haben entweder nur zufällige Verschiebungen zu verhindern oder aber die befestigten Teile vor dem Umsturze unter dem Einflusse seitlich wirkender Kräfte, namentlich des Widerdruckes, zu bewahren.

1) Sollen nur zufällige Verschiebungen verhütet werden, so genügt die Steinschraube (Fig. 550), welche in Durchmessern von 2 bis 4 cm ausgeführt wird. Der Schaft trägt unten eine Pyramide — feltener einen Kegel — mit einem Anlaufe der Seiten von 1 : 15 bis 1 : 10, deren Kanten zweckmäfsig durch Meißelschläge aufgeraut werden. Dieses Vierkant wird in dem gleichfalls nach oben verengten Loche bei schweren und Erschütterungen ausgesetzten Konstruktionen durch eiserne Zulagen (Fig. 550) festgestellt und vergossen; bei ruhiger Belastung fehlen die Zulagen. Zum Vergiessen wird Blei verwendet, das im kalten Loche aber meist nicht ausläuft und dann auch durch Verstemmen nicht zu dichtem Schlusse zu bringen ist; man zieht daher jetzt meist guten Zement für diesen Zweck vor. Für kleine spannungslose Steinschrauben wird auch geschmolzener Schwefel zum Vergiessen verwendet. Die Tiefe des Eingriffes beträgt für die kleinsten Bolzen etwa 6 cm, steigt für die stärksten nicht über 40 cm.

2) Haben die Anker Lasten zu tragen, wie dies z. B. bei Verankerungen gegen Winddruck immer der Fall ist, so müssen sie eine ihrer Last entsprechende Menge Mauerwerk fassen, daher ihr Auflager mittels Splint oder Mutter auf einer Druckplatte finden, welche behufs Fassens großer Mauermassen durch mehrere Anker in einen Träger übergehen kann. Da diese im Mauerwerke steckenden Platten schwer zugänglich sind, so bringt man am oberen Ankerende ein Spannschloß an. Häufig kann man die in kleine Nischen eingemauerten Druckplatten überhaupt nicht zugänglich erhalten; man giebt dem Anker dann einen rechteckigen Kopf, welcher zu tief durchgesteckt, um 90 Grad gedreht und wieder angezogen den Anker in der entsprechend geformten Druckplatte unabänderlich festlegt (Fig. 551). Die Druckplatte erhält einen Auflagerquader.

Fig. 550.

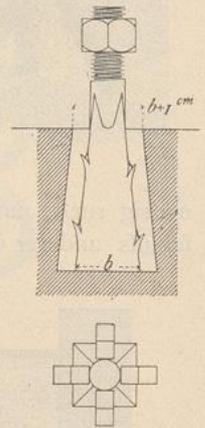


Fig. 551.

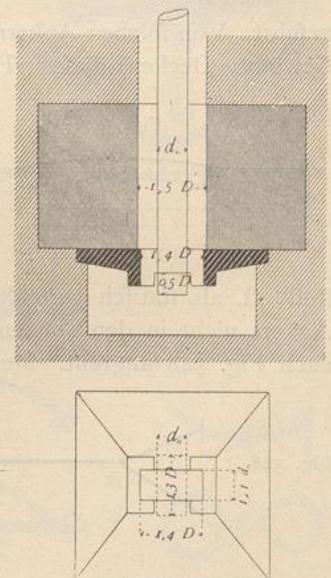


Fig. 552.

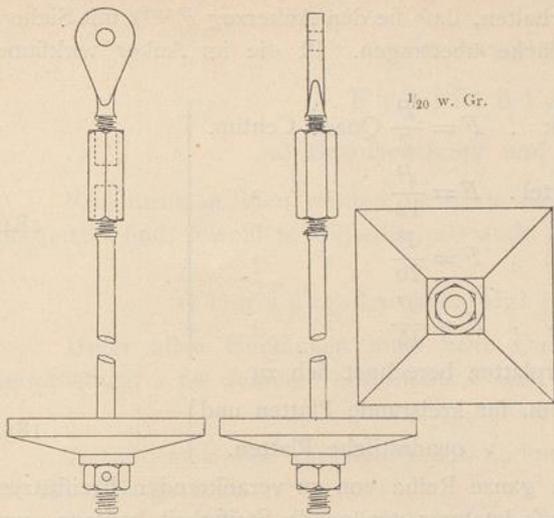


Fig. 553.

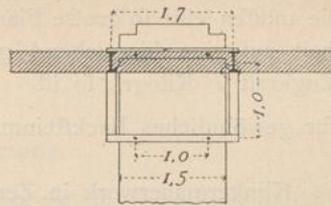


Fig. 554.

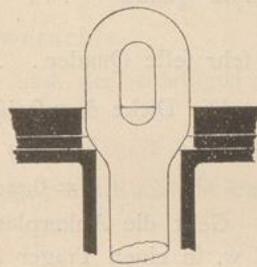
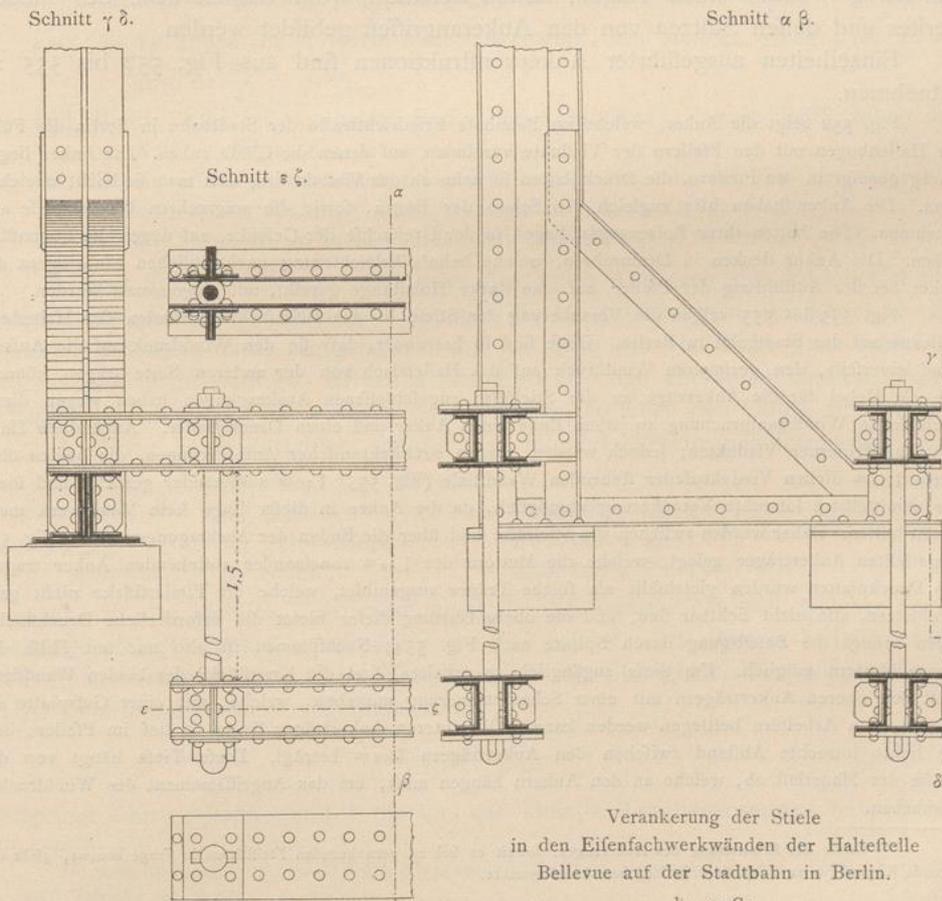


Fig. 555.



Verankerung der Stiele
in den Eifenfachwerkwänden der Haltestelle
Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin.

1/20 w. Gr.

Die Grundplatten werden quadratisch oder kreisrund aus Gusseisen hergestellt; sie müssen eine so große Fläche F erhalten, daß sie den Ankerzug P ¹⁰²⁾ mit Sicherheit auf eine hinreichend große Fläche übertragen. Ist die im Anker wirkfame Zugkraft P Kilogr., so ist

für gewöhnliches Backsteinmauerwerk	$F = \frac{P}{7}$	Quadr.-Centim.	} 184.
» Klinkermauerwerk in Zementmörtel	$F = \frac{P}{12}$	» »	
» lose Quader	$F = \frac{P}{20}$	» »	
» sehr feste Quader	$F = \frac{P}{45}$	» »	

Die Dicke δ gusseiserner Ankerplatten berechnet sich zu

$\delta = 0,05 \sqrt{P}$	Centim. für kreisrunde Platten und	} 185.
$\delta = 0,055 \sqrt{P}$	» » quadratische Platten.	

Geht die Ankerplatte für eine ganze Reihe von zu verankernden Freistützen u. f. w. in einen Träger über, so muß letzterer genügende Steifigkeit besitzen, um unter dem Zuge zweier Anker zwischen diesen nicht überlastet zu werden. Der Ankerträger bildet einen Träger, dessen Belastung vom Gegendrucke des Mauerwerkes und dessen Stützen von den Ankerangriffen gebildet werden.

Einzelheiten ausgeführter Ankerkonstruktionen sind aus Fig. 552 bis 555 zu entnehmen.

Fig. 552 zeigt die Anker, welche im Bahnhofs Friedrichstraße der Stadtbahn in Berlin die Füße der Hallenbögen mit den Pfeilern der Viadukte verbinden, auf denen die Gleise ruhen. Die Anker liegen schräg geneigt in den Pfeilern, die Druckplatten so nahe an der Viaduktstirn, daß man sie leicht erreichen kann. Die Anker haben hier zugleich den Schub der Bogen, sowie die wagrechten Windangriffe aufzunehmen. Die Mitten ihrer Bolzenaugen liegen in der Drehachse der Gelenke, auf denen die Bogenfüße stehen. Die Anker stecken in Drainrohren, welche behufs Erleichterung nachträglichen Einbringens der Anker bei der Ausführung der Pfeiler, auf eine starke Holzstange gereiht, mit eingemauert wurden.

Fig. 553 bis 555 zeigen die Verankerung der Stiele in den Eisenfachwerkwänden der Haltestelle Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin. Diese sind so berechnet, daß sie den Winddruck auf die Außenwand einerseits, den geringeren Winddruck auf das Hallendach von der anderen Seite tragen können. Die als Hebel für die Ankerzüge an die Stielfüße angeschlossenen Auskragungen haben wegen dieser wechselnden Windbeanspruchung an jedem Ende einen Anker und einen Druckquader. Auch diese Halle steht auf steinernen Viadukten; jedoch wurden, wegen architektonischer Anforderungen, die beiden über einem 1,50 m dicken Viadukt Pfeiler stehenden Wandstiele (Fig. 553) 1,70 m auseinander gerückt, und somit war unmittelbare lotrechte Verankerung unmöglich, da die Anker in dieser Lage kein Mauerwerk mehr gefaßt hätten. Daher wurden zwischen die Stielfüße und über die Enden der Auskragungen die in Fig. 555 dargestellten Ankerträger gelegt, welche die Muttern der 1,00 m voneinander abstehenden Anker tragen. Die Druckplatten wurden gleichfalls als solche Träger ausgebildet, welche die Pfeilerstärke nicht ganz durchsetzen, also nicht sichtbar sind, und die obere Gurtung dieser bietet die erforderliche Druckfläche. Unten erfolgt die Befestigung durch Splinte nach Fig. 554; Nachspannen ist also nur mit Hilfe der oberen Muttern möglich. Um diese zugänglich zu erhalten, sind die Kragstücke der beiden Wandstiele nebst den oberen Ankerträgern mit einer Schachtmauerung umgeben, welche, mit einer Gussplatte abgedeckt, von Arbeitern bestiegen werden kann. Die unteren Ankerträger liegen so tief im Pfeiler, daß der lichte lotrechte Abstand zwischen den Ankerträgern 1,50 m beträgt. Diese Tiefe hängt von der Größe der Mauerlauft ab, welche an den Ankern hängen muß, um das Angriffsmoment des Winddruckes aufzuheben.

¹⁰²⁾ Ueber die Ermittlung des Ankerzuges, soweit er bei zu verankernden Freistützen in Frage kommt, giebt das folgende Kapitel (unter d, 2) die erforderlichen Anhaltspunkte.

6. Kapitel.
Freiftützen.

a) Beanspruchung und Berechnung.

Freiftützen in Eifen werden, da sie in der Regel vorwiegend Druckspannungen ausgesetzt sind, sowohl in Gußeisen, als auch in Schweißeisen ausgeführt.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerachse.

Unter allen Umständen muß beim Querschnitte F und der zulässigen Beanspruchung s die zulässige Stützenlast P der Gleichung genügen:

$$P \leq F s^{103)} \dots \dots \dots 186.$$

283.
Längsdruck
in der
Schwerachse
wirksam.

Außerdem kommt die Gefahr des Zerknickens in Frage; mit Rücksicht darauf ist die zulässige Last

$$P \leq \frac{CE \mathcal{J}_{kl}}{m l^2}^{104)} \dots \dots \dots 187.$$

Darin bezeichnet C die sog. Einspannungsziffer, welche die folgenden Werte hat.

- Fall I: die Stütze ist an einem Ende eingespannt, am anderen völlig frei; alsdann ist $C = \frac{\pi^2}{4} = \infty 2,5$.
- Fall II: die Stütze ist an beiden Enden frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achse geführt; $C = \pi^2 = \infty 10$.
- Fall III: die Stütze ist an einem Ende fest eingespannt, am anderen frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achse geführt; $C = 2\pi^2 = \infty 20$.
- Fall IV: die Stütze ist an beiden Enden fest eingespannt; $C = 4\pi^2 = \infty 40$.

Hierzu ist zu bemerken, daß man das volle Auffetzen des Endquerschnittes einer starken Stütze mit breitem Fusse auf die Unterstützung in der Regel als Einspannung ansehen kann; übrigens tritt fast nie einer der vier Fälle ganz scharf ein, und es muß dem richtigen Ermessen des Entwerfenden überlassen bleiben, zu entscheiden, welcher der Fälle vorliegt oder wie etwa zwischen den Fällen zu mitteln ist.

E ist die Elastizitätsziffer, für die man folgende Werte einzusetzen hat:

- für Holz . . . 100 000 bis 120 000 kg für 1 qcm,
- für Gußeisen 1 000 000 kg für 1 qcm,
- für Schweißeisen 2 000 000 kg für 1 qcm,
- für Stahl 2 200 000 kg für 1 qcm.

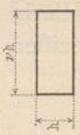
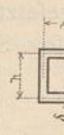
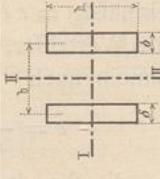
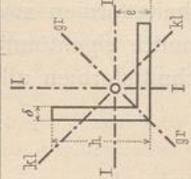
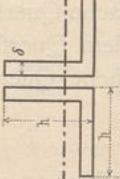
\mathcal{J}_{kl} ist das kleinste Trägheitsmoment des Stützenquerschnittes, welches für einfache Querschnittsformen zweckmäßig $= c F h^2$ gesetzt wird. Hierin bedeutet c eine dem Querschnitte eigentümliche Wertziffer, die sog. Steifigkeitsziffer, welche für einfache Querschnittsformen allgemein nach

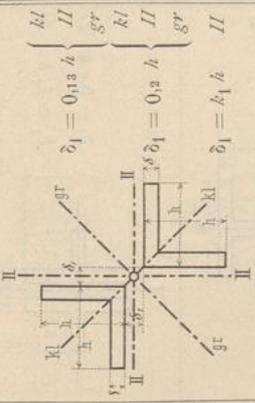
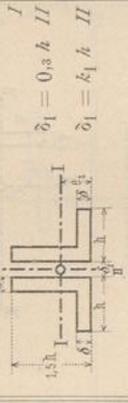
$$c = \frac{\mathcal{J}_{kl}}{F h^2} \dots \dots \dots 188.$$

festgelegt werden kann, und h die für das kleinste Trägheitsmoment hauptsächlich

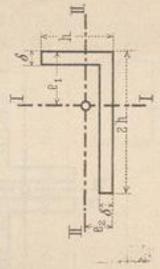
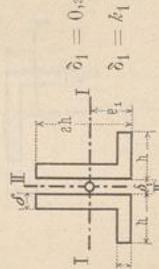
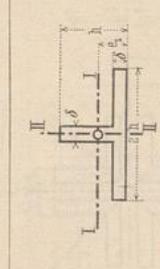
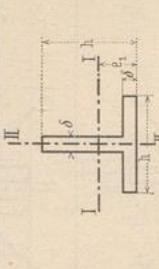
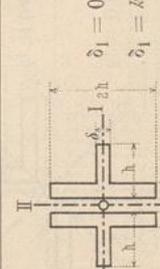
¹⁰³⁾ Siehe Gleichung 127 (S. 302) in Teil I, B1. 1, zweite Hälfte dieses Handbuchs (2. Aufl.: Gleichung 118, S. 104; 3. Aufl.: Gleichung 143, S. 130).

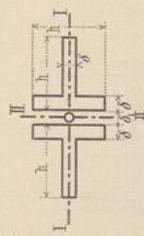
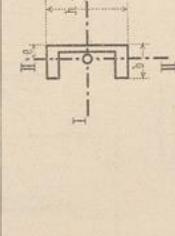
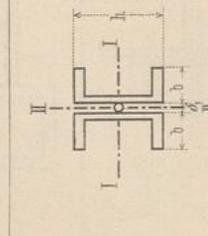
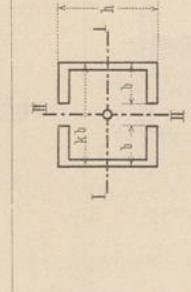
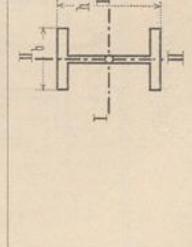
¹⁰⁴⁾ Siehe Gleichungen 128 u. 130 (S. 302 u. 303) ebendaf. (2. Aufl.: Gleichungen 117 u. 124, S. 104 u. 106; 3. Aufl.: Gleichung 142, S. 130).

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunkts- lage e	$c = \frac{J}{F \cdot h^2}$	Bemerkungen
1	Voller Kreis, Durchmesser h	alle h	—	0,0625	nur bei Holzstützen.
2	Volles Quadrat, Seite h	alle h	—	0,0833	nur bei Holzstützen.
3		alle h	—	0,0833	nur bei Holzstützen; $J_{kl} = 0,0833 \cdot h \cdot h \cdot h^2 = 0,0833 \cdot h^4$.
4		$\delta : h = 0$	—	0,125	nur bei Gufseifen; $J_{kl} = 0,125 \cdot \pi \cdot h \cdot \delta \cdot h^2 = 0,125 \cdot \pi \cdot \delta \cdot h^3$.
5		$\delta : h = 0$	—	0,1667	nur bei Gufseifen; $J_{kl} = 0,1667 \cdot 4 \cdot \delta \cdot h \cdot h^2 = 0,6668 \cdot \delta \cdot h^3$.
6*)		alle h, b u. δ $\delta : b = 0$	—	0,0833 0,250	h maßgebend, $J^I = 0,0833 \cdot 2 \cdot \delta \cdot h \cdot h^2$ } J^I wird = J^{II} für b maßgebend, $J^{II} = 0,25 \cdot 2 \cdot \delta \cdot h \cdot b^2$ } $b = 0,577 \cdot h$ (beste Form).
7	 für eine Schenkel- ausenkante	$\delta = 0,1 \cdot h$	$e = 0,287 \cdot h$	0,0946 0,15 0,0381 0,177	
8		$\delta = 0,1 \cdot h$	$e = 0,287 \cdot h$	0,0946	Querschnitt eines L-Eisens f ; $J_{kl} = 0,0946 \cdot 2 \cdot f \cdot h^2$.

<p>9</p>  <p> $\delta_1 = 0.13 h$ $\delta_1 = 0.2 h$ $\delta_1 = k_1 h$ </p>	<p> $\delta = 0.1 h$ </p>	<p> 0,151 0,218 0,287 0,151 0,2443 0,3370 $\frac{k_1}{4} (1,15 + k_1)$ </p>	<p> Querschnitt mit $2f$ einzuführen; $\mathcal{F} = c \cdot 2f h^2$. </p>
<p>10</p>  <p> $\delta_1 = 0$ $\delta_1 = 0.13 h$ $\delta_1 = 0.2 h$ $\delta_1 = k_1 h$ </p>	<p> $\delta = 0.1 h$ </p>	<p> 0,177 0,218 0,2443 $\frac{k_1}{4} (1,15 + k_1)$ </p>	<p> Querschnitt mit $4f$ einzuführen. </p>
<p>11</p>  <p> $\delta_1 = 0.15 h$ </p>	<p> $e_1 = 0.506 h$ $e_2 = 0.256 h$ </p>	<p> 0,231 0,0807 </p>	<p> Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{F}' = \mathcal{F}''$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ für $k_1 = 0.262$ gleich $\delta_1 = 0.262 h$ zu machen. </p>
<p>12</p> <p> $\delta_1 = 0.15 h$ $\delta_1 = k_1 h$ </p>	<p> $e_1 = 0.506 h$ </p>	<p> 0,231 0,2453 $\frac{k_1}{4} (1,025 + k_1)$ </p>	<p> Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{F}' = \mathcal{F}''$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ für $k_1 = 0.262$ gleich $\delta_1 = 0.262 h$ zu machen. </p>

*) Gültig für Querschnitte nach Fig. 561 u. 562 (S. 216) in Gulseifen.

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunkts- lage e	$c = \frac{\mathcal{J}}{Fh^2}$	Bemerkungen
13		$\delta = 0,17 h$	$e_1 = 0,7317 h$ $e_2 = 0,2332 h$	$0,41$ $0,0702$	
14		$\delta = 0,17 h$	$e_1 = 0,7317 h$	$0,41$ $0,2318$ $\frac{k_1}{4} (0,928 + k_1)$	Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J} = \mathcal{J}^{II}$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0,702$ zu machen. Querschnitt mit $2f$ einzuführen.
15		$\delta = 0,165 h$	$e_1 = 0,222 h$	$0,071$ $0,241$	
16		$\delta = 0,11 h$	$e_1 = 0,29 h$	$0,094$ $0,0445$	
17		$\delta = 0,165 h$	— — —	$0,241$ $0,2095$ $\frac{k_1}{4} (1,16 + k_1)$	Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J} = \mathcal{J}^{II}$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0,38$ zu machen. Querschnitt mit $2f$ einzuführen.

18	 <p>$\delta_1 = 0,2 h$</p>	<p>I } II }</p> <p>$\delta = 0,11 h$</p>	—	<p>0,0445 0,216</p>	<p>Querschnitt mit 2f einzuführen.</p>
19		<p>I } II }</p> <p>Mittel der E-Eisen</p> <p>$\epsilon = 0,31 b$</p>	—	<p>0,151 0,0955</p>	<p>h maßgebend; $\gamma I = 0,151 F h^2$, b maßgebend; $\gamma II = 0,0955 F b^2$.</p>
20	 <p>$\delta_1 = 0,25 b$ $\delta_1 = k_1 b$</p>	<p>I } II }</p> <p>Mittel der E-Eisen</p>	—	<p>0,151 0,285 $\frac{k_1}{4} (1,24 + k_1)$</p>	<p>Soll $\gamma I = \gamma II$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 b$ für $k_1 = 0,62 \left[\sqrt{1,58 \left(\frac{h}{b}\right)^2 - 1} - 1 \right]$ zu machen. Querschnitt mit 2f einzuführen.</p>
21		<p>I } II }</p> <p>Mittel der E-Eisen</p>	—	<p>0,151 $\frac{k}{4} (k - 1,51)$</p>	<p>Soll $\gamma I = \gamma II$ werden, so hat man k in $k b$ $k = 0,62 \left[1 + \sqrt{1,58 \left(\frac{h}{b}\right)^2 - 1} \right]$ zu machen. Querschnitt mit 2f einzuführen.</p>
22		<p>I } II }</p> <p>Mittel der E-Eisen</p> <p>Nr. 12 bis 50</p>	—	<p>0,159 0,0494</p>	<p>h maßgebend; $\gamma I = 0,159 f h^2$, b maßgebend; $\gamma II = 0,0494 f b^2$.</p>

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunkts- lage e	$c = \frac{\mathcal{Y}}{F h^2}$	Bemerkungen
23		Mittel der I-Eisen Nr. 12 bis 50	—	$\left(\frac{k}{2}\right)^2 + 0,0404$	Soll $\mathcal{Y}^I = \mathcal{Y}^{II}$ werden, so hat man k in $k \cdot b$ k maßgebend } $k = \sqrt{0,036 \left(\frac{h}{b}\right)^2 - 0,1976}$ zu machen. b maßgebend } Querschnitt mit 2 f einzuführen.
24		$\hat{\delta} = 0,0833 k$ $\hat{\delta} = 0,1 h$ $\hat{\delta} = 0,125 h$	—	$\begin{matrix} 0,0437 \\ 0,0443 \\ 0,0450 \end{matrix}$	
25		$\hat{\delta} : h = 0$	—	$0,15$	Nur für Gufseisen.
26		$\hat{\delta}_1 = k_1 h$ $k_1 = 0,13$	—	$\begin{matrix} 0,487 + \frac{k_1}{4} (2,024 + k_1) \\ 0,6613 \\ 0,1402 + \frac{k}{4} (k - 1,024) \end{matrix}$	Soll $\mathcal{Y}^I = \mathcal{Y}^{II}$ werden, so hat man $k = 0,512 + \sqrt{(k_1 + 1,012)^2 + 0,6012}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0,512)^2 - 0,6012} - 1,012$ zu machen. Für $k_1 = 0,13$ nach Nr. 12 wird dann $k = 2,039$. Querschnitt mit 4 f einzuführen.

<p>27</p> <p style="text-align: center;">k_1 I $k_1 = 0,34$ II</p>	<p style="text-align: center;">$\delta = 0,17 h$</p>	<p style="text-align: center;">$0,9454 + \frac{k_1}{4} (2,927 + k_1)$ $1,2231$ $\frac{k}{4} (k - 0,928)$</p>	<p>Soll $\mathcal{H} = \mathcal{H}^I$ werden, so hat man $k = 0,464 + \sqrt{(k_1 + 1,4634)^2 + 1,3594}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0,464)^2 - 1,3594} - 1,4634$ zu machen. Für $k_1 = 0,34$ nach Nr. 14 wird dann $k = 2,0115$. Querschnitt mit 4f einzuführen.</p>
<p>28</p> <p style="text-align: center;">k_1 I $k_1 = 0,12$ II</p>	<p style="text-align: center;">$\delta = 0,1 h$</p>	<p style="text-align: center;">$0,177 + \frac{k_1}{4} (1,148 + k_1)$ $0,2444$ $\frac{k}{4} (k - 1,148)$</p>	<p>Soll $\mathcal{H} = \mathcal{H}^I$ werden, so hat man $k = k_1 + 1,148$ zu machen. Für $k_1 = 0,12$ nach Nr. 9 u. 10 wird $k = 1,348$, was beweist, dass der Querschnitt für II meist zu steif ist. Querschnitt mit 4f einzuführen.</p>
<p>29</p> <p style="text-align: center;">I δ II</p>	<p style="text-align: center;">$\delta = 0,1 h$</p>	<p style="text-align: center;">$0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148)$</p>	<p>Querschnitt mit 4f einzuführen, also $\mathcal{H}^I = c \cdot 4f \cdot h^2$.</p>

maßgebende Querabmessung des Stützenquerschnittes F . Wird dieser Wert eingeführt, so lautet die obige Gleichung für die mit Rücksicht auf Zerknicken zulässige Last

$$P \approx \frac{CEcFh^2}{m l^2}, \quad Fh^2 \approx \frac{mPl^2}{CEc} \dots \dots \dots 189.$$

m bedeutet den einzuführenden Sicherheitsgrad, der für Schweifseifen und Stahl 4- bis 6fach, für Gufseifen 7- bis 9fach und für Holz 8- bis 12fach gewählt wird. Die höheren Zahlen gelten für lange bestehende und Erschütterungen ausgesetzte, die niedrigen für zeitweilige Bauten; l bedeutet die theoretische Länge der Stütze.

Bei der Berechnung einer Stütze hat man demnach stets zwei Formeln, diejenige für Druck (Gleichung 186) und diejenige für Zerknicken (Gleichungen 187 oder 189) im Auge zu behalten. Um von vornherein zu entscheiden, welche der beiden in einem gegebenen Falle maßgebend ist, kann man diejenige Stützenlänge l_1 , bei welcher die Gefahr des Zerknickens derjenigen des Zerdrücktwerdens gerade gleich ist, nach ¹⁰⁵⁾

$$l_1 = \sqrt{\frac{CE\tilde{F}_{kl}}{msF}} \dots \dots \dots 190.$$

oder, wenn $\tilde{F}_{min} = cFh^2$ eingeführt wird, nach

$$l_1 = h \sqrt{\frac{CEc}{ms}} \dots \dots \dots 191.$$

ermitteln. Ist die wirkliche Länge $l > l_1$, so ist die Stütze nach Gleichung 187 oder 189 auf Zerknicken, ist $l < l_1$, so ist sie nach Gleichung 186 auf Druck zu berechnen.

Da sich die Benutzung der Steifigkeitsziffer c insbesondere bei einfachen Querschnittsformen als sehr bequem erweist, so sind ihre Werte auf S. 206 bis 211 in übersichtlicher Zusammenstellung für einfache Querschnittsformen angegeben.

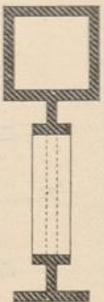
Erläuterungen zu dieser Zusammenstellung. Der auf S. 206 bis 211 vorangehenden Feststellung liegen die deutschen Normalprofile zu Grunde.

Die Bestimmung der c -Werte ist nicht für alle Querschnitte genau, weil die Verhältnisse der Abmessungen bei verschiedenen Abstufungen eines Querschnittes nicht unveränderlich sind; daher wurde die dritte lotrechte Spalte eingefügt, welche angiebt, für welche Verhältnisse die Ermittlung genau ist. Sollte der Querschnitt im einzelnen Falle von der Angabe dieser Spalte seinen Verhältnissen nach weit abweichen, so ist das genaue unmittelbare Nachrechnen des Trägheitsmoments zu empfehlen; in allen Fällen genügen die Angaben zu gut annäherndem Feststellen des erforderlichen Querschnittes.

Bei den Querschnitten 21 und 23 erscheint die Steifigkeitsziffer c für Achse II nicht als reiner Zahlenwert; gleichwohl ist die Benutzung der Werte bequem, weil man die Querschnitte nach den Werten für Achse I bestimmen und, nachdem so das zu wählende Eisen festgelegt ist, nach der Angabe unter »Bemerkungen« bestimmen kann, wie weit man die beiden Eisen voneinander zu entfernen hat, damit die Steifigkeit für Achse II ebenso groß wird. Ueberhaupt sind in der Spalte »Bemerkungen« die Verhältnisse festgelegt, welche die Hauptträgheitsmomente gleich, also den Querschnitt nach allen Seiten gleich steif machen, wo dies in Frage kommen kann.

Für verwickeltere Querschnitte (z. B. den viel verwendeten in Fig. 556) ist es häufig bequem, diejenige gleichförmig verteilte gedachte Spannung s_g zu ermitteln, welche mit Rücksicht auf Zerknicken zulässig ist. Sollte diese größer als s , d. h. größer als die zulässige Druckspannung werden, so ist die Stütze lediglich auf Druck zu berechnen, und ein solcher Fall entspricht dann dem oben erwähnten $l_1 \approx l$ (Gleichung 190 u. 191).

Fig. 556.



¹⁰⁵⁾ Siehe Gleichung 131 (S. 303) in Teil I Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs« (2. Aufl.: Gleichung 122, S. 206).

Die zulässige Zerknickungsspannung s_z folgt aus

$$s_z = \frac{CE\mathcal{F}_{kl}}{ml^2F} \dots \dots \dots 192.$$

In der Regel wird es für derartige Querschnitte jedoch am einfachsten sein, sie, probeweise vom Druckquerschnitte ausgehend, schätzungsweise festzulegen, ihr kleinstes Trägheitsmoment auszurechnen und dann zu prüfen, ob dieses diejenige Größe

$$\mathcal{F}_{\min} \cong \frac{Pml^2}{CE} \dots \dots \dots 193.$$

erreicht, welche sich aus der Umkehrung der Gleichung 187 ergibt, wenn man darin für P die wirklich zu tragende Last einführt.

Ist der Gesamtquerschnitt für ein zusammengesetztes Glied auch steif genug gebildet, so können die einzelnen Teile doch noch jeder für sich zerknicken, wenn sie nicht genügend miteinander verbunden sind, weil der n -te Teil eines ganzen Querschnittes dem n -ten Teile der Last sehr viel weniger Trägheitsmoment entgegensetzt, als dem n -ten Teil des ganzen Trägheitsmoments. Die Teile eines zusammengesetzten Querschnittes müssen daher durch hinreichend oftmalige Verbindung untereinander zu gemeinsamem Widerstande befähigt werden, so daß kein Teil unter dem auf ihn kommenden Lastteile allein ausknicken kann.

Soll der n -te Teil des ganzen Querschnittes mit dem kleinsten Trägheitsmoment i steif gemacht werden, so muß die Zahl N der Verbindungen der Querschnittsteile untereinander, wenn man von den an den Stabenden etwa eingesetzten Verbindungen abzieht, betragen

$$N = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{mP^{106}}{nEi}} \dots \dots \dots 194.$$

worin jedoch N stets nach oben auf eine ganze Zahl abgerundet werden muß. Diese Verbindungen sind im $\frac{1}{2N}$ ten, $\frac{3}{2N}$ ten, $\frac{5}{2N}$ ten u. s. w. Teile der Stablänge anzubringen.

2) Der Längsdruck wirkt im Abstände u von der Schwerpunktsachse.

Bei Freistützen wird u stets in der Richtung einer der Trägheitshauptachsen (siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 314, S. 270¹⁰⁷) liegen, so daß für die aus der schiefen (exzentrischen) Belastung entstehende Biegung die zu u senkrechte Nulllinie und eines der Hauptträgheitsmomente \mathcal{F} in Frage kommen. Es bezeichne noch e den Abstand der äußersten Fasern von der Nulllinie.

224.
Längsdruck
außerhalb der
Schwerachse
wirksam.

Man bemesse den Querschnitt zunächst für Druck in der Schwerachse nach obigen Regeln auf Zerknicken für die Länge l ; alsdann untersuche man den Einfluß der biegenden Wirkung des Moments $M = Pu$, indem man die Spannungswerte

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{Me}{\mathcal{F} - \frac{Pl^2}{8E}} = \frac{P}{F} \left(1 \pm \frac{ueF}{\mathcal{F} - \frac{Pl^2}{8E}} \right) \dots \dots \dots 195.$$

berechnet; darin ist für die entfernteste Faser auf derjenigen Seite der Nulllinie, auf welcher der Längsdruck P wirkt, neben dem entsprechenden Werte von e das Pluszeichen, für die entfernteste Faser der abgewendeten Seite der entgegengesetzte

¹⁰⁶) Vergl. Gleichung 94 (S. 296) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 87, S. 98; 3. Aufl.: Gleichung 120, S. 123).

¹⁰⁷) 2. Aufl.: Art. 59, S. 39. — 3. Aufl.: Art. 62, S. 41.

Wert von e und das Minuszeichen zu berücksichtigen. Für die 29 einfachen Querschnitte der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 kann man auch hier $\mathcal{F} = c F h^2$ einführen; die Gleichung lautet dann:

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 \pm \frac{u e}{c h^2 - \frac{P l^2}{8 E F}} \right), \dots \dots \dots 196.$$

worin nun h die in den Abbildungen der 29 Querschnitte in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angegebene Bedeutung hat.

Sollte der Ausdruck in der Klammer für eine der äußersten Fasern negativ, d. h. $u e > c h^2 - \frac{P l^2}{8 E F}$ oder $F u e > \mathcal{F} - \frac{P l^2}{8 E}$ werden, so ergäbe sich für σ Zugspannung; alsdann empfiehlt es sich bei Gussstützen, den Querschnitt so abzuändern, daß auch in dieser Faser Druck entsteht; auf der anderen Seite darf σ die zulässige Druckbeanspruchung nicht überschreiten.

3) Die Freistütze hat außer der Last in ihrem Kopfe oder Schafte Momente erzeugende wagrechte Kräfte aufzunehmen.

285.
Gebogene
gusseiserne
Freistützen.

Wenn auch angegeben wurde, daß man sich beim Auftreten von Momenten aus wagrechten Kräften im allgemeinen am besten dabei steht, die Stützen aus Schweifeseisen zu bilden, so ist doch die Verwendung von Gusseisen auch in solchen Fällen nicht selten; namentlich finden sich viele Hallenbauten, bei denen die Binder auf den Köpfen von Gussstützen ruhen, womit die Windkräfte und die Reibung bei Bewegungen infolge von Wärmeschwankungen als wagrechte Kräfte auf die Stützen übertragen.

Werden die beiden Querschnittsformen Nr. 4 und 5 der Zusammenstellung auf S. 206 zu Grunde gelegt, ist P die lotrechte Last, M das größte Biegemoment für die Stütze, D die Außen-, D_1 die Innenabmessung des Hohlkörpers, s die zulässige Druck- und s_g die zulässige Zugspannung im Gusseisen, so ist die Stütze für den Fall, daß s und s_g beide voll ausgenutzt werden sollen, auszubilden nach (siehe Nr. 4 und 5 der Zusammenstellung auf S. 206):

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{4 M (s - s_g)}{P (s + s_g)}, & \delta &= \frac{P^2 (s + s_g)}{2 M \pi (s - s_g)^2} \text{ für den Kreisring Nr. 4} \\ h &= \frac{3 M (s - s_g)}{P (s + s_g)}, & \delta &= \frac{P^2 (s + s_g)}{6 M (s - s_g)^2} \text{ für den quadratischen Kasten Nr. 5} \end{aligned} \right\} 197.$$

Nach diesen Gleichungen ergeben sich in vielen Fällen praktisch nicht ausführbare Wandstärken δ . Tritt dies ein, so nehme man für δ ein für die Ausführung bequemes Maß an und bestimme dann h als den größeren der aus den beiden Gleichungen 198 u. 199 folgenden Werte:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{P}{2 \pi \delta s} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \pi M \delta s}{P^2}} \right) \text{ für den Kreisring Nr. 4} \\ h &= \frac{P}{8 \delta s} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{48 M \delta s}{P^2}} \right) \text{ für den quadratischen Kasten Nr. 5} \end{aligned} \right\} 198.$$

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{P}{2 \pi \delta s_g} \left(\sqrt{1 + \frac{16 \pi M \delta s_g}{P^2}} - 1 \right) \text{ für den Kreisring Nr. 4} \\ h &= \frac{P}{8 \delta s_g} \left(\sqrt{1 + \frac{48 M \delta s_g}{P^2}} - 1 \right) \text{ für den quadratischen Kasten Nr. 5} \end{aligned} \right\} 199.$$

Wie die beiden Gleichungen erkennen lassen, wird bei Benutzung von 198 die zulässige Druckspannung s , bei Benutzung von 199 die zulässige Zugspannung s_g voll ausgenutzt. Der grössere der beiden Werte h ist auszuführen.

Schliesslich ist dann

$$D = h + \delta \quad \text{und} \quad D_1 = h - \delta. \quad \dots \quad 200.$$

Beispiel. Für die die Binder eines Hallendaches tragende Säule von Kreisringquerschnitt sei die Last, einchl. des Eigengewichtes, $P = 20\,000\text{ kg}$; am Kopfe greift eine wagrechte Kraft $H = 700\text{ kg}$ an; die Stütze ist bis an die Fufseinspannung $h_1 = 600\text{ cm}$ hoch, so dass $M = 600 \cdot 700 = 420\,000\text{ cmkg}$ zu setzen ist. Soll die Druckspannung $s = 700\text{ kg}$ für 1 qcm ebenso, wie die Zugspannung $s_g = 250\text{ kg}$ für 1 qcm voll ausgenutzt werden, so müsste nach Gleichung 197 gemacht werden:

$$h = \frac{4 \cdot 420\,000 (700 - 250)}{20\,000 (700 + 250)} = 39,8\text{ cm} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{20\,000^2 (700 + 250)}{2 \cdot \pi \cdot 420\,000 (700 - 250)^2} = 0,71\text{ cm}.$$

Diese Wandstärke ist für die Ausführung zu gering; dafür soll $\delta = 1,5\text{ cm}$ ausgeführt werden. Dann ist nach Gleichung 198

$$h = \frac{20\,000}{2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 700} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420\,000 \cdot 1,5 \cdot 700}{20\,000^2}} \right) = 25,8\text{ cm}$$

und nach Gleichung 199

$$h = \frac{20\,000}{2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 250} \left(\sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420\,000 \cdot 1,5 \cdot 250}{20\,000^2}} - 1 \right) = 30,4\text{ cm}.$$

Demnach ist der gemittelte Stützendurchmesser mit dem grösseren Werte von rund $h = 30\text{ cm}$ auszuführen. Dabei wird nach Gleichung 200

$$D = 30 + 1,5 = 31,5\text{ cm} \quad \text{und} \quad D_1 = 30 - 1,5 = 28,5\text{ cm}.$$

b) Freistützen in Gufseifen.

Die in Gufseifen ausgeführte Freistütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücksfälle verursacht, dass sie bei Feuersbrünften stark erhitzt, dann, vom kalten Strahle des Spritzen Schlauches getroffen, sprang und plötzlich zusammenbrach. Dieser Mangel hat schon seit längerer Zeit die gufseiferne Freistütze, wie den gufseiferne Träger aus den Hochbauten nordamerikanischer Städte ganz verbannt, wo sie durch Schweisseifen oder weichen Stahl ersetzt ist. In Europa überwiegt die Verwendung des Gufseifens für diese Konstruktionsteile, wegen der bequemen Formgebung und des meist geringeren Preises gegenüber demjenigen des Schweisseifens, noch erheblich.

Durch die »Baupolizeiliche Vorschrift über Stützenkonstruktionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884¹⁰⁸) ist die Verwendung gufseiferne Freistützen unter massiven Wänden von Gebäuden, welche unten Geschäfts-, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, dass diese Stützen durch feste Ummantelungen aus Schweisseifen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Wasser entzogen werden; anderenfalls dürfen sie nur aus Schweisseifen oder aus Klinkermauerwerk in Zementmörtel gebildet sein¹⁰⁹). Als anderweitige Mittel, um das Erhitzen von gufseiferne Freistützen zu verhindern, sind für hohle Querschnitte Vorkehrungen zu schneller Füllung mit Wasser oder zur Erzeugung von frischem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgeschlagen; diese stossen jedoch meist auf Schwierigkeiten und sind in ihrem Erfolge nicht erprobt¹¹⁰).

Uebrigens haben sich auch Schweisseifenstützen als starkem Feuer nicht gewachsen gezeigt. Man steht heute auf dem Standpunkte, für jede eiserne Stütze, mag sie aus Schweisseifen oder Gufseifen bestehen, eine besondere feuerlichere Ummantelung zu fordern, sobald Feuerbeständigkeit von der Stütze verlangt werden muss.

¹⁰⁸) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 153. — Deutsche Bauz. 1884, S. 190. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 174.

¹⁰⁹) Durch diese Bestimmung veranlasst, hat neuerdings *Bauschinger* vergleichende Versuche über die Tragfähigkeit von erst erhitzten, dann kalt angespritzten Säulen aus Gufseifen und Schmiedeeisen angestellt, nach denen die ersteren den letzteren überlegen sein sollen. (Vergl.: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium an der k. technischen Hochschule in München. 1885, Heft 12 — ferner: Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 125 u. 149.)

¹¹⁰) Siehe auch Teil III, Bd. 6 dieses »Handbuches«, Abt. V, Abschn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.

Weitere Beobachtungen über die Tragfähigkeit der Stützen im Feuer¹¹¹⁾, namentlich auch bei fortgesetzten Versuchen *Bauschinger's*, ergaben, daß schweißeiserne Stützen durch das Erhitzen schneller ihre Tragfähigkeit verlieren, als richtig, d. h. ohne plötzliche Querschnittsübergänge, geformte Gufstützen, und daher als mindestens so unsicher, wie diese anzusehen sind. Wirkliche Sicherheit erhält man also nur durch feuerfeste Ummantelung beider Stoffe, von denen im nächsten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abfchn. 2, A, Kap. 1) die Rede sein wird (vergl. auch Fig. 568). Ohne diese sind nach den heutigen Erfahrungen aber gut durchgebildete Gufstützen als widerstandsfähiger gegen Feuer anzusehen, als schweißeiserne und stählerne¹¹²⁾.

Bei schweren Lasten ist auch die häufig durchgeführte Ausnutzung hohler Freistützen zu Rauchrohren nicht zu empfehlen, da das Erhitzen der Wandungen und das Einführen des Feuerzuges die Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigen. Auch die Benutzung des Inneren hohler Freistützen zur Ableitung von Wasser soll dann vermieden werden, wenn die Stütze dem Froste ausgesetzt ist, da gefrorenes Wasser die Wandungen sprengt. Ist diese Art der Ausnutzung in nicht frostfreier Lage nicht zu umgehen, so soll man die Wandungen in nicht zu weiter Teilung mit kleinen Bohrlöchern durchbrechen, damit das quellende Eis einigen Ausweg findet, und in das Innere noch besondere Leitungsrohre aus Gufseifen einsetzen.

287.
Querschnitt.

Die Querschnittsformen gusseiserner Freistützen sind bei völlig freier Stellung der Kreisring (Fig. 557), der quadratische Kasten (Fig. 558) und das Kreuz (Fig. 559). Stehen die Stützen in der Richtung einer Wand als Einfassung großer Oeffnungen, so verwendet man den Querschnitt nach Fig. 560 auch wohl mit Kreisring statt des quadratischen Kastens an der Außenseite, den I- (Fig. 561) oder den C-förmigen Querschnitt (Fig. 562), bei denen der Steg gewöhnlich durchbrochen ist¹¹³⁾.

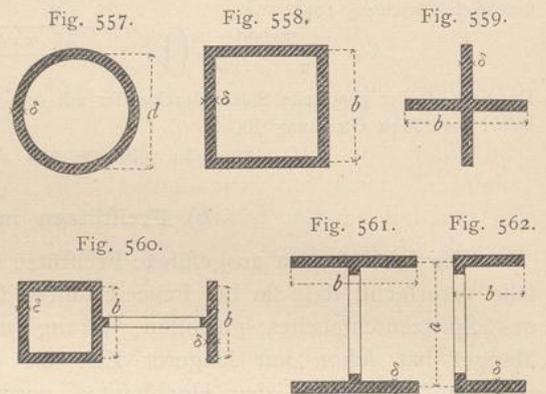
Bezüglich der Höhenentwicklung der Stützen ist zu beachten, daß starke Ausladungen im Fusse oder Kopfe, welche den Querschnitt plötzlich, ohne Verstärkung, auf einen größeren Umfang bringen, bereits Grund zu Zusammenbrüchen geworden sind, indem der schräge Teil der Ausweitung ringsum abgesichert wurde und der engere Teil sich in den weiteren hineinschob. Der Stützenquerschnitt soll daher thunlichst unverändert durchlaufen, weshalb weit ausladende Formen massiv angegossen, mit Querrippen ausgesteift, oder besser in leichter Ausführung in Gufseifen oder Zinkgufs umgelegt werden; die erste Art der Herstellung bringt Gefahren durch die erheblichen und meist plötzlichen Schwankungen der Wandstärke, insbesondere bei Feuersbrünsten; das letzte Verfahren ist das sicherste.

Glaubt man zur Erzielung von kräftigen Profilierungen die Ausweitung des ganzen Stützenquerschnittes auch im Inneren nicht entbehren zu können, so muß man die nach dem zweiten Verfahren an der Ausweitungstelle im Inneren anzubringenden Rippen nach oben und unten schlang verlaufen lassen.

111) Vergl.: MÖLLER & LÜHMANN. Berechnung der Stützen mit Berücksichtigung der Erhitzung. Preisschrift des Vereines zur Förderung des Gewerbestandes in Preußen. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gwblf. in Preußen. 1887, S. 573. (Auch als Sonderabdruck erschienen.) — Siehe auch Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (Art. 145, S. 123; 3. Aufl.: Art. 147, S. 138) dieses „Handbuches“.

112) Nach Beobachtungen der Londoner Feuerwehr haben sich auch starke eichene Freistützen in heftigen Feuersbrünsten gut gehalten, eine Erscheinung, die daraus erklärt wird, daß die in einem durchglühten Raume noch enthaltene Luft zu sauerstoffarm ist, um hartes Eichenholz zu wirklichem Brennen zu bringen. Die Stützen zeigten sich bis auf geringe Tiefe mit einer schützenden Kohlschicht bedeckt, im Inneren aber völlig gesund. Auf derartigen Erfahrungen fußend, hat man neuerdings die Freistützen der Speicher im Bremer Freihafengebiete aus Eichenholz hergestellt.

113) Ueber Ausbildung der nicht centralen Querschnitte siehe: Deutsche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.



Hat die Stütze nicht in allen wagrechten Schnitten gleichen Querschnitt, so ist für die Berechnung auf einfachen Druck der kleinste, für die Berechnung auf Zerknicken in der Regel der in halber Höhe liegende Querschnitt maßgebend.

Die Beanspruchung gusseiserner Freistützen durch äußere Kräfte erfolgt lotrecht und ganz oder nahezu genau im Schwerpunkte. In den Fällen, in denen die äußeren Kräfte wagrecht, geneigt oder erheblich schief wirken, in Fällen also, in denen erhebliche Biegemomente auftreten, verwendet man zweckmäßiger Schweisseisen. Doch kommen gemäß Art. 285 (S. 214) auch gusseiserne gebogene Stützen vor.

Die Herstellung der gusseisernen Stützen erfolgt der Einfachheit halber bei großer Länge in liegender Stellung; diese Art gestattet zwar den Guß sehr langer Teile in einem Stücke; doch fällt der Guß leicht locker und blasig aus, weil das flüssige Eisen nur unter geringem Drucke steht, und die Luftblasen aus der langen wagrechten Form schwer entweichen können. Auch ist es schwierig, den schweren Kern so steif zu bilden, daß er nicht in der Mantelform durchhängt, und so entstehen grade an der ungünstigsten Stelle, in der Mitte der Länge, ungleiche Wandstärken, oben zu große, unten zu geringe. Die sich ergebende Schiefe und ungleichmäßige Dichtigkeit des Querschnittes haben auf die Tragfähigkeit der Stütze denselben ungünstigen Einfluß, wie schiefer Angriff der Last, und können eine richtig berechnete Stütze ernstlich gefährden. Die Ungleichmäßigkeit der Wandstärken ist genau nur durch Anbohren zu erkennen.

Mit Sicherheit werden diese Mängel bei stehendem Guße vermieden. Hierbei ist die Länge der Teile eine beschränktere, da Gießgruben von entsprechender Tiefe erforderlich sind. Nur größere Gießereien haben die nötigen Anlagen und gießen Längen bis zu 8 m. Der Guß wird dicht, weil die Last des Eisens selbst das Material verdichtet, und die Blasen können nach oben entweichen. In der stehenden Form kann der Kern leicht gerade gehalten werden. Die Gießtechnik ist jedoch heute so weit vorgeschritten, daß man stehenden Guß nicht mehr unbedingt vorzuschreiben braucht. Bei liegend gegossenen Stützen ist jedoch genaue und scharfe Prüfung unerlässlich.

Die Dichtigkeit des Gusses prüft man am besten durch Nachwägen der Stücke von bekanntem Inhalte.

Beispiel 1. Eine gusseiserne Ringstütze Nr. 4 der Zusammenstellung auf S. 206, welche unten flach aufsteht und oben ein Kugelenk besitzt und am Ausweichen nicht verhindert ist (Fall I, $C = 2,5$), soll bei 500 cm Länge 25 000 kg mit ($m =$) 8facher Sicherheit tragen; die zulässige reine Druckspannung ist für schweren Guß ($s =$) 500 kg für 1 qcm.

Das Längenverhältnis, bei dem die Gefahr des Zerdrücktwerdens und des Zerknickens gleich groß ist, folgt nach Gleichung 191 (S. 212) bei $E = 1000000$ kg für 1 qcm mit

$$l_1 = h \sqrt{\frac{2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125}{8 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{8,84}.$$

Der gemittelte Durchmesser müßte also $\frac{500}{8,84} = \approx 57$ cm betragen, wenn die Gefahr des Zerknickens nicht vorliegen sollte. So stark wird man die Stütze nicht machen, da sie dann nur eine Wandstärke von $\delta = \frac{25000}{500 \cdot \pi \cdot 57} = 0,28$ cm erhielte; sie ist also nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen, wobei man genau genug $F = \delta h \pi$ setzen kann. Wird noch bestimmt, daß mit Rücksicht auf sicheren Guß die Wandstärke 1,8 cm betragen soll, so ergibt sich nach Gleichung 189

$$\pi h \cdot 1,8 h^2 = \frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125},$$

288.
Berechnung
und
Ausführung.

289.
Beispiele.

$$h = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{1,8 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125}} = 30,5 \text{ cm.}$$

Der äußere Durchmesser ist also $30,5 + 1,8 = 32,3 \text{ cm}$, der innere $30,5 - 1,8 = 28,7 \text{ cm}$.

Beispiel 2. Eine kastenförmige Gufstütze Nr. 5 der Zusammenstellung auf S. 206 ist mit den Querschnittsabmessungen $h = 18,5 \text{ cm}$, $\delta = 1,5 \text{ cm}$ und von 750 cm Länge vorhanden; es fragt sich, wie viel diese mit ($m =$) 7 facher Sicherheit tragen kann, wenn sie unten mit großer Grundplatte flach aufgesetzt und oben am Ausweichen verhindert wird (Fall III, $C = 20$).

Das Längenverhältnis, bei dem Zerknicken noch nicht eintritt, folgt bei $s = 500 \text{ kg}$ für 1 qcm zulässiger Druckspannung nach Gleichung 191 (S. 212) bei $c = 0,1667$ mit

$$l_1 = h \sqrt{\frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0,1667}{7 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{30,9},$$

so daß also die gemittelte Breite h wenigstens $\frac{750}{30,9} = 24 \text{ cm}$ betragen müßte, wenn die Stütze nur auf Druck zu berechnen sein sollte.

Da der Querschnitt $4 \cdot 18,5 \cdot 1,5 = 111 \text{ qcm}$ beträgt, so folgt die zulässige Last aus Gleichung 189 (S. 212) mit

$$P = \frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0,1667 \cdot 111 \cdot 18,5^2}{7 \cdot 750^2} = 32170 \text{ kg.}$$

Beispiel 3. Die Freistütze für den Träger eines Schaufensters hat bei 375 cm Länge 47000 kg zu tragen, muß als oben und unten verdrehbar gehalten (Fall II, $C = 10$) angefaßt werden und soll einen Querschnitt nach Fig. 560, 563 u. 564 (Nr. 25 der Zusammenstellung auf S. 210) mit 18 cm größter Breite erhalten; die für die Berechnung unwesentliche Tiefe ist 77 cm . Da die äußere Breite nur 18 cm betragen soll, so darf δ mit nur etwa $18 - 3 = 15 \text{ cm}$ angefaßt werden, und die Länge, bei welcher die Stütze einfach auf 500 kg Druck für 1 qcm zu berechnen sein würde, ist nach Gleichung 191 bei $m = 8$

$$l_1 = 15 \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0,15}{8 \cdot 500}} = \infty 281 \text{ cm.}$$

Da die Stütze länger ist, muß sie nach Gleichung 189 (S. 212) bemessen werden, und zwar wird nach Gleichung 189

$$F h^2 = F \delta^2 = \frac{8 \cdot 47000 \cdot 375^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0,15} = 35250; \quad F = \frac{35250}{15^2} = 157 \text{ qcm,} \quad \text{und da } F = 5 \delta \delta,$$

$$\delta = \frac{157}{5 \cdot 15} = 2,09 \text{ cm;}$$

δ ist somit genauer mit $18 - 2,09 = 16,0 \text{ cm}$ einzuführen; l_1 wird dann $\frac{281 \cdot 16}{15} = 300 \text{ cm}$, also kleiner, als die Länge der Stütze, und die Wandstärke wird genauer nach

$$F = \frac{35250}{16^2} = 137,8 \text{ qcm,}$$

$$\delta = \frac{137,8}{5 \cdot 16} = 1,72 \text{ cm,}$$

wofür mit Rücksicht auf abermalige Vergrößerung von δ die Wandstärke $\delta = 1,7 \text{ cm}$ ausgeführt wird.

Die nötige Anzahl N von Verbindungen des hinteren Flanisches mit dem vorderen Kasten durch angehoffene Stege ergibt sich in folgender Weise. Nach Fig. 564 ist

$$x_0 (18 \cdot 1,7 + 3 \cdot 1,7) = 18 \cdot 1,7 \frac{1,7}{2} + 3 \cdot 1,7 \left(1,7 + \frac{3}{2}\right), \quad \text{also } x_0 = 1,18 = \infty 1,2 \text{ cm,} \quad \text{und}$$

$$i = 18 \frac{1,2^3 + (1,7 - 1,2)^3}{3} + 1,7 \frac{3,5^3 - 0,5^3}{3} = 36.$$

Die Belastung des Hinterflanisches ist $\frac{1}{5}$ der ganzen Last $n = 5$, also nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{375}{3,14} \sqrt{\frac{8 \cdot 47000}{5 \cdot 1000000 \cdot 36}} = 5,4 \approx 6.$$

Einschließlich derjenigen am oberen und unteren Ende sind 8 Stegverbindungen im 1., 3., 5., 7., 9. und 11. Zwölftel der Länge anzugeben.

Beispiel 4. In eine 1 Stein starke Innenwand soll ein gusseiserner Ständer mit I-förmigem Querschnitt nach Fig. 561 (Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206) gestellt werden, dessen Flanische behufs bündigen Einputzens $1,8 \text{ cm}$ dick sein müssen; das Maß b für Nr. 6 ist also $25 + 1,8 = 26,8 \text{ cm}$ und $\delta = 1,8 \text{ cm}$. Der Ständer ist 450 cm hoch und (nach Fall II, $C = 10$) oben und unten verdrehbar geführt.

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

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

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

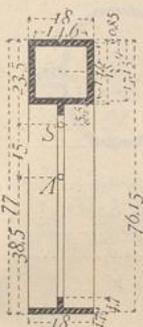
Damit die Steifigkeit der Achse II mindestens so groß sei, wie die für I , muss nach Nr. 6 $b \geq 0,577 \cdot 27 = 15,6$ cm betragen; der Ständer ist für Achse I bei $b = 26,8$, also jedenfalls zu steif.

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 Dreißigsteln einzugießen.

Fig. 563.



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

$$x_0 = \frac{18 \cdot 1,7 (0,55 + 17,15 + 76,15) + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 \cdot 9}{141} = \approx 23,5,$$

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

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

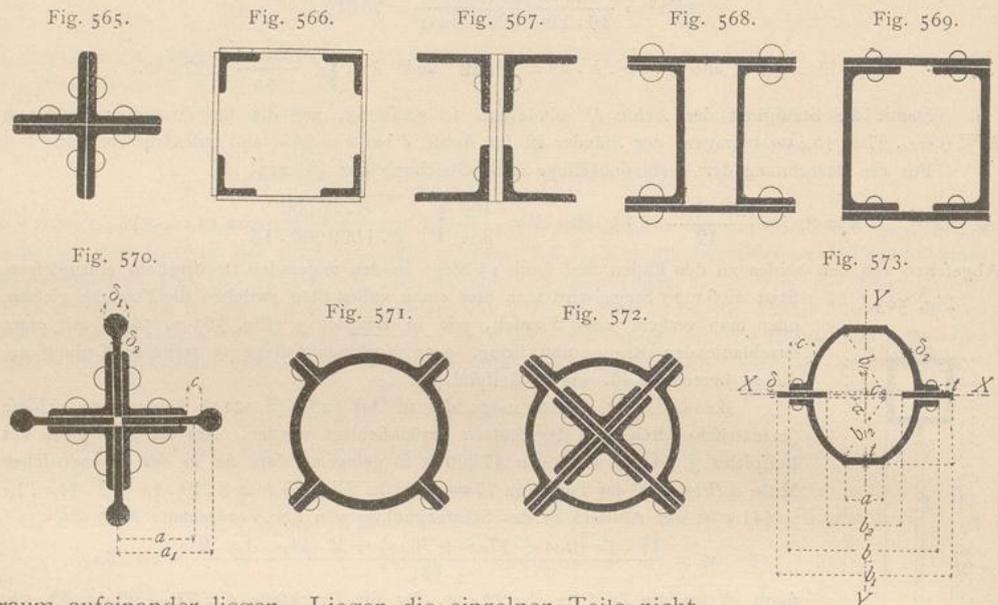
Die Stütze genügt demnach eben für die schiefe Belastung. Die stärkere Belastung des Innenflansches hat nun aber nach Maßgabe der Gleichung 194 (S. 213) eine entsprechende Vermehrung der Verbindungsstege zur Folge.

c) Freistützen in Schweifseifen.

Schweifseiferne Stützen bestehen ausschließlich aus Walzquerchnitten, und zwar sind für ganz leichte Stützen **I**- und **L**-Profile zu verwenden; schwerere werden durch Vernieten mehrerer Walzeifen hergestellt.

290.
Querchnitt.

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-

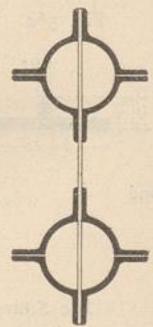


raum aufeinander liegen. Liegen die einzelnen Teile nicht unmittelbar aufeinander, so sind Gitterwerk oder einfache Querverbindungen erforderlich, deren Teilung dann wieder mindestens der Zahl N aus Gleichung 194 entsprechen muß.

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.

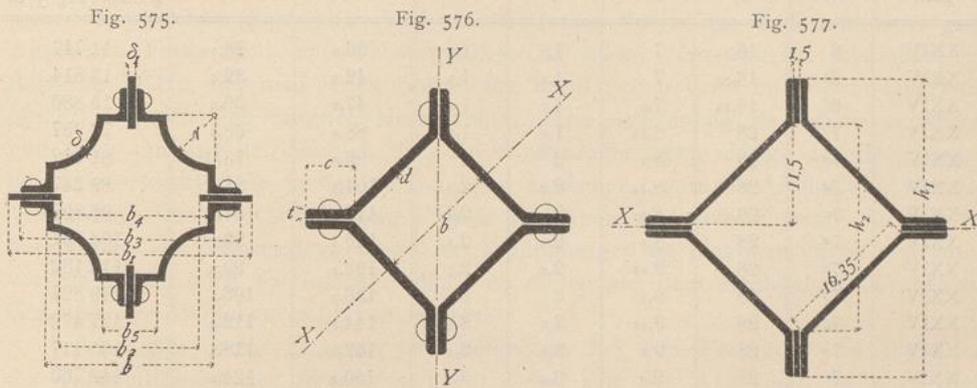


¹¹⁴⁾ Ueber starke +-Eisenprofile nebst zugehörigen Köpfen und Füßen siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 352 — ferner: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 936; 1886, S. 40.

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 Außenplatte (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;

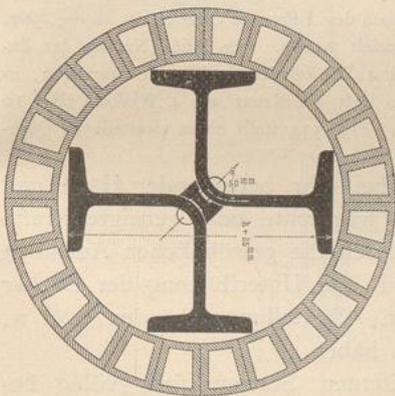
9) das Belageisen (Fig. 573), siehe die Normalprofile ebendaf., welches einen ungewöhnlich lang gestreckten Querschnitt und, wegen der schmalen Flansche, eine schwierige Vernietung ergibt;

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 Einzelfstück 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 Quadranteisensäulen 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.

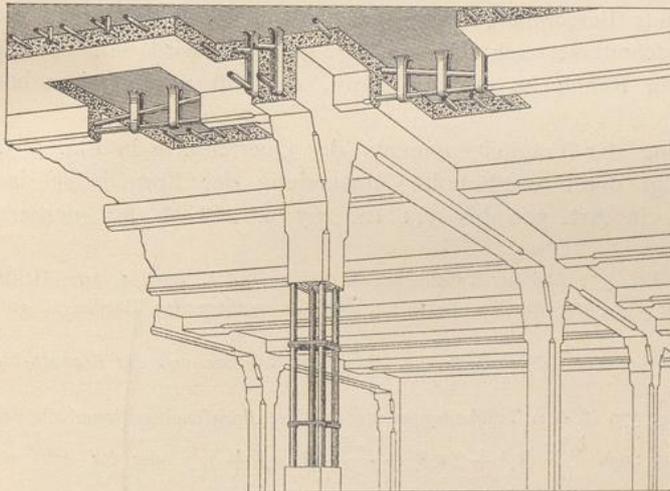
KOULLE, H. Schmiedeeiserne Stützen aus Quadranteisen und L-Eisen. Deutsche Bauz. 1884, S. 235.

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 gefagt. 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.

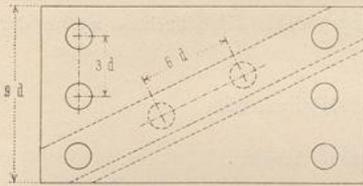
Schließlich sei noch erwähnt, dass in gedrückten Querschnitten die Nietlöcher in der Regel bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

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, fonach $fh^2 = 16,94 \cdot 6,5^2 = 716$; das nächst leichtere ist schon zu schwach. Die Freistütze ist also aus 4 solchen Winkeleisen mit $k_1 h = 0,3 \cdot 6,5 = 1,95 = \infty 2,0$ cm Schlitzweite zu bilden.

Nach Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 ist für $k_1 = 0,3$ $h = 2,039$ und fomit die Stützenbreite zwischen den Außenkanten $h = 2,039 \cdot 6,5 = 13,2$ cm zu machen, wenn äußere Rückfichten 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 Stützenhälfte; 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 fomit 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 fomit $\frac{60000 + 40000}{617} = 162$ qcm betragen, während 189,6 qcm vorhanden sind.

Da mit Verchwächung der Einlagen J_x kleiner, also s_x und fomit 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.

Geteilte Stützen können, entsprechend der Abnahme der Last, von unten nach oben in den Geschossen schrittweise verschwächt werden.

Beispiele von Einzelausbildungen der Stützenköpfe werden im nächsten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abfchn. 2, A, Kap. 1) dieses »Handbuches« mitgeteilt werden.

Ausdrücklich gewarnt werden muß vor dem weit verbreiteten Auflegen von Trägern auf die volle Kopffläche oder gar auf weitausladende Auskragungen an den Stützenköpfen, welches nahezu in allen Fällen Kantendrucke, also schiefe Belastungen der Stützen zur Folge hat. Wenn dieser weit verbreitete Fehler nicht öfter Unfälle hervorruft als der Fall ist, so liegt die Ursache in dem hohen Sicherheitsgrade, mit dem die Stützen ausgebildet werden, der dann aber durch das Begehen dieses Fehlers ganz oder nahezu verloren geht. Da nun die hohe Sicherheit nicht dieses Punktes wegen, sondern zur Deckung einer ganzen Reihe anderer ungünstiger, aber unvermeidlicher Umstände gegeben wird, so ist es höchst bedenklich, sich bei Einführung dieser zwar einfachen, bequemen und billigen, aber fehlerhaften Art der Lagerung auf den rechnermäßigen Sicherheitsgrad zu verlassen.

e) Fuß der Freistützen.

Jede Freistütze bedarf eines Fußes, welcher die Aufgabe hat, die hohe Pressung in der Stütze durch Verbreiterung der Unterfläche auf die geringere zu ermäßigen, welche auf Quader, Mauerwerk und Baugrund ausgeübt werden darf¹²²⁾. Im weitesten Sinne besteht daher der Fuß bei schweren Freistützen aus der eisernen Druckplatte, dem Grundquader und dem Fundamentmauerwerke, von welchen Teilen jedoch häufig einer — am häufigsten der Quader — fehlt.

Der hier zu betrachtende Fuß der Freistütze im engeren Sinne ist die Druckplatte, welche die Pressungsverteilung auf den Quader oder das Mauerwerk bewirkt. Ihre Ausbildung hängt wesentlich davon ab, ob lediglich lotrechte Kräfte wirken und zugleich die Freistütze verdrehbar aufgestellt sein soll (Druckplatte), oder ob die Stütze gegen Biegung oder Ausweichen beim Zerknicken eingespannt sein soll (Ankerplatte).

1) Füße gußeiserner Stützen.

a) Druckplatten.

Für leichte Gußstützen gießt man diese mit der Stütze selbst zusammen, wobei jedoch die Endöffnungen hohler Stützen des Gußverfahrens wegen frei bleiben. Querschnitte nach Fig. 557 u. 558 erhalten quadratische, nach außen vorfringende Platten; bei solchen nach Fig. 559 bis 562 verbindet man die einzelnen Teile des Querschnittes durch eine nötigenfalls über diese noch vorfringende Bodenplatte.

Bezeichnet σ' die zulässige Pressung auf die Unterstützung (Quader oder Mauerwerk), so muß die Plattengrundfläche

$$F = \frac{P}{\sigma'} \dots \dots \dots 201.$$

¹²²⁾ Wie aus Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, aus der nächsten Abteilung des vorliegenden Bandes und aus dem darauf folgenden Bande dieses »Handbuches« hervorgeht, beträgt die zulässige Pressung im Mittel für Quader 20 bis 50 kg, für Klinkermauerwerk in Zement 15 kg, für Mauerwerk aus harten Backsteinen in verlängertem Zementmörtel 10 bis 12 kg für 1 qm, für gewöhnliches Backsteinmauerwerk 7 bis 8 kg, für Bruchsteinmauerwerk 6 bis 7 kg, für Beton 5 bis 6 kg, auf den Baugrund 0,5 bis 4 kg für 1 qm.

298.
Zweck
und
Ausbildung.

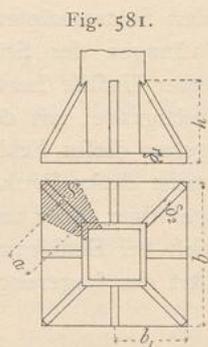
299.
Angegoßene
Druckplatten.

fein, oder bei quadratischer Form die Plattenföite b , wenn f der Querschnitt der Stützenh6hlung ist,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + f} \dots \dots \dots 202.$$

Zwischen Stütze und Platte werden, um das Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingefetzt, und zwar gew6hnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Fuß der Querschnitte von Fig 559, 561 u. 562 ausgebildet, entbehren solcher Rippen. Die Rippen werden so bemessen, daß sie allein schon das Abbrechen verhindern.

Zur Berechnung der Rippen bestimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterstützenden Fläche (in Fig. 581 schraffiert); bei n Rippen wirkt dann bezüglich der Rippenwurzel die Kraft $\frac{P}{n}$ am Hebelsarme a , und die Rippenabmessungen folgen bei 250 kg zuläufiger Zugbeanspruchung des Gußeisens alsdann aus



$$\delta_2 = 0,024 \frac{Pa}{nh^2} \text{ und } h = 0,155 \sqrt{\frac{Pa}{n\delta_2}}, \dots \dots 203.$$

worin δ_1 oder h den Verhältnissen entsprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die größte Rippenentfernung und σ' die Preßung unter der Platte ist, aus

$$\delta_1 \geq 0,043 b_1 \sqrt{\sigma'}; \dots \dots \dots 204.$$

jedoch ist δ_2 mindestens 1,5 cm zu machen.

Beispiel. Eine Kreisringstütze aus Gußeisen, welche unten mit angegoffenem Fuße stumpf aufsteht, oben ganz frei ist (Fall I, $C = 2,5$), hat bei ($l =$) 600 cm Höhe ($P =$) 20000 kg zu tragen, soll ($m =$) 8-fache Sicherheit und ($\delta =$) 1,8 cm Wandstärke haben. Bezeichnet d den gemittelten Ringdurchmesser, so ist nach Gleichung 189 (S. 212) für $F = d\delta\pi$ und $h = d$

$$d \cdot 1,8 \cdot 3,14 d^2 = \frac{8 \cdot 20000 \cdot 600^2}{2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125}, \text{ woraus } d = 32 \text{ cm.}$$

Der äußere Durchmesser ist also $32 + 1,8 = 33,8$ cm, der innere $32 - 1,8 = 30,2$ cm.

Die Untermauerung besteht aus gutem Backsteinmauerwerke; dann ist $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm. In

Gleichung 202 ist $f = 30,2^2 \frac{3,14}{4} = 716$ qcm, also die Seite der quadratischen Fußplatte

$$b = \sqrt{\frac{20000}{8} + 716} = 55,9 = \approx 56 \text{ cm.}$$

Bei $n = 8$ Rippen ist $b_1 = \frac{b}{2} = 28$ cm; folglich nach Gleichung 204: $\delta_1 = 0,043 \cdot 28 \sqrt{8} = 3,4$ cm.

Die Rippen sollen je $\delta_2 = 2,5$ cm stark fein; dann folgt ihre Höhe nach Gleichung 203, nachdem a besonders zu 10,5 cm ermittelt ist, mit

$$h = 0,155 \sqrt{\frac{20000 \cdot 10,5}{8 \cdot 2,5}} = 16 \text{ cm.}$$

300.
Gefonderte
Druckplatten.

Schwere Stützen nehmen durch angegoffene Füße zu schwierige Gufsformen an, und bei schweißeisernen, bei denen die Ausbildung schweißeiserner Druckplatten meist auf Schwierigkeiten stößt, ist das Angießen überhaupt unmöglich. Man kommt auf diese Weise zu gefondert ausgebildeten Druckplatten, welche für nicht allzu schwere Lasten massiv mit 2 cm Randstärke, im Grundrisse meist genau oder annähernd quadratisch, ausgeführt werden, da diese Grundform gewöhnlich schon durch die der unterstützenden Steinkonstruktion bedingt ist. Die Stärke dieser

Platten wächst vom Rande bis zur Aufsenkante der Stütze an; unter der Stütze bleibt sie unveränderlich und wird nur durch einen der Hohlform der Stütze entsprechenden Wulst erhöht, welcher Verschiebungen der Stütze verhindert. Um die Stütze nach Verlegen der Platte noch genau einstellen zu können, ist dieser Wulst zu eng zu machen; der frei bleibende Zwischenraum wird nachträglich durch Bohr- löcher in der Stützenwandung mit Blei, Weißmetall oder Zement ausgegossen (Fig. 582). Für nicht hohle Stützenquerchnitte erhält die Platte meist eine dem Stützenquerchnitte entsprechende Nut, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, sowie die Standfläche auf der Platte werden abgehobelt, bzw. abgedreht; auch hier ist eine Zwischenlage von Walzblei oder Kupfer zweckmäßig.

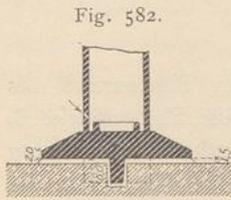
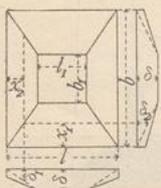


Fig. 582.

Die Platte wird 1,5 cm hohl auf Eisenkeilen verlegt, dann mit Zement vergossen und nach dem Erhärten des letzteren von den Keilen befreit. Es ist jedoch nicht leicht, das Vergießen so durchzuführen, daß keinerlei Hohlräume bleiben, deren Vorhandensein die Pressungsverteilung ungleichmäßig macht. Daher zieht man neuerdings vielfach trockene Zwischenlagen von etwa 2 mm dickem Walzblei zwischen Platte und Quader oder Mauerwerk vor, die alle Unebenheiten mit Sicherheit ausgleichen. Selbstverständlich müssen die Druckflächen vorher gut zugerichtet sein. Die gebräuchliche Befestigung der Platte durch Stein- schrauben nach unten ist überflüssig; will man sich gegen zufällige Seitenver- schiebungen sichern, so gebe man der Platte eine 5 bis 8 cm hohe Kreuzrippe nach unten, welche in eine entsprechende Nut der Unterlage greift und hier vergossen wird (Fig. 582). Das Vergießen wird hierdurch an sich erschwert, aber unvermeidlich, da die Rippen in ihren Nuten dicht schließen müssen, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen. Das Einlegen von Walzblei ist also bei Anordnung von Rippen nicht mög- lich. Ein gutes Ersatzmittel für die Rippen besteht darin, daß man halbkreis- förmige Kerben in die Plattenkanten gießt und entsprechende kreisrunde Stahldollen mit feinem Beton vor dem Verlegen der Platten im Mauerwerke oder im Quader feststampft. Dann kann auch wieder zu den Zwischenlagen aus Walz- blei gegriffen werden.

Fig. 583.



Die notwendige Grundfläche der vollen Platte (Fig. 583) ist

$$lb = F = \frac{P}{\sigma'}, \dots \dots \dots 205.$$

die Seite der quadratischen Platte

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \dots \dots \dots 206.$$

Die Plattenstärke ist theoretisch am Rande Null und ist übrigens für die allgemeine Form der rechteckigen Platte, bei welcher Ober- und Unterfläche nicht ähnlich sind, im Abstände x_1 , bzw. x_2 von den Kanten nach dem größeren Werte aus folgenden beiden Formeln zu bemessen:

$$\delta_1 = 0,1 x_1 \sqrt{\frac{\sigma' \frac{3l - 2x_1 \frac{l-l_1}{b-b_1}}{l - 2x_1 \frac{l-l_1}{b-b_1}}}{3}} \text{ oder } \delta_2 = 0,1 x_2 \sqrt{\frac{\sigma' \frac{3b - 2x_2 \frac{b-b_1}{l-l_1}}{b - 2x_2 \frac{b-b_1}{l-l_1}}}{3}} \dots \dots \dots 207.$$

Für die größte Plattenstärke ist

$$x_1 = \frac{b - b_1}{2} \quad \text{und} \quad x_2 = \frac{l - l_1}{2}$$

einzusetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1,max} &= 0,05 (b - b_1) \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \left(1 + 2 \frac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_{2,max} &= 0,05 (l - l_1) \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \left(1 + 2 \frac{b}{b_1}\right)}. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 208.$$

In der Regel ist hierin für x_1 und x_2 der Abstand von Plattenrand bis Stützenrand einzuführen; der größere Wert giebt alsdann die größte Plattenstärke δ , welche geradlinig nach der Randstärke von 2 cm ausläuft. Große Platten kann man jedoch so formen, daß man von der Randstärke aus wagrechte Ebenen in die Kurven für δ_1 , bezw. δ_2 einschneiden läßt.

Schneiden die Gratlinien der Platten, wie meist der Fall, unter 45 Grad in die Ecken, so ist $l - l_1 = b - b_1$, und die Gleichungen lauten alsdann:

$$\delta_1 = 0,1 x_1 \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \frac{3l - 2x_1}{l - 2x_1}} \quad \text{und} \quad \delta_2 = 0,1 x_2 \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \frac{3b - 2x_2}{b - 2x_2}} \dots 209.$$

Ist schließlich die Platte quadratisch, also $l = b$ und $l_1 = b_1$, so werden δ_1 und δ_2 gleich; alsdann genügt eine der Formeln 209.

301.
Kreisrunde
volle
Grundplatten.

Nachdem die Masse d , d_1 und d_2 für die Stütze aus der Last P festgestellt sind, wird zunächst mit Bezug auf Fig. 584 und die oben verwendeten Bezeichnungen

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \dots \dots \dots 210.$$

Bezeichnen ferner (Fig. 584) S_1 den Schwerpunkt der halben Kreislinie des Durchmessers d und S_2 den der Halbkreisfläche des Durchmessers D , so ist das Moment, welches die Platte mitten durchbrechen fucht,

$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{2D}{3\pi} - \frac{d}{\pi} \right), \dots \dots 211.$$

und bei der Zugspannung σ_g im Gußeisen ist dann die Dicke δ der Grundplatte zu berechnen nach

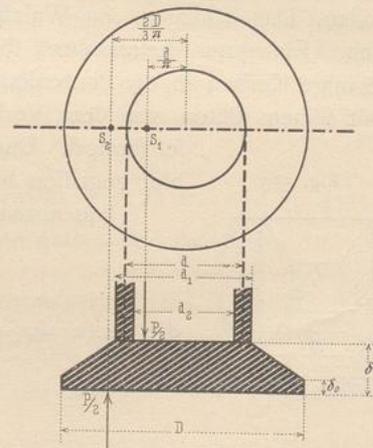
$$\delta = 0,7984 \sqrt{\frac{P}{\sigma_g} \frac{(2D - 3d)(2D + d_1)}{(D + d_1)^2 + 2Dd_1}}, \dots 212.$$

worin σ_g in der Regel = 250 kg für 1 qcm anzunehmen ist. δ_0 ist wieder so zu wählen, daß die Platte eben bequem zu gießen ist, jedoch nicht kleiner als 1,5 cm.

Beispiel. Eine Platte, welche als Seitenlängen der Stützfläche $b_1 = 20$ cm und $l_1 = 30$ cm, dabei wegen der Form des Mauerwerkes die ganze Breite $b = 50$ cm haben muß, hat 28000 kg zu tragen und ruht auf Mauerwerk, welches mit $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm belastet werden darf.

Nach Gleichung 205 ist $F = \frac{28000}{8} = 3500$ qcm, also $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70$ cm. Nach Gleichung 208 wird die größte Plattenstärke

Fig. 584.



$$\delta_{1max} = 0,05 (50 - 20) \sqrt{\frac{8}{3} \left(1 + \frac{2 \cdot 70}{30}\right)} = 5,835 \text{ cm} = \approx 5,9 \text{ cm}$$

und

$$\delta_{2max} = 0,05 (70 - 30) \sqrt{\frac{8}{3} \left(1 + \frac{2 \cdot 50}{20}\right)} = 8,0 \text{ cm}.$$

Letzteres ist auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, so ergibt sich die Krümmung aus den größten Werten der Gleichung 207, indem man die zusammengehörigen Werte von x_1 und x_2 einführt.

Für schwere Freistützen liefern diese vollen Platten zu große Stärkenmaße; die Platten sind alsdann behufs Metallerparnis zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter allseitig-symmetrischen Stützenquerschnitten vor (Fig. 557, 558, 559, 565, 570, 571, 572, 573, 575 u. 576); sie haben daher bei quadratischer Grundform einen meist kreisförmigen oder quadratischen Aufsatz mit Verstärkungsrippen, sind innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergossen werden zu können.

302.
Gegliederte
Druckplatten.

Fig. 585.

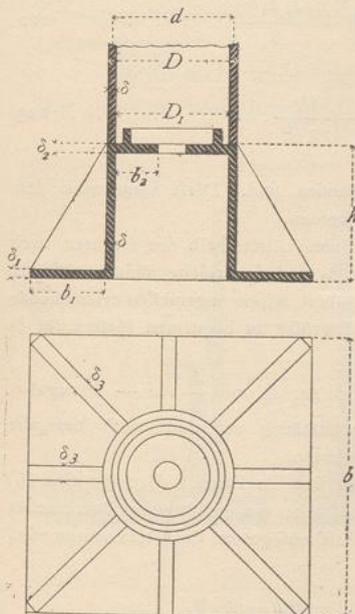


Fig. 585 zeigt eine derartige Platte für eine Freistütze mit kreisringförmigem Querschnitte; sie ist für andere um die Mitte symmetrisch entwickelte Querschnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Moment M gebogen, dessen Kraft $\frac{P}{2}$ und dessen Hebelsarm dem Abstände des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ist; diesem Moment muß sie in solcher Weise Widerstand leisten, daß unten die für Gufseisen zulässige Zugspannung s_g nicht überschritten wird. Der Gang der Festlegung der einzelnen Abmessungen ist folgender.

Zunächst ist, mit Bezug auf Fig. 585,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma} + \frac{D_1^2 \pi}{4}} \quad \dots \quad 213.$$

zu machen; alsdann folgt

$$b_1 = \frac{b - D_1 - 2 \delta}{2} \quad \dots \quad 214.$$

Wird nun die Anzahl der Rippen der Dicke δ_3 zu n angenommen, so folgt die größte freitragende Weite l_2 der Plattenkante zwischen zwei Rippen aus

$$l_2 = \frac{4 b}{n}, \quad \dots \quad 215.$$

wenn jedenfalls Rippen nach den vier Ecken laufen.

Weiter ist die Dicke δ_1 der unteren Platte zu bestimmen nach

$$\delta_1 = 0,0577 l_2 \sqrt{\sigma} \quad \dots \quad 216.$$

Alsdann bestimme man das Biegemoment M , welches die Fußmitten durchzubrechen strebt. Die Kraft dieses Moments ist $\frac{P}{2}$; der Hebel ergibt sich, wenn man vom Abstände des Schwerpunktes der halben Unterfläche des Fußes von der Mitte den Abstand des Schwerpunktes der halben Mittellinie des Stützenquerschnittes abzieht. In dem durch Fig. 585 dargestellten Falle ist der erstere Abstand

$\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4 b^2 - \pi D_1^2}$ und der letztere $\frac{d}{\pi}$. In diesem Falle ist das Biegemoment demnach

$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4 b^2 - \pi D_1^2} - \frac{d}{\pi} \right) \quad \dots \quad 217.$$

Nun kann man zunächst für die Fußhöhe h Grenzen nach

$$h \geq \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{15 \delta}{b_1}} \right) \dots \dots \dots 218.$$

festlegen, worin δ in der Regel gleich der Dicke der Stützwand, welche darüber steht, jedoch jedenfalls so anzunehmen ist, daß

$$\delta < \frac{b_1}{15} \dots \dots \dots 219.$$

bleibt. Einen ungefähren Mittelwert, nämlich das Mittel aus den beiden Grenzen der Gleichung für h , liefert

$$h_{\text{mittel}} = \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \dots \dots \dots 220.$$

Sind hiernach h und δ vorläufig festgelegt, so berechne man die Hilfsgrößen

$$A = 2 b_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2} \right) - \frac{3 \delta h^2}{5} \dots \dots \dots 221.$$

und

$$B = \frac{M h}{750} - \frac{26}{75} \delta h^3 - 2 b_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2} \right)^2 - \frac{b_1 \delta_1^3}{6} \dots \dots \dots 222.$$

Mit Hilfe dieser berechne man alsdann b_2 und δ_2 nach

$$b_2 = \frac{A^3}{4 B \left(\frac{4}{5} A h - B \right)} \quad \text{und} \quad \delta_2 = \frac{A^2}{2 b_2 B}, \dots \dots \dots 223.$$

womit alle erforderlichen Einzelwerte bis auf die Rippendicke δ_3 gefunden sind. Diese kann nach dem Ausdrucke für δ_2 in Gleichung 203 (S. 230) zu Fig. 581 berechnet werden.

Die Gleichung 223 ist für eine nicht ganz zutreffende Wahl von h innerhalb der Grenzen nach Gleichung 218, bzw. 220 sehr empfindlich und liefert oft Werte für δ_2 und b_2 , welche nicht ausführbar sind. Man bilde dann das Produkt $\delta_2 b_2$, und wenn dieses eine für die obere Rippe angemessen erscheinende Flächengröße liefert, so forme man es unter Beibehaltung der Produktgröße zu bequemen Mäßen für δ_2 und b_2 um.

Giebt aber $\delta_2 b_2$ eine un Zweckmäßige Flächengröße, oder wird gar b_2 mit $\frac{4}{5} A h - B$ negativ, so war die gemachte Annahme von h zwischen dessen Grenzen un Zweckmäßig und muß nach Maßgabe der Erfahrungen an der ersten Rechnung für eine zweite berichtigt werden.

Beispiel. Für eine hohle Gußsäule von 850 cm Höhe ergibt sich im Falle II (S. 205; $C = 10$) bei 8-facher Sicherheit für eine Last ($P =$) 95 000 kg und 3 cm Wandstärke ein gemittelter Durchmesser $d = 29$ cm, also $D = 32$ cm und $D_1 = 26$ cm. Steht der zugehörige Fuß auf gutem Backsteinmauerwerke, so ist $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm, also nach Gleichung 213 u. 214

$$b = \sqrt{\frac{95000}{8} + \frac{26^2 \cdot 3,14}{4}} = 112 \text{ cm} \quad \text{und} \quad b_1 = \frac{112 - 26 - 2 \cdot 3}{2} = 40 \text{ cm}.$$

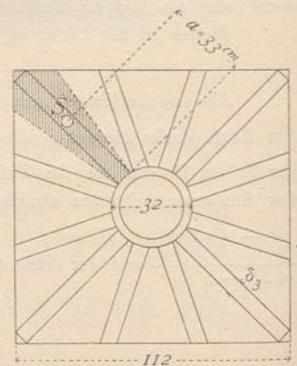
Damit wird aber der Bedingung $\delta < \frac{b_1}{15}$ nicht genügt; es soll daher δ im Fuße = 2,5 cm, folglich $D_1 = 32 - 5 = 27$ cm und $d = 29,5$ cm gemacht werden. Der Einfluß dieser Aenderung auf b kann vernachlässigt werden. Werden nun nach Fig. 586: $n = 12$ Rippen angenommen, so ist $l_2 = \frac{4 \cdot 112}{12} = 37,3$ cm und nach Gleichung 216: $\delta_1 = 0,0577 \sqrt{8 \cdot 37,3} = 6,057 = \approx 6,0$ cm.

Weiter ist das Biegemoment nach Gleichung 217

$$M = \frac{95000}{2} \left(\frac{112^3 - \frac{2}{3} 27^3}{4 \cdot 112^2 - 3,14 \cdot 27^2} - \frac{29,5}{3,14} \right) = 817000 \text{ cmkg}.$$

Nach Gleichung 220 ist ferner h_{mittel} zunächst mit $\frac{40 \cdot 6}{3 \cdot 2,5} = 32$ cm anzunehmen. Die Proberechnung ergibt hierfür jedoch einen negativen Wert für B , welcher zeigt, daß h zu groß angenommen wurde. Wird also $h = 31$ cm eingeführt, so wird nach

Fig. 586.



IV, S. 205) erhöhen will; breite, mit dem Fusse stumpf aufgesetzte Stützen sind jedoch bei Belastung in der Schwerachse auch ohne besondere Verankerung als unten unverdrehbar befestigt anzusehen. Wirken aus schiefer Belastung entstehende erhebliche Momente auf die Stütze, so wird man meistens zu schweißeisernen Konstruktionen übergehen.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, die Fußplatten für gusseiserne Stützen so groß zu wählen, daß sie auf der mindest belasteten Seite noch einen Gegendruck oder höchstens an der meist entlasteten Kante die Spannung 0 erleiden¹²³⁾; dann ist keinesfalls eine Verankerung nötig. Sehr häufig kann man jedoch bei so bemessener Plattengröße die zulässige Pressung auf der Unterlage σ_1 an der meist belasteten Kante nicht ausnutzen. Will man letzteres erreichen, so muß man die Platte kleiner machen; sie klappt dann an der mindest belasteten Kante auf und muß verankert werden.

Sollte jedoch die Pressung unter der meist belasteten Kante bei der die Verankerung eben überflüssig machenden Plattengröße den zulässigen Wert σ_1 schon überschreiten, so muß die Platte noch weiter vergrößert werden und bedarf dann um so weniger einer Verankerung.

Nachdem die Behandlung der durch außerhalb der Schwerachse belasteten, sowie der durch Last und wagrechte Kraft belasteten Stützen in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichungen 195 bis 199) vorgeführt ist, lassen wir hier die ausführliche Berechnung der Ankerplatten folgen, welche sich in vielen Teilen auf die Berechnung der Füße von in der Schwerachse belasteten Stützen (siehe Art. 302, S. 233, sowie die Gleichungen 213 bis 223) stützt.

P ist die lotrechte, in der Schwerachse der Stütze wirkende gedachte Last und P_1 das Eigengewicht der Stütze; M bezeichnet das auf die Stütze wirkende Moment der äußeren Kräfte, welches im Falle von Fig. 588 gleich Pu , im Falle von Fig. 589 gleich Mh_1 und im Falle von Fig. 590 gleich $Pu + Hh_1$ zu setzen und nach diesen Ausdrücken endgültig zu berechnen ist. $P + P_1$ mag noch gleich P_2 gesetzt werden.

Die Berechnung soll, den gewöhnlichen Ausführungsformen entsprechend, für eine im Grundrisse quadratische Platte der Seitenlänge b durchgeführt werden, welche zum Zwecke des Vergießens in der Mitte eine Oeffnung von so geringer Ausdehnung k hat, daß sie für die Pressungsverteilung vernachlässigt werden kann. Uebrigens ist die für Kreisring- und quadratische, aber auch für viele anders gestaltete Formen von gusseisernen Stützen übliche Form

Fig. 588.

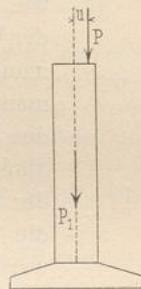


Fig. 589.

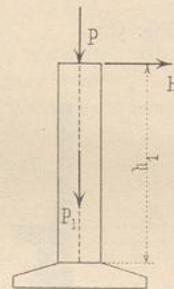


Fig. 590.

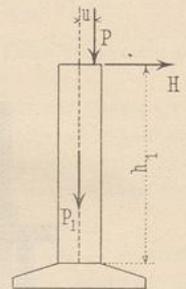
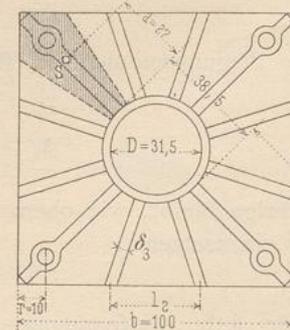


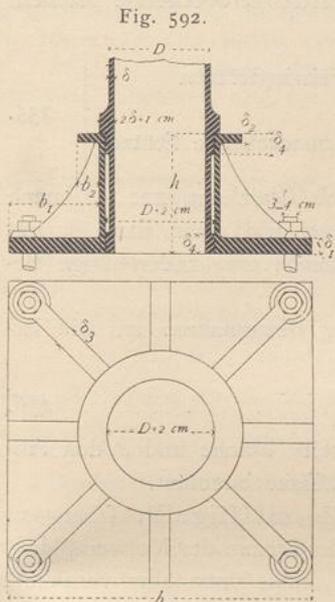
Fig. 591.



¹²³⁾ Siehe: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Gleichung 51, S. 273.

der Ankerplatte in Fig. 587 u. 591 dargestellt; diese soll der Berechnung zu Grunde gelegt werden. Die gemittelte Stützenbreite ist hier d genannt, während sie in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichung 195 bis 199) h hieß. Die Berechnungsgrundlagen werden gleichzeitig für kreisrunde und quadratische Stützen, nötigenfalls für beide getrennt angegeben.

Uebrigens kann auch der schief belastete Ankerfuß nach Fig. 592 nach unten ebenso ganz offen ausgeführt werden, wie der gerade belastete nach Fig. 585 (S. 233). In der Berechnung treten dann ähnliche Veränderungen ein, wie sie auf S. 235 in den Gleichungen 224 bis 226 zu den Gleichungen 213, 214 u. 217 angegeben sind. Doch bilden die Ankerfüße nach Fig. 587 so sehr die Regel, daß auf diese Veränderungen hier nicht näher eingegangen wird.



Die Grenzbreite der Platte, bei der eben noch keine Verankerung erforderlich ist, beträgt

$$b = \frac{6 M}{P_2}, \dots \dots \dots 227.$$

und die größte bei dieser Breite auftretende Preßung unter der Platte ist:

$$\sigma = \frac{P_2^3}{18 M^2} \dots \dots \dots 228.$$

Nun sind die beiden Fälle zu unterscheiden, daß das so ermittelte σ größer oder kleiner ist als σ_1 , nämlich als die für die Unterstützung der Platte zulässige Druckspannung.

$\alpha)$ σ (Gleichung 228) wird größer als die zulässige Preßung σ_1 . Alsdann muß die Platte behufs Ermäßigung der Druckspannung vergrößert werden; Verankerung ist nicht nötig. Die erforderliche Plattenbreite b folgt aus

$$b^3 - b \frac{P_2}{\sigma_1} = \frac{6 M}{\sigma_1} \dots \dots \dots 229.$$

Diese Gleichung ist durch versuchsweises Einsetzen mehrerer Werte von b zu lösen. Die schwächste Preßung an der entlasteten Kante ist dann

$$\sigma_2 = \frac{1}{b^2} \left(P_2 - \frac{6 M}{b} \right) \dots \dots \dots 230.$$

Das Moment, welches die Preßungen unter der Platte im Mittelquerschnitte der ganzen Platte erzeugen, ist

$$M_\sigma = \frac{b}{8} \left(P_2 + \frac{4 M}{b} \right) \dots \dots \dots 231.$$

Weiter bestimme man nun unter Annahme eines zweckmäßigen Wertes für k die Breite b_1 aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2 \delta}{2} \dots \dots \dots 232.$$

Bei n Stützrippen des Plattenauffatzes folgt die Traglänge l_2 des unteren Plattenteiles zwischen zwei Rippen l nach Gleichung 215 und dann die Dicke δ_1 des unteren Plattenteiles für diesen Fall nach

$$\delta_1 = 0,0447 l_2 \sqrt{\sigma_1}; \dots \dots \dots 233.$$

ferner prüfe man, ob das angenommene $\delta < \frac{b_1}{15}$ ist, was der Fall sein muß; es

ist jedoch zweckmäfsig, δ nur wenig kleiner zu machen als $\frac{b_1}{15}$, und nun berechne man h_{mittel} aus Gleichung 220, wobei man das Rechnungsergebnis für h um 1,0 bis 1,5^{cm} nach unten abrundet.

Wird nun zwischen Stütze und Plattenrand der Laibungsdruck s_d zugelassen, so berechne man die Höhe δ_4 , in der die Stütze im Plattenrande anliegen mufs, nach

$$\delta_4 = \frac{h - \delta_1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4M}{D s_d (h - \delta_1)^2}} \right), \dots \dots \dots 234.$$

welcher Wert meist so klein ausfällt, dafs man ihn der Rechnung gegenüber zu grofs ausführen mufs.

Weiter bestimme man das den Mittelschnitt der Platte zerbrechende Moment M_1 nach

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für Kreisringstützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für quadratische Stützen} \end{aligned} \right\} 235.$$

und dann die Gröfsen A nach Gleichung 221, B nach Gleichung 222, b_2 nach Gleichung 223 und δ_2 nach Gleichung 223. In der Regel wird man dann δ_4 mit der Gröfse ausführen, die sich für δ_2 ergibt; doch ist auch eine anderweitige Bemessung möglich, wie Fig. 592 zeigt.

Schliesslich ist die Dicke der n Stützrippen unter Bezugnahme auf die Erklärung der einzelnen Gröfsen in Fig. 586 u. 591 nach

$$\delta_3 = 0,012 \frac{\sigma_1 f a}{h^2} \dots \dots \dots 236.$$

zu ermitteln, in der f die in Fig. 586 u. 591 überstrichelte Fläche und a den Abstand des Schwerpunktes S dieser Fläche vom Plattenaufsatze bedeutet.

β) σ (Gleichung 228) gleich oder gröfser als die zuläffige Pressung σ_1 . In diesem Falle kann die Platte gegen das Ergebnis der die Grenze der Notwendigkeit der Verankerung angehenden Gleichung 227 verkleinert, mufs dann aber verankert werden. Letzteres geschieht in der Regel nach Fig. 591 an den Enden der Eckrippen im Abstände r von der Plattenkante; es steht aber bei grofsen Platten auch nichts im Wege, am Ende jeder Rippe einen Anker anzubringen. Im folgenden werden sämliche entlang der aufklaffenden Plattenkante angebrachten Anker zu der Gesamtkerwirkung Z im Abstände r von der Kante vereinigt gedacht (Fig. 587).

Zunächst ist hier die Plattenbreite b zu bestimmen aus

$$b^3 - b^2 \cdot 2r - b \left(\frac{3P_2}{2\sigma_1} - r^2 \right) = \frac{3}{\sigma_1} (M - Pr) \dots \dots \dots 237.$$

Ist b hiernach bestimmt, so folgt der Gesamtkerzug Z aus

$$Z = \frac{\sigma_1 (b - r) b}{2} - P \dots \dots \dots 238.$$

Das Moment der Pressung unter der Platte in Bezug auf den Mittelschnitt beträgt

$$M_\sigma = \frac{b^3 \sigma_1}{48} \frac{5b - 6r}{b - r} \dots \dots \dots 239.$$

Werden nun weiter b_1 nach Gleichung 232, l_2 nach Gleichung 215, δ_1 nach Gleichung 233, δ nach $\delta < \frac{b_1}{15}$ und h_{mittel} nach Gleichung 220 unter Abrundung um 1,0 bis 1,5^{cm} nach unten auf den Wert h und δ_4 nach Gleichung 234 bestimmt, so ist das die Platte mitten zerbrechende Moment

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für Kreisringstützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für quadratische Kastenstützen,} \end{aligned} \right\} 240.$$

nach dessen Festsetzung A aus Gleichung 221, B aus Gleichung 222, b_3 aus Gleichung 223 und δ_3 aus Gleichung 223 zu bestimmen sind. δ_3 folgt dann mit Bezug auf Fig. 586 u. 591 wieder aus Gleichung 236.

Beispiel. Zu der im Beispiele zu Art. 285 (S. 215) berechneten, von der wagrechten Kraft $H = 700$ kg gebogenen, $h_1 = 600$ cm hohen Gufsstütze, für die sich (mit Bezug auf Fig. 587) $d = 30$ cm, $D = 31,5$ cm und $D_1 = 28,5$ cm ergeben hatte, soll nun der Ankerfuß unter den Annahmen berechnet werden, daß die zulässige Pressung unter der Platte $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm, der Abstand der Anker von der Kante $r = 10$ cm und die Mittelaussparung $k = 9$ cm beträgt. Die Wandstärke δ des Plattenauffsatzes (Fig. 587 u. 592) wird zunächst mit $\delta = 2,5$ cm eingeführt.

Die ganze Last P_2 ist, wie früher angegeben, 20 000 kg und das Moment $M = 700 \cdot 600 = 420\,000$ cmkg. Sollte keine Verankerung nötig sein, so müßte die Plattenbreite b nach Gleichung 227 betragen

$$b = \frac{6 \cdot 420\,000}{20\,000} = 126 \text{ cm,}$$

und die größte Pressung wäre dann nach Gleichung 228

$$\sigma = \frac{20\,000^3}{18 \cdot 420\,000^2} = 2,52 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Dies ist gegenüber der zulässigen Pressung $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm zu gering; die Platte muß kleiner gemacht und daher verankert werden.

Die Plattenbreite folgt für die Bedingung $\sigma < \sigma_1$ aus Gleichung 237

$$b^3 - b^2 \cdot 2 \cdot 10 - b \left(\frac{3 \cdot 20\,000}{2 \cdot 12} - 10^2 \right) = \frac{3}{12} (420\,000 - 20\,000 \cdot 10),$$

welche, wie leicht zu erkennen ist, die Lösung $b = 100$ cm ergibt. Demnach wird nach Gleichung 238 der Ankerzug $Z = \frac{12(100 - 10) \cdot 100}{2} - 20\,000 = 38\,000$ kg.

Werden vier Anker nach Fig. 591 in den Ecken angebracht, so ist jeder für $\frac{38\,000}{2} = 19\,000$ kg, bei 1000 kg für 1 qcm Spannung, also mit 19 qcm Querschnitt auszubilden. Dem entspricht der innere Gewindedurchmesser

$$d' = \sqrt{\frac{4 \cdot 19}{\pi}} = 4,9 \text{ cm;}$$

also sind die Verhältnisse der Schraube Nr. 18 der *Witworth*-Skala (S. 163) für die Anker zu verwenden. Kleinere Anker können benutzt werden, wenn z. B. zwölf statt vier eingesetzt werden. Entlang einer Kante sitzen dann vier Anker; somit ist jeder für $\frac{38\,000}{4} = 9500$ kg mit 9,5 qcm Querschnitt und

$$d' = \sqrt{\frac{9,5 \cdot 4}{\pi}} = 3,48 \text{ cm}$$

Kerndurchmesser oder mit den Verhältnissen der *Witworth*-Schraube Nr. 14 auszubilden.

Nach Gleichung 239 ist weiter

$$M_\sigma = \frac{100^3 \cdot 12}{48} \frac{5 \cdot 100 - 6 \cdot 10}{100 - 10} = 1\,225\,000 \text{ cmkg.}$$

b_1 folgt aus Gleichung 232: $b_1 = \frac{100 - 9 - 2 \cdot 2,5}{2} = 43$ cm, b_2 für $n = 12$ Rippen nach Gleichung 215:

$b_2 = \frac{4 \cdot 100}{12} = 33,3$ cm und somit d_1 nach Gleichung 233 gleich $0,0447 \cdot 33,3 \cdot \sqrt{12} = 5,1$ cm. δ ist mit

2,5 cm in der That kleiner als $\frac{b_1}{15} = \frac{43}{15} = 2,87$ cm, wie Gleichung 219 verlangt. Aus Gleichung 220

folgt nun $h_{\text{mittel}} = \frac{43 \cdot 5,1}{3 \cdot 2,5} = 29,2$ cm, also h vorläufig gleich 29 cm mit dem Vorbehalte, es noch etwas kleiner zu wählen, wenn sich weiter unzweckmäßige Maße ergeben sollten. Wird nun weiter der Laibungsdruck $s_d = 700$ kg für 1 qcm gesetzt, so folgt aus Gleichung 234:

$$\delta_4 = \frac{29 - 5,1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 420\,000}{31,5 \cdot 700 (29 - 5,1)^2}} \right) = 0,84 \text{ cm;}$$

dieses Maß wird voraussichtlich größer auszuführen sein. Das Bruchmoment ist nach Gleichung 240:

$$M_1 = 1\,225\,000 - \frac{20\,000 \cdot 30}{2 \cdot \pi} - 0,84 \cdot 700 \cdot 31,5 \left(\frac{4 \cdot 29}{5} - \frac{0,84}{2} \right) = 708\,300 \text{ cmkg;}$$

folglich nach Gleichung 221:

$$A = 2 \cdot 43 \cdot 5,1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5,1}{2} \right) - \frac{3 \cdot 2,5 \cdot 29^2}{5} = 1425 - 1260 = 165$$

und nach Gleichung 222:

$$B = \frac{708\,300 \cdot 29}{750} - \frac{26}{75} \cdot 2,5 \cdot 29^3 - 2 \cdot 43 \cdot 5,1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5,1}{2} \right)^2 - \frac{43 \cdot 5,1^3}{6} = 680.$$

Mit diesen Werten wird nach Gleichung 223:

$$b_2 = \frac{165^3}{4 \cdot 680 \left(\frac{4}{5} \cdot 165 \cdot 29 - 680 \right)} = 0,522 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 223:

$$\delta_2 = \frac{165^2}{2 \cdot 0,522 \cdot 680} = 38 \text{ cm.}$$

Diese letzten Werte sind unbequem. $b_2 \delta_2 = 38 \cdot 0,522 = 20 \text{ qcm}$. Wird nun $\delta_2 = \delta_4 = 2,5 \text{ cm}$ gemacht, so muß $b_2 = \frac{20}{2,5} = 8 \text{ cm}$ sein; der obere Rand des Plattenauffatzes wird also $b_2 + \delta = 8 + 2,5 = 10,5 \text{ cm}$ breit und $2,5 \text{ cm}$ dick.

Für Gleichung 236 ist nach Fig. 591

$$f = \frac{100 \cdot 100 - \frac{38,5^2 \cdot \pi}{4}}{12} = 736 \text{ qcm}$$

und der Schwerpunktsabstand nach zeichnerischer Ermittlung $a = 27 \text{ cm}$; also wird nach Gleichung 236

$$\delta_3 = 0,012 \frac{12 \cdot 736 \cdot 27}{29^2} = 3,4 \text{ cm.}$$

Da das Stützenende scharf in den Fufsauffatz passen muß, so empfiehlt es sich, die Berührungsflächen δ_4 in Fig. 587 u. 592 genau abzdrehen.

2) Füße schweißseiferer Stützen.

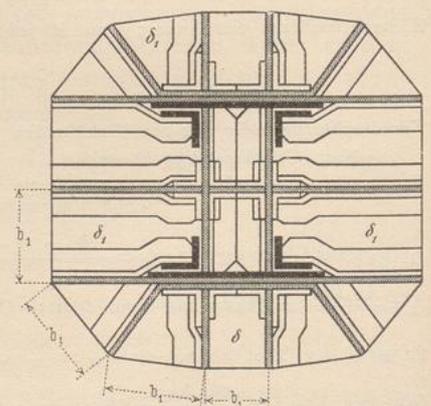
304.
Anwendung.

Schweißseiferne Stützen werden jetzt wegen der einfacheren Knotenbildungen und der höheren Tragfähigkeit regelmäÙig da verwendet, wo die Stützen schwere Decken in mehreren Geschossen zu tragen haben, wie in Lagerhäusern; auch dann, wenn die Last in der Schwerachse angreift. Besonders gebräuchlich ist die schweißseiferne Stütze auch, wenn aus schiefer oder schräger Belastung erhebliche Biegemomente wirken, da letztere durch gußeiserne Stützen namentlich in deren FüÙen, wie die obigen Berechnungen in Art. 303 zeigen, nur mit vergleichsweise großem Aufwande aufgenommen werden können.

305.
Belastung
in der
Schwerachse.

Bei Belastung in der Schwerachse befestigt man die Grundplatte, deren Grundfläche nach Gleichung 201 oder 205 zu berechnen ist, unmittelbar am unteren Stützenende, indem man zwischen die Ebenen — Platten, Schenkel, Stege — des Stützenquerschnittes und die Grundplatte Stehbleche als Rippen einfügt, welche die Grundplatte gegen die Stütze abzusteuern haben und daher von ihrem Rande nach den Stützteilen hin dreieckig verlaufen. Diese Stehbleche werden mit der Stütze, wenn möglich, unmittelbar vernietet oder durch Winkeleisen verbunden, und an die Grundplatte

Fig. 593.



mittels Winkeleifen angegeschlossen. Ein solches Beispiel zeigt Fig. 593 für einen schweren Stützenquerschnitt.

Hier sind 14 Abteufungen der Grundplatte, für welche der Anschluss an die schwarz gekennzeichneten Stützteile bequem zu gewinnen war, in der schraffierten Anordnung so gestellt, dass die entfallenden Randlängen b_1 der Platte thunlichst ringsum gleich sind.

Die Dicke der Platte ist nach

$$\delta_1 = 0,0213 b_1 \sqrt{\sigma_1} \dots \dots \dots 241.$$

zu bestimmen.

Für den Anschluss der Eckaussteifungsbleche ist der Druck zu ermitteln, welcher auf die zu jedem gehörige Grundfläche kommt; für sein Moment und seine

Fig. 594.

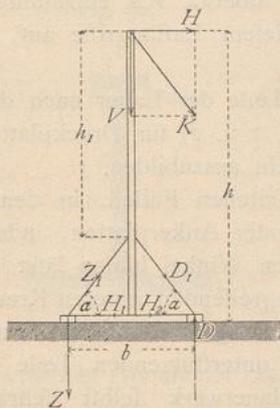


Fig. 595.

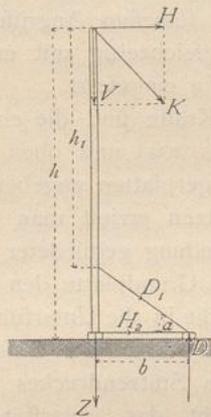
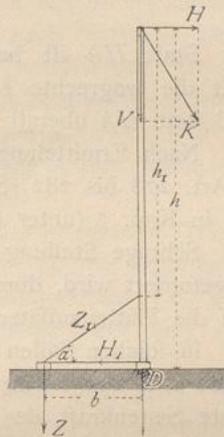


Fig. 596.



Abföherungswirkung bezüglich der Befestigungsstelle an der Stütze ist dann die Vernietung mit der Stütze durchzuführen, und die Höhe der Stehbleche ist so zu bemessen, dass die erforderliche Anzahl der Anschlussniete darin untergebracht werden kann.

Uebrigens lassen sich diese FüÙe schweißeiserner Stützen nicht mit gleicher Allgemeinheit behandeln, wie diejenigen der gusseisernen, weil die vorkommenden Stützenformen eine viel gröÙere Verschiedenheit aufweisen und man auch die Grundform der Fußplatte den Verschiedenheiten der Einzelfälle mehr anpassen wird, als bei Gufsstützen.

Bei großen Flächen der Grundplatte ist das Anbringen von über die Fläche gleichförmig verteilten Bohrlöchern zum Vergießen der Platte mit dünnem Zement zu empfehlen.

Bei Belastung durch wagrechte Kräfte oder bei so schiefer (exzentrischer) Angriffe der lotrechten Last, dass $u > \xi$ wird¹²⁴⁾, muss die schweißeiserner Stütze einen vollständig verankerten, dreieckig ausladenden Fuß erhalten. Ein Beispiel solcher Verankerung ist in Fig. 553 bis 555 (S. 203) dargestellt.

Die Freistütze ist in den durch Fig. 594 bis 596 veranschaulichten drei Fällen auf den Druck V und das Biegemoment Hh_1 bei wagrechter, bzw. Vu bei schiefer Belastung, dann auch bei der hier meist notwendigen, vorwiegend in der

306.
Schräge und
exzentrische
Belastung.

¹²⁴⁾ Siehe: Gleichung 51 auf S. 273 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs«.
Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

Ebene des Moments steifen Ausbildung des Querschnittes auf Zerknicken unter V nach der schwächsten Seite des Querschnittes zu berechnen.

Weiter ist, wenn Zug mit $+$ bezeichnet wird:

nach:	Z	D	Z_1	D_1	H_1	H_2
Fig. 594	$+\frac{Hh}{b} - \frac{V}{2}$	$-\left(\frac{Hh}{b} + \frac{V}{2}\right)$	$Z \frac{1}{\sin \alpha}$	$D \frac{1}{\sin \alpha}$	$Z \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	$D \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$
Fig. 595	$+\frac{Hh}{b} - V$	$-\frac{Hh}{b}$	—	$D \frac{1}{\sin \alpha}$	—	$D \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$
Fig. 596	$+\frac{Hh}{b}$	$-\left(\frac{Hh}{b} + \frac{V}{2}\right)$	$Z \frac{1}{\sin \alpha}$	—	$Z \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	—

Statt Hh ist bei um u schiefem Angriffe von V überall Vu einzuführen. Tritt die wagrechte Kraft H gleichzeitig mit um u schiefem Lastangriffe auf, so wird statt Hh überall $Hh + Vu$ eingesetzt.

Nach Ermittlung dieser Kräfte sind die einzelnen Teile der Lager nach den in Art. 278 bis 282 (S. 198 bis 204) und oben (unter e, 1 u. 2) für Druckplatten und in Kap. 7 (unter c) für Lagerplatten gegebenen Regeln auszubilden.

307.
Schräge
Stützen.

Schräge Stellung der Stützen erzielt man in den seltenen Fällen, in denen sie gefordert wird, durch Anwendung gegliedeter Druck- oder Ankerplatten, indem man die Plattenauffätze mit der Grundplatte den verlangten Winkel bilden läßt.

In solchen Fällen werden die in die Unterstützung eingreifenden unteren Kreuzrippen oder das Festschlagen durch Randrollen besonders wichtig, weil sie die wagrechte Seitenkraft des schrägen Stützendruckes auf die unterstützenden Teile zu übertragen haben, wenn nicht das unterstützende Mauerwerk selbst schräg, d. h. winkelrecht zur Stützenachse, gestellt ist. In diesem Falle werden die Grundplatten ganz regelmäÙig und bedürfen der unteren Kreuzrippe nicht. Die Anlage des unterstützenden Mauerwerkes oder Quaders rechtwinkelig zur Stützenachse ist derjenigen eines schief entwickelten Fusses stets vorzuziehen.

7. Kapitel.

T r ä g e r.

308.
Vor-
bemerkungen.

Die im Hochbauwesen vorkommenden Träger werden aus Gußeisen oder aus Schweißeseisen hergestellt. Vor Ausbildung des Walzverfahrens wurden gußeiserne Träger sehr häufig verwendet; gegenwärtig sind letztere von den schweißeseisernen fast ganz verdrängt.

Für die Ermittlung der Spannungen in den sog. Balkenträgern, welche hier allein in Frage kommen, aus den Momenten und Querkräften muß auf Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« verwiesen werden. In Abt. II, Abfchn. 2, Kap. 2¹²⁵⁾ wurde dort zunächst (Art. 355 bis 357, S. 315 bis 317¹²⁶⁾ Allgemeines

¹²⁵⁾ 2. u. 3. Aufl.: Abt. II, Abfchn. 3, Kap. 2.

¹²⁶⁾ 2. Aufl.: Art. 146 bis 148 (S. 124 bis 126); 3. Aufl.: Art. 148 bis 150 (S. 139 bis 142).

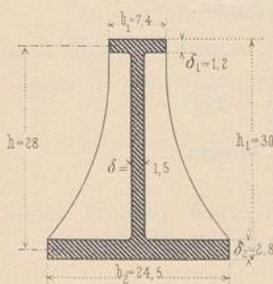
über äußere Kräfte und Einteilung der Träger überhaupt und alsdann (Art. 358 bis 372, S. 317 bis 338¹²⁷) über die Bestimmung der Momente und Querkräfte für die verschiedenen Arten von Balkenträgern vorgeführt. Für ungegliederte Träger sind die Ermittlung der Spannungen und die daraus sich ergebenden Querschnittsbestimmungen nach Art. 295 bis 331 (S. 257 bis 293¹²⁸) vorzunehmen; für gegliederte oder Gitterträger sind die Untersuchungen in Art. 373 bis 407 (S. 338 bis 374¹²⁹) maßgebend.

a) Gufseiserne Träger.

Träger aus Gufseisen erhalten selten einen anderen Querschnitt, als den I-förmigen; doch muß der I-Querschnitt wegen der ungleichmäßigen Widerstandsfähigkeit gegen Zug und Druck nach Maßgabe des in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (Art. 302, 263¹³⁰) Gefagten unsymmetrisch ausgebildet werden.

309-
Form
und
Berechnung.

Fig. 597.



Diese Träger dürfen nur unter ruhender Last verwendet werden, da sie Erschütterungen und Stöße auch in geringem Maße nicht vertragen.

Im Gegenfatze zu den schweißeisernen Trägern macht das Anpassen des Trägers an die angreifenden Momente durch entsprechende Veränderung des Querschnittes nicht die geringste Schwierigkeit und sollte daher stets ausgeführt werden.

Unter Beibehaltung der an oben angeführter Stelle gemachten Annahmen und mit Bezug auf die in Fig. 597 eingeschriebenen Bezeichnungen lassen sich zwischen Spannung, Querschnittsabmessungen und Angriffsmoment M , wenn letzteres in der lotrechten Trägerachse wirkt, die Näherungsgleichungen für die Gurtungsquerschnitte aufstellen:

$$f_2 = \frac{5 M}{4 h s_g} + \frac{\delta h}{6} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta h}{3}, \quad \dots \quad 242.$$

oder wenn etwa aus äußeren Gründen f_2 angenommen werden muß:

$$h = \frac{3}{\delta} \left(f_2 - \sqrt{f_2^2 - \frac{5 M \delta}{6 s_g}} \right) \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta h}{3}, \quad \dots \quad 243.$$

worin s_g die zulässige Zugspannung, f_1 den Querschnitt der oberen Gurtung und f_2 den Querschnitt der unteren Gurtung bedeutet. Für δ ist ein bequemes Gufmaß, nicht unter 1,2 cm, anzunehmen.

Es empfiehlt sich, die Flansche solcher gufseiserner Träger etwa in Abständen gleich der dreifachen Trägerhöhe, namentlich aber in den Angriffspunkten von Einzellaften und über den Auflagern, durch lotrechte Rippen gegen den Steg abzusteißen (Fig. 597).

Der rechteckige Kastenquerschnitt ist weniger gut als der I-förmige, weil man

¹²⁷) 2. Aufl.: Art. 149 bis 163 (S. 126 bis 145); 3. Aufl.: Art. 151 bis 164 (S. 142 bis 165).

¹²⁸) 2. Aufl.: Art. 85 bis 108 (S. 59 bis 83); 3. Aufl.: Art. 94 bis 124 (S. 70 bis 109).

¹²⁹) 2. Aufl.: Art. 165 bis 200 (S. 147 bis 183); 3. Aufl.: Art. 179 bis 202 (S. 177 bis 203).

¹³⁰) 2. Aufl.: Art. 92 (S. 66); 3. Aufl.: Art. 99 (S. 78).

in der Abmessung der Gurtungsquerschnitte dabei weniger frei ist und die Schwierigkeiten des Gusses wesentlich grössere sind.

310.
Beispiel.

Beispiel. Ein Träger von 4 m Länge hat auf 1 cm 17,2 kg zu tragen und ruht auf zwei Stützen. Für die Höhe h_1 stehen nur 30 cm zur Verfügung; δ soll 1,5 cm betragen. Für h ist $h_1 - \frac{\delta_1}{2} - \frac{\delta_2}{2}$, also vorläufig annähernd 28 cm einzuführen. Es wird nach den Gleichungen 242, wenn $s_g = 250$ kg für 1 qcm zugelassen wird,

$$f_2 = \frac{5 \cdot 17,2 \cdot 400^2}{8 \cdot 28 \cdot 250} + \frac{1,5 \cdot 28}{6} = 68,7 \text{ qcm} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{68,7}{3} - \frac{1,5 \cdot 28}{3} = 8,9 \text{ qcm},$$

Wird sonach $\delta_1 = 1,2$ cm und $\delta_2 = 2,8$ cm gemacht, so muß $b_1 = \frac{8,9}{1,2} = 7,4$ cm und $b_2 = \frac{68,7}{2,8} = 24,5$ cm werden, und die ganze Höhe beträgt $28 + \frac{1,2 + 2,8}{2} = 30$ cm.

Da die Formel nur annähernd richtige Ergebnisse liefert, so muß nach Gleichung 34 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 261¹³¹) geprüft werden, wie groß die größten Spannungen oben und unten werden.

Die Lage des Schwerpunktes über der Unterkante des Trägers wird bestimmt durch

$$x_0 = \frac{7,4 \cdot 1,2 \cdot 29,4 + 26 \cdot 1,5 \cdot 15,8 + 24,5 \cdot 2,8 \cdot 1,4}{7,4 \cdot 1,2 + 26 \cdot 1,5 + 24,5 \cdot 2,8} = 8,35 \text{ cm}.$$

Das Trägheitsmoment für die Y-Achse beträgt¹³²)

$$\mathcal{I}_y = \frac{1}{3} \left[24,5 \cdot 8,35^3 + 7,4 (30 - 8,35)^3 - (24,5 - 1,5) (8,35 - 2,8)^3 - (7,4 - 1,5) (30 - 8,35 - 1,2)^3 \right] = 11654 \text{ (auf Centim. bezogen);}$$

folglich die Spannung in der Unterkante

$$s' = \frac{17,2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{8,35}{11654} = 247 \text{ kg für 1 qcm,}$$

in der Oberkante

$$\frac{17,2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{30 - 8,35}{11654} = 640 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Da die zulässige Druckspannung in der Unterkante 250 kg für 1 qcm war und die zulässige Druckspannung bis zum dreifachen der Zugspannung zugelassen wird, so ist die Spannung unten das $\frac{247}{250} = 0,99$ fache, oben das $\frac{640}{250} = 0,85$ fache der zulässigen, und die Gurtungen können also noch auf das $\frac{0,99 + 0,85}{2} = 0,92$ fache verschwächt werden; doch wäre dies mit Rücksicht auf die Kleinheit der Mase der oberen Gurtung nicht zu empfehlen.

b) Schweißeiserne Träger.

Unter den schweißeisernen Trägern können gewalzte und zusammengesetzte Träger unterschieden werden. Bei ersteren werden die Eisenbahnschienen von den sonstigen Walzeisen zu sondern fein; die zusammengesetzten Träger können vollwandig, Blechträger oder gegliedert, Gitterträger, fein.

1) Eisenbahnschienen als Träger.

311.
Anwendung.

Eisenbahnschienen werden bei Hochbauten vielfach als Träger benutzt, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, weil sie oft leicht und billig zu haben sind; letzteres trifft hauptsächlich für gebrauchte alte Schienen zu. Insbesondere zur Ueberdeckung von Thor- und anderen Wandöffnungen, zur Unterstützung von Treppen, als Erkerträger u. f. w. werden Eisenbahnschienen häufig benutzt; bisweilen treten sie auch

¹³¹) 2. Aufl.: Gleichung 42 (S. 64); 3. Aufl.: Gleichung 56 (S. 75).

¹³²) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 310, S. 268 dieses »Handbuchs«.

bei der Ueberwölbung von Keller- und anderen Räumen an die Stelle von I-förmigen Walzträgern (siehe unter 2).

Die einschlägigen statischen Ermittlungen werden in gleicher Weise, wie bei anderen gewalzten Trägern vorgenommen.

312.
Berechnung.

Zieht man die gegenwärtig üblichen breitfüßigen Schienen in Betracht, so ist nach *Winkler*¹³³⁾ annähernd die Querschnittsfläche des Schienenquerschnittes

$$F = \begin{matrix} \text{für Eifenschienen:} & \text{für Stahlschienen:} \\ 0,285 h^2 & 0,274 h^2 \end{matrix} \text{ Quadr.-Centim.,}$$

wenn h die Schienenhöhe (in Centim.) bezeichnet.

Das Eigengewicht für 1 lauf. Meter beträgt nahezu

$$g = \begin{matrix} 0,22 h^2 & 0,21 h^2 \end{matrix} \text{ Kilogr.}$$

Das Trägheitsmoment des Schienenquerschnittes für die wagrechte Schwerachse des aufrecht gestellten Querschnittes ist ungefähr

$$J = \begin{matrix} 0,0383 h^4 & 0,0364 h^4. \end{matrix}$$

Da nur abgenutzte Schienen in Frage kommen, kann man die Querschnitte nach obigen Formeln nicht voll ausnutzen; im Durchschnitt wird man für breitfüßige Schienen neuerer Querschnittsbildung

$$\text{das Trägheitsmoment } J = 0,035 h^4, \dots \dots \dots 244.$$

$$\text{das Widerstandsmoment } \frac{J}{e} = 0,07 h^3 \dots \dots \dots 245.$$

setzen können, worin h in Centim.

Demnach ist eine auf l Centim. Stützweite frei tragende Schiene im Stande:

$$\text{auf 1 cm ihrer Länge die Last } \dots \dots q = 392 \frac{h^3}{l^2} \text{ Kilogr., } \dots \dots 246.$$

$$\text{in der Mitte ihrer Länge die Einzellast } P = 196 \frac{h^3}{l} \dots \dots \dots 247.$$

zu tragen, wobei eine Beanspruchung des Eisens von 700 kg für 1 qcm entsteht.

Stärkere Träger durch Zusammennieten mehrerer alter Schienen zu bilden, ist nicht zu empfehlen, da das geringwertige Material die Kosten guter Nietung nicht mit Vorteil trägt; übrigens entstehen unvorteilhafte Materialverteilungen und durch die Nietlöcher in den ziemlich dicken Füßen beträchtliche Schwächungen.

Beispiel 1. Eine Schiene von 13 cm Höhe, welche zur Unterstützung von Kellerkappen dient, hat auf 1 lauf. Centim. ($q =$) 7 kg zu tragen; wie weit darf sie frei liegen?

313.
Beispiele.

Nach Gleichung 246 ist $7 = 392 \frac{13^3}{l^2}$, woraus

$$l = \sqrt{\frac{392}{7} 13^3} = \approx 350 \text{ cm.}$$

Beispiel 2. Ueber einer Oeffnung von 3 m Stützweite steht mitten ein Pfeiler von 5000 kg Gewicht; wie viele 13 cm hohe Schienen sind zu seiner Unterstützung notwendig?

Nach Gleichung 247 trägt eine Schiene

$$P = 196 \frac{13^3}{300} = 1435 \text{ kg;}$$

sonach müssen $\frac{5000}{1435} = 4$ Schienen gelegt werden.

Beispiel 3¹³⁴⁾. Ein Erkervorbau, welcher bei 1,0 m Ausladung und 2,5 m Breite in jedem Geschosse ein ausgekragtes Traggerippe aus Schienen erhält, hat an der Vorderseite ein 1,6 m breites, 2,6 m hohes und in jeder Seitenwand ein 0,5 m breites, 2,6 m hohes Fenster; die Geschosshöhe beträgt 4,2 m, die Brüstungshöhe der Fenster 0,75 m; die Stärke der Eckpfeiler zwischen den Fenstern beträgt

¹³³⁾ In: Vorträge über Eisenbahnbau etc. I. Heft: Der Eisenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. S. 77 u. 240.
¹³⁴⁾ Bezüglich der hier benutzten Formeln vergl. die in den Fußnoten 135 bis 138 angezogenen Gleichungen.

1½ Stein, die der Fensterbrüstungen und Fensterübermauerungen 1 Stein. Die Eisenkonstruktion besteht aus 2 vorgekragten Schienenlagen unter den Seitenwänden und einer auf deren freie Enden gelagerten Schienenlage unter der Vorderwand. Die Mitten der beiden vorgekragten Schienenlagen liegen 2,50 — 0,38 = 2,12 m auseinander und bestimmen die Stützweite der vorderen Schienenlage zu 2,12 m. Das Auflager der vorderen Schienenlage ist zu 1,00 — $\frac{0,38}{2}$ = 0,81 m von der Wand anzunehmen.

α) Die vordere Schienenlage (Fig. 598) hat an beiden Enden auf $\frac{2,12 - 1,60}{2}$ = 0,26 m Länge zuerst den vollen Pfeiler von

$$4,2 \cdot 0,38 \cdot 0,01 \cdot 1700 = 27 \text{ kg}$$

Gewicht für 1 lauf. Centim. zu tragen; dann folgt aus der Fensterübermauerung eine 26 cm vom Lager entfernte Einzellaft von

$$\frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 1,6 (4,2 - 0,75 - 2,60) 1700 = 289 \text{ kg};$$

endlich ruft die Brüstung unter dem Fenster auf 1,60 m Breite für 1 lauf. Centim. die Last von $0,25 \cdot 0,75 \cdot 0,01 \cdot 1700 = 3,2 \text{ kg}$ hervor. Außerdem hat der Vorderträger aus dem Erkerfußboden noch 2 kg für 1 lauf. Centim. auf 2,50 — 2 \cdot 0,38 = 1,74 m Länge in der Mitte zu tragen.

Die vom Vorderträger auf die ausgekragten Schienen ausgeübten Auflagerdrücke sind demnach

$$27 \cdot 26 + 289 + \frac{160}{2} 3,2 + \frac{174}{2} 2 = 1421 \text{ kg};$$

das Biegemoment in der Mitte ist

$$M = 1421 \frac{212}{2} - 27 \cdot 26 \left(\frac{212}{2} - \frac{26}{2} \right) - 289 \left(\frac{212}{2} - 26 \right) - \frac{160}{2} 3,2 \frac{160}{4} - \frac{174}{2} 2 \frac{174}{4} = 44411 \text{ cmkg.}$$

Werden n Schienen nebeneinander gelegt, so ist bei einer Beanspruchung von $s = 700 \text{ kg}$ für 1 qcm nach Gleichung 245 bei 8 cm Schienenhöhe das s -fache Widerstandsmoment $700 n \frac{s}{e} = n \cdot 700 \cdot 0,07 \cdot 8^3 = 25088 n$. Somit folgt die erforderliche Anzahl Schienen aus $25088 n = M = 44411$ mit $n = 2$.

β) Die ausgekragte Schienenlage von 81 cm theoretischer Länge trägt (Fig. 599) am freien Ende den Auflagerdruck des Vorderträgers mit 1421 kg, ferner den Rest der Vorderwand mit

$$0,38 \cdot 4,20 \frac{2,5 - 1,6 - 2 \cdot 0,26}{2} 1700 = 515 \text{ kg};$$

hierauf folgt aus dem auf dem Träger stehenden, 38 cm starken Pfeiler eine Last von 27 kg bis zum Fenster, d. h. auf $\frac{1,00 - 0,38 - 0,50}{2} = 0,06 \text{ m}$ Länge;

weiter folgt in der Fensterkante aus der Fensterübermauerung eine Einzellaft von $\frac{0,50 \cdot 0,25}{2} (4,20 - 0,75 - 2,60) 1700 = 90 \text{ kg}$; alsdann aus der Fensterbrüstung auf 50 cm Länge, wie oben, 3,2 kg Last auf 1 cm; hierauf in der Fensterkante die Einzellaft der Fensterübermauerung mit 90 kg, und schließlich wieder aus der $\frac{1,00 - 0,38 - 0,50}{2} = 0,06 \text{ m}$

breiten Vorlage im Anschlusse an die Wand eine Last von 27 kg für 1 cm.

Das Biegemoment in der Vorderkante der Wand ist somit

$$M = (1421 + 515) 81 + 27 \cdot 6 \left(81 - \frac{38}{2} - \frac{6}{2} \right) + 90 (6 + 50) + 3,2 \cdot 50 \left(\frac{50}{2} + 6 \right) + 90 \cdot 6 + 27 \cdot 6 \frac{6}{2} = 177400 \text{ cmkg.}$$

Die Querkraft V in der Wandfläche beträgt

$$V = 1421 + 515 + 2 \cdot 6 \cdot 27 + 2 \cdot 90 + 50 \cdot 3,2 = 2600 \text{ kg.}$$

Dieser Wert wird später bei der Berechnung der Auflagerung solcher einseitig eingemauerter Träger zur Geltung kommen. (Vergl. Kap. 7, unter c.)

Fig. 598.

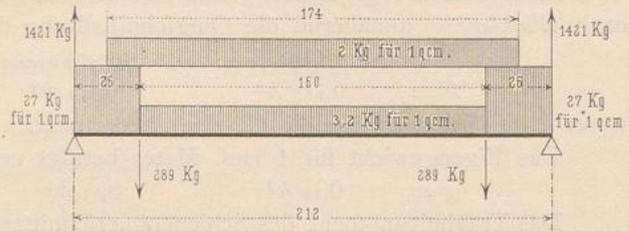
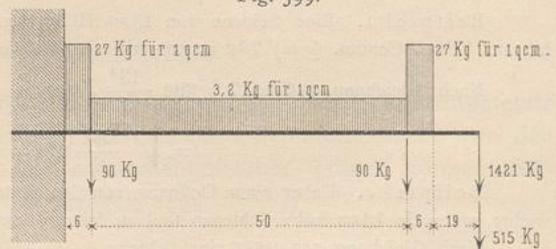


Fig. 599.



Werden hier je n Schienen von 13 cm Höhe ausgekragt, so ist das s -fache Widerstandsmoment bei einer Beanspruchung von $s = 700$ kg für 1 qcm nach Gleichung 245: $n \cdot 0,07 \cdot 13^3 \cdot 700 = 107653 n$. Demnach folgt aus $107653 n = M = 177400$ die Zahl der Schienen $n = 2$.

Somit hat der Eisenrahmen in den auskragenden Teilen aus je zwei 13 cm hohen Schienen, über deren Enden zwei 8 cm hohe Schienen zum Tragen der Vorderwand gestreckt sind, zu bestehen; erstere können, falls niedrigere Schienen vorhanden sind, etwas leichter gewählt werden. Die Lagerung der in die Wand gesteckten Schienenpaare wird später (in Kap. 7, unter c) erörtert werden.

2) Walzeisen als Träger.

Solche Träger werden hauptsächlich als Belag-, **C**-, **Z**- und **I**-Eisen hergestellt; für die Querschnittsform dieser Formeisen sind die »Deutschen Normalprofile für Walzeisen« maßgebend, welche in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abchn. 1, Kap. 6) dieses »Handbuches« mitgeteilt sind; die betreffenden Tabellen enthalten neben den Querschnittsabmessungen auch die zur Berechnung notwendigen Angaben über die Lage des Schwerpunktes und die Größe der Widerstands- und der Trägheitsmomente.

Einige Beispiele mögen die Anwendung jener Tabellen unter Benutzung der früher entwickelten Formeln erläutern.

Beispiel 1. Ein I-Träger sei nach Fig. 600 durch die Einzellasten P_1 und P_2 , sowie durch die gleichförmig verteilte Last von 3,5 kg auf 1 cm der Länge belastet. Der Auflagerdruck beträgt¹³⁵⁾

$$D_0 = \frac{3,5 \cdot 800}{2} + \frac{1200(260 + 290) + 1800 \cdot 290}{800} = 2878 \text{ kg.}$$

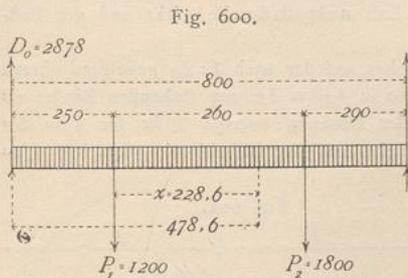


Fig. 600.

Das größte Angriffsmoment liegt da, wo die Summe der Querkräfte gleich Null ist. Man findet diese Stelle am einfachsten durch allmähliches Abziehen der Lasten vom Auflagerdrucke von links oder rechts her.

Zieht man zunächst von $D_0 = 2878$ das Produkt $250 \cdot 3,5 = 875$ ab, so bleibt ein Rest von 2003; $P_1 = 1200$ hiervon abgezogen giebt als Rest 803. Das Produkt $260 \cdot 3,5 = 910$ ist schon größer, als der letzte Rest, so daß die gesuchte Stelle zwischen P_1 und P_2 liegen muß, und zwar von P_1 um eine Strecke x entfernt, welche aus der Beziehung $x \cdot 3,5 = 803$ mit $x = 228,6$ cm folgt.

Für diese Stelle, die also $250 + 228,6 = 478,6$ cm vom linken Auflager entfernt liegt, ist das Moment¹³⁶⁾

$$M_{max} = 2878 \cdot 478,6 - 478,6 \cdot 3,5 \frac{478,6}{2} - 1200 \cdot 228,6 = 702024 \text{ cmkg.}$$

Der Wert $\frac{\gamma}{e}$ oder das fog. Widerstandsmoment des Trägers ergibt sich¹³⁷⁾ bei einer zulässigen Spannung von 1000 kg für 1 qcm aus der Gleichung

$$\frac{M}{s} = \frac{702024}{1000} = \frac{\gamma}{e} = 702 \text{ (auf Centim. bezogen),}$$

und es muß daher nach der Tabelle über die Normalprofile von I-Eisen¹³⁸⁾ mindestens Nr. 32 mit dem Widerstandsmoment $\frac{\gamma}{e} = 788,9$ gewählt werden.

Beispiel 2. Ein 5,1 m tiefer Kellerraum soll in der Weise eingedeckt werden, daß in 3,25 m Teilung I-Träger gestreckt und zwischen diesen Kappen von 1/2 Stein, in den Kämpfern 1 Stein Stärke mit Uebermauerung, Bettung, Lagerhölzern und Bretterfußboden eingewölbt werden. Das Gewicht, welches diese Kappen für 1 cm auf den Träger übertragen, beträgt 20,5 kg, einschl. des schätzungsweise festgelegten Eigengewichtes des Trägers. Wird eine der beiden anschließenden Kappen mit 250 kg für 1 qm belastet,

¹³⁵⁾ Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Gleichung 162, S. 326).

¹³⁶⁾ Nach ebendaf. (S. 328; 2. Aufl.: S. 128; 3. Aufl.: S. 76).

¹³⁷⁾ Nach ebendaf. (Gleichung 36, S. 262; 2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65; 3. Aufl.: Gleichung 58, S. 76).

¹³⁸⁾ In Teil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuches« (S. 198; 2. Aufl.: S. 251).

314.
Grundlagen
der
Berechnung.

315.
Beispiele.

so überträgt sie auf den Träger noch $0,01 \cdot 3,25 \cdot 250 \cdot 0,5 = 4,1$ kg für 1 lauf. Centim.; außerdem erhält 1 cm des Trägers aber aus dem stärkeren Schube der belasteten Kappe gegenüber der unbelasteten eine wagrechte Belastung von $1,2$ kg für 1 qcm.

Der Träger wird an jedem Ende 35 cm lang in die Wand gesteckt, so dafs die Stützweite $510 + 35 = 545$ cm beträgt.

In der Mitte ist fönach das Biegemoment

$$\text{in lotrechtem Sinne } (20,5 + 4,1) \frac{545^2}{8} = 916000 \text{ cmkg,}$$

$$\text{in wagrechtem Sinne } \dots \dots 1,2 \frac{545^2}{8} = 44500 \text{ cmkg.}$$

Wird zunächst Nr. 36 der »Deutschen Normalprofile für I-Eisen« angenommen, so ergeben sich für dieses die folgenden Spannungen.

Für die wagrechte Schwerachse ist nach der Normaltabelle über I-Eisen $\frac{J}{e} = 1098 \text{ cm}^3$ und für die lotrechte $\frac{J}{e} = \frac{956}{7,15} = 134$ (auf Centim. bezogen).

In den Flanschen ergibt sich aus beiden Beanspruchungen zusammen also die Spannung

$$\sigma = \frac{916000}{1098} + \frac{44500}{134} = 833 + 332 = 1165 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Sind beide anschliessende Kappen voll belastet, so verschwindet die wagrechte Beanspruchung wegen der beiderseits gleichen Schübe; die lotrechte erhöht sich dagegen auf $20,5 + 4,1 + 4,1 = 28,7$ kg für 1 cm. Das lotrechte Biegemoment wird nun $\frac{28,7 \cdot 545^2}{8} = 1065000$ cmkg, und daraus folgt eine Beanspruchung von

$$\frac{1065000}{1098} = 972 \text{ kg für 1 cm.}$$

Diese Spannungen können zugelassen werden, da die Last nicht stofsweise wirkt und die Lastannahmen sehr ungünstige sind.

Beispiel 3¹³⁹⁾. Pfetten von Z-förmigem Querschnitte ruhen auf der nach 1:2,5 geneigten oberen Gurtung eines Dachstuhles in 1,50 m Teilung und sind über die in 4,50 m Teilung stehenden Binder als durchlaufende Gelenkträger hingestreckt. Das Eigengewicht der Deckung betrage 70 kg für 1 qm der Grundfläche, die Schneebelastung 75 kg für 1 qm der Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche rechtwinkelig zu dieser. Der wagrecht gemessene Pfettenabstand beträgt

$$(1,5 \cdot 2,5) : \sqrt{1 + (2,5)^2} = 1,392 \text{ m.}$$

Damit die Momente an den drei Stellen 1, 2 und 3 des durchlaufenden Gelenkträgers (Fig. 601) gleich werden, ist

$$d = \frac{l(\sqrt{2}-1)}{2\sqrt{2}} = 0,1464 l = 0,1464 \cdot 450 = 66,2 \text{ cm}$$

zu machen; dann wird $M_1 = M_2 = M_3 = \frac{q l^2}{16}$ bei der Last q auf 1 cm Länge.

Diese Einheitslast ist für Eigengewicht: $0,01 \cdot 1,392 \cdot 70 = 0,973$ kg für 1 cm;

» » » » Schneelast: $0,01 \cdot 1,392 \cdot 75 = 1,047$ » » » » ;

» » » » Wind: $0,01 \cdot 1,5 \cdot 50 = 0,75$ » » » » ;

fomit beträgt 1) das lotrechte Moment aus Eigenlast: $\frac{0,973 \cdot 450^2}{16} = 12300$ cmkg,

2) » » » » Schnee: $\frac{1,047 \cdot 450^2}{16} = 13250$ cmkg,

3) » zur Dachfläche rechtwinkelige Moment aus Wind: $\frac{0,75 \cdot 450^2}{16} = 9500$ cmkg.

Diese drei Momente sind in Fig. 602 so durch Auftragen im Maßstabe 1 cm = 7500 cmkg vereinigt, dafs man bilden kann aus 1 und 2 das grösste lotrechte Moment $I = 25550$ cmkg, aus 1 und 3 das am weitesten von der Lotrechten abweichende Moment $III = 21300$ cmkg, und aus 1, 2 und 3 das grösste Moment überhaupt $II = 34600$ cmkg.

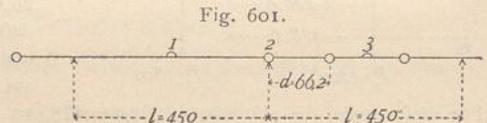


Fig. 601.

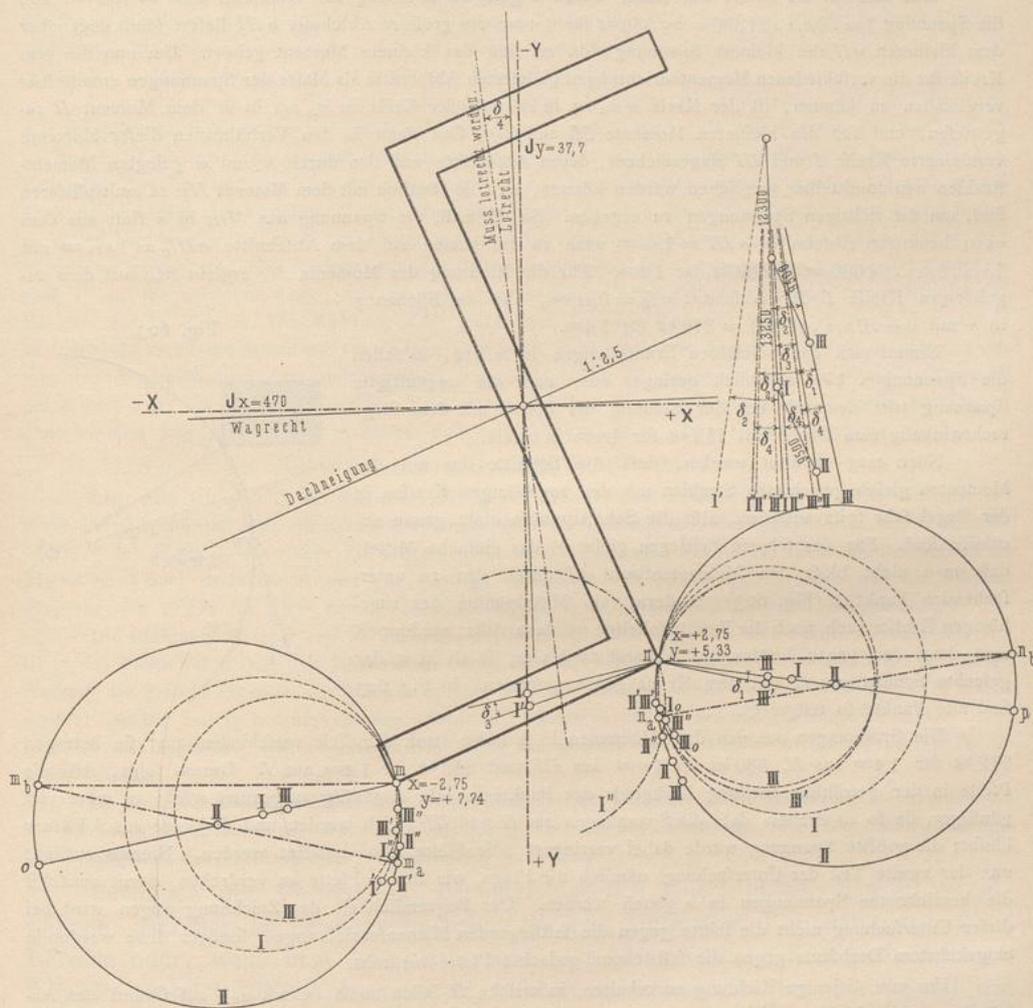
¹³⁹⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447; 1895, S. 169.

Nun soll untersucht werden, welche Spannungen diese Momente in einem mit dem Stege rechtwinkelig zur Dachfläche gestellten Z-Eisen Nr. 12 hervorrufen, dann auch, wie man die Pfette gegen diese Stellung etwa zu verdrehen hat, um sie am günstigsten auszunutzen, d. h. die entstehenden Spannungen möglichst niedrig zu halten.

Die Spannungsermittlung verläuft wie folgt.

Die Z-Pfette Nr. 12 ist in Fig. 602 zunächst rechtwinkelig zur Dachneigung gestellt, und die den Angaben der Normaltabelle entnommenen Hauptachsen X und Y sind eingetragen; die Hauptträgheits-

Fig. 602.



Mafsstab für die Momente: 1 cm = 7500 cm² kg.

Mafsstab für die Größen a und b : 1 cm = 0,015 (auf Centim. bezogen).

momente sind $J_x = 470$ und $J_y = 37,7$ (beide auf Centim. bezogen). Eine der Ecken m oder n wird die gefährdetste sein. Für jede derselben ermittele man die Koordinaten x und y , welche in Fig. 602 beigeschrieben sind, und dann die Größen $a = \frac{y}{J_x}$ und $b = \frac{x}{J_y}$. Es wird

$$a_m = \frac{7,74}{470} = 0,01645 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_m = -\frac{2,75}{37,7} = -0,073 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

$$a_n = \frac{5,33}{470} = 0,01135 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_n = \frac{2,75}{37,7} = +0,073 \text{ (auf Centim. bezogen)}.$$

Trägt man diese Werte a und b nach dem Vorzeichen im Sinne der Achsen X und Y in gleicher Richtung mit diesen vom Punkte n bis n_a und n_b und von m bis m_a und m_b auf, und legt durch die drei Punkte m , m_a , m_b und n , n_a , n_b je einen Kreis, was in Fig. 602 im Maßstabe $1 \text{ cm} = 0,015$ geschehen ist, so kann man die aus verschiedenen Momenten entstehenden Spannungen ablesen, wenn man von n und m aus die Richtung des Moments in den Kreis hineinzieht, z. B. nII für das größte Moment II , den vom Kreise hierauf gebildeten Abschnitt misst; für nII ergibt sich $1,375 \text{ cm}$, also $1,375 \cdot 0,015 = 0,0206$, und das Moment mit diesem Abschnitte multipliziert. Moment II erzeugt daher in n die Spannung $0,0206 \cdot 34600 \text{ cmkg} = 712 \text{ kg}$ für 1 qcm , womit der erste Teil der Aufgabe gelöst ist.

Das Moment III liefert auf seiner durch n gelegten Richtung den Abschnitt $nIII = 1,66 \text{ cm}$, also die Spannung $1,66 \cdot 0,015 \cdot 21300 = \infty 530 \text{ kg}$ für 1 qcm ; der größere Abschnitt $nIII$ liefert somit gegenüber dem kleineren nII die kleinere Spannung, da zu ihm das kleinere Moment gehört. Um nun die vom Kreise für die verschiedenen Momentenrichtungen gelieferten Abschnitte als Masse der Spannungen unmittelbar vergleichen zu können, ist der Kreis $n n_a n_b$ in n und der Kreis $m m_a m_b$ in m dem Moment II zugewiesen, und für die kleineren Momente M_I und M_{III} sind dann in den Verhältnissen dieser Momente verkleinerte Kreise I und III eingezeichnet, deren Abschnitte auf den durch n und m gelegten Momentstrahlen nun unmittelbar verglichen werden können, weil sie sämtlich mit dem Moment M_{II} zu multiplizieren sind, um die richtigen Spannungen zu ergeben. So ist z. B. die Spannung aus M_{III} in n statt aus dem oben benutzten Abschnitte $nIII = 1,66 \text{ cm}$ auch zu entnehmen aus dem Abschnitte $nIII_0 = 1,025 \text{ cm}$ mit $1,025 \cdot 0,015 \cdot 34600 = \infty 530 \text{ kg}$ für 1 qcm . Für die Richtung des Moments M_I ergibt sich auf dem zugehörigen Kreise I der Abschnitt $nI_0 = 0,66 \text{ cm}$, also die Spannung in n mit $0,66 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 342 \text{ kg}$ für 1 qcm .

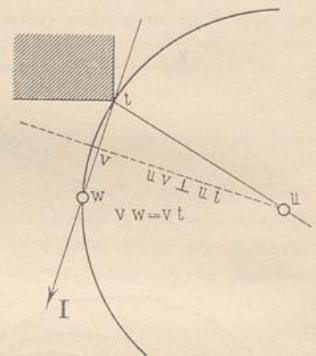
Nimmt man ganz dieselben Ermittlungen in m vor, so fallen die Spannungen hier erheblich geringer aus, und die ungünstigste Spannung tritt demnach bei der Stellung der Pfette mit dem Stege rechtwinkelig zum Dache mit 712 kg für 1 qcm in n ein.

Noch mag erwähnt werden, daß die Schnitte der mit den Momenten gleich gerichteten Strahlen mit den zugehörigen Kreisen in der Regel sehr spitz ausfallen, also die Schnittpunkte nicht genau abzulesen sind. Für das scharfe Festlegen giebt es das einfache Mittel, daß man nicht bloß den Momentenstrahl tI durch den zu untersuchenden Punkt t (Fig. 603), sondern vom Mittelpunkt des zugehörigen Kreises auch noch die Rechtwinkelige uv dazu zieht; verdoppelt man dann den genau bestimmten Abstand tv bis w , so ist in w der gesuchte Schnitt von tI mit dem Kreise genau gefunden. In Fig. 603 sind alle Punkte so festgelegt.

Die Spannungen aus den drei Momenten in n fallen somit sämtlich verschieden aus; sie betragen 712 kg für 1 qcm aus II , 530 kg für 1 qcm aus III und 342 kg für 1 qcm aus I . Daraus folgt, daß die Pfette in der gewählten Stellung bezüglich des Punktes n sehr ungünstig ausgenutzt wird; es wäre viel günstiger, sie so zu drehen, daß die Spannungen aus II und III gleich werden und diejenige aus I kleiner bleibt; die größte Spannung würde dabei verringert, die Pfette also entlastet werden. Hieraus entsteht nun der zweite Teil der Untersuchung, nämlich die Frage, wie ist die Pfette zu verdrehen, damit zunächst die bezeichneten Spannungen in n gleich werden. Der Bequemlichkeit der Zeichnung wegen wird bei dieser Untersuchung nicht die Pfette gegen die festliegenden Momentenrichtungen, sondern diese werden in umgekehrtem Drehsinne gegen die feststehend gedachte Pfette verdreht.

Um nun diejenige Richtung zu erhalten, in welche II fallen muß, damit $\sigma_n II$ auf Grund des Abschnittes in Kreis $II = \sigma_n III$ auf Grund des Abschnittes in Kreis III wird, lege man den Winkel δ_1 zwischen II und III nach der Seite in n an den Durchmesser np an; auf der die Spannungsabschnitte in den Kreisen bisher abgelesen waren, verlege den Mittelpunkt III nach III' auf den anderen Schenkel dieses Winkels und bringe den um diesen neuen Mittelpunkt gefehlagenen Kreis III' mit dem ursprünglichen Kreise II zum Schnitte, der in $II'III'$ fällt. Das genaue Festlegen dieser meist spitzen Kreischnitte geschieht ähnlich, wie oben dasjenige der Spannungstrecken. Die Verbindungslinie von n mit diesem Schnittpunkte giebt die Richtung II' an, in die das Moment II gebracht werden muß, damit II und III in n gleiche Spannungen erzeugen; denn verdreht man nun III um den so für II erhaltenen Winkel δ_2 in die Lage III' , so schneidet diese Richtung gemäß der Entstehung des Punktes $II'III'$ im Kreise III die gleiche Länge ab, wie die Richtung II' im Kreise II , in diesem Falle $0,567 \text{ cm}$, so daß die von II und III in n erzeugten Spannungen beide gleich $0,567 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 294 \text{ kg}$ für 1 qcm betragen, während die

Fig. 603.



Spannung, die von dem um den gleichen Winkel δ_2 nach I' verdrehten Moment I erzeugt wird, kleiner bleibt, in diesem Falle zufällig O ist, weil die Richtung I' , durch n gezogen, den Kreis in n gerade berührt. Hiermit ist also für den Punkt n für sich ein sehr günstiger Spannungsausgleich erzielt, indem man die Pfette gegen die gezeichnete Stellung um den Winkel δ_2 zwischen den Richtungen OII und OII' , aber in umgekehrtem Sinne, mit dem Kopfe nach rechts, verdreht.

Untersucht man nun aber durch Eintragen der drei neuen Richtungen I' , II' und III' in die drei Kreise an m die Spannungen in diesem Punkte, so findet man, daß diese hier ganz wesentlich größer werden; insbesondere erhält man auf der Richtung I' den Abschnitt von 1,36 cm am Kreise I , also die Spannung $1,36 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 706$ kg für 1 qcm aus I' in m , woraus folgt, daß mit dem günstigen Ausgleiche in n allein keine vorteilhafte Pfettenstellung gefunden ist. Man muß den Ausgleich durch Pfettenverdrehung vielmehr so vornehmen, daß die größte Spannung in m der größten in n gleich wird, und die beiden anderen sowohl in m als auch in n kleiner ausfallen.

Dies führt dazu, die Momentenrichtungen gegen die Pfette so einzustellen, daß die Spannung σ_{mI} aus Moment I in m der Spannung σ_{nII} aus II in n gleich wird; die vier Spannungen σ_{mII} , σ_{mIII} , σ_{nI} und σ_{nIII} bleiben dann sämtlich kleiner, und die denkbar günstigste Pfettenstellung ist damit gefunden. Zu diesem Zwecke übertrage man den Durchmesser mo in unveränderter Richtung nach n , oder np ebenso nach m , und trage den zwischen II und I liegenden Winkel δ_3 nach derjenigen Richtung von n oder m aus an diesen Durchmesser an, nach der die ausgleichenden Spannungsabschnitte gemessen waren; in Fig. 602 ist ersteres geschehen. Nun verlege man den Mittelpunkt I von der übertragenen Lage des Durchmessers nach I'' auf die verdrehte Lage, schlage von hier aus einen Kreis I'' und bestimme seinen Schnitt II'' mit dem Kreise II in n . Die Richtung nII'' giebt dann diejenige Richtung II'' an, in welche Moment II zu legen ist, damit die Spannung aus II in n gerade so groß wird, wie diejenige aus I in m ; denn, wenn man nun I'' gegen I mit dem gleichen Winkel δ_4 festlegt, wie II'' gegen II , dann die Strahlstrecke mI'' bei m und nII'' bei n mißt, so müssen diese gleich ausfallen, wie aus der Ermittlung dieser Richtungen ohne weiteres folgt. Beide sind in diesem Falle gleich 1 cm, geben also die Spannungen an:

$$\sigma_{mI} = \sigma_{nII} = 1 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 519 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Legt man schließlich die Richtung III'' gegen III mit dem Winkel δ_4 auch ebenso fest wie II'' gegen II und ermittelt nun mit diesen Richtungen $mII'' = \sigma_{mII}$ und $mIII'' = \sigma_{mIII}$ bei m , $nIII'' = \sigma_{nIII}$ und $nI'' = \sigma_{nI}$ bei n , von denen die letztere nicht mehr eingetragen ist, so sind diese sämtlich kleiner als 519 kg für 1 qcm; demnach ist nun der günstigste Ausgleich der Spannungen erzielt, und die Pfetten-spannung von 712 kg für 1 qcm durch Verdrehen der Pfette auf 519 kg für 1 qcm heruntergebracht.

Die Richtung I'' muß nun als diejenige des Moments I aus Eigenlast und Schnee lotrecht sein; sie ist in die Pfette selbst mit der Bemerkung »muß lotrecht werden« eingetragen, wodurch die endgültige Stellung der Pfette festgelegt ist. Die Pfette muß demnach mit dem Kopfe um den Winkel δ_4 nach rechts gedreht gestellt und so befestigt werden, damit die Punkte m und n , ersterer aus Eigenlast und Schnee, letzterer aus Eigenlast, Schnee und Wind, beide die höchste vorkommende Spannung von 519 kg für 1 qcm erhalten.

Es ist selbstverständlich, daß man die für den Fall zu wählende Pfette schwächer halten kann, da die Spannung weit unter der zulässigen liegt; hier kam es nur darauf an, den Weg der Spannungsermittlung und des Festlegens der Pfettenstellung zu zeigen.

Bezüglich der Verwendung der verschiedenen Querschnittsformen ist zu erwähnen, daß man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger u. f. w.) I-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig seitliche Steifigkeit verlangt, C-Profile wählt. L-Eisen kommen in zusammengesetzten Trägern vorwiegend mit anderen Eisensorten vereinigt vor; L-Träger werden wohl aus zwei Winkelisen gebildet; die ganz schwachen Sorten werden auch für sich allein zu Dachlatten gebildet; die ganz schwachen Sorten werden auch für sich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. Z-Eisen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen, benutzt, und kleine L-Eisen bilden die Träger für die Glas-tafeln kleinerer Decken- und Dachlichter, während die Tafeln großer Glasflächen auf Rinneneisen oder das kleinste Belageisen gelagert werden. Die Belageisen verwendet man auch vielfach zur Herstellung eiserner Decken mit Zement- oder Asphalt-estrich, indem man sie quer über die dann in weiter Teilung angeordneten Balken dicht oder doch nahe aneinander rückt.

316.
Anwendung
der
verschiedenen
Walzeisen.

Diese einfachen Walzprofile durch gegenseitige Vernietung oder Aufnieten von Kopf- und Fußplatten zu verstärken, ist nicht empfehlenswert, weil (vergl. Fig. 465, S. 181) durch die Nietlöcher fast ebenso viel verloren geht, wie man durch die Verstärkung gewinnt.

Die in den Tabellen enthaltenen Normalprofile müssen selbst unter Aufwendung überflüssigen Eisengewichtes durch Wahl zu starker Querschnitte stets beibehalten werden, da das Walzen neuer Profile für bestimmte Zwecke unverhältnismäßig teuer ist.

Die Verwendung der Walzträger ist durchzuführen, solange die Querschnitte für die geforderte Leistung irgend ausreichen, da ihr Preis nur wenig mehr, als die Hälfte desjenigen von zusammengenieteten Trägern beträgt. Ein Teil dieses Gewinnes geht allerdings dadurch wieder verloren, daß man, abgesehen von der meist nicht zu vermeidenden Wahl zu starker Querschnitte überhaupt, bei Walzträgern nicht in der Lage ist, sich der Abnahme der Biegemomente durch Verschwächung des Querschnittes anzuschmiegen.

Uebrigens mag bezüglich der Berechnung noch hervorgehoben werden, daß man sich für manche der hier erwähnten, aus einfachen Walzprofilen zusammengesetzten Querschnitte mit Vorteil der in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angegebenen Steifigkeitsziffern c (siehe Gleichung 188, S. 205) und Schwerpunktsbestimmungen e bedienen kann.

Beispiel. Ein 3,0 m frei liegender Träger, welcher auf 1 cm Länge 8 kg zu tragen hat, soll, der Verbindung mit anderen Konstruktionsteilen wegen, aus zwei ungleichschenkeligen Normal-L-Eisen des Schenkelverhältnisses $1 \times 1,5$ nach Nr. 12 der Zusammenstellung auf S. 207 gebildet werden.

Das Trägheitsmoment ist $\mathcal{I} = 2fh^2c = 2fh^2 \cdot 0,231$ und der Abstand der entferntesten Faser vom Schwerpunkte $e = 1,5h - e_1 = (1,5 - 0,506)h = 0,994h$. Die allgemeine Gleichung $M = \frac{\sigma e}{\mathcal{I}}$ liefert in diesem Falle also, wenn die zulässige Beanspruchung 900 kg für 1 cm beträgt,

$$\frac{8 \cdot 300^2}{8} = \frac{900 \cdot 0,994h}{2fh^2 \cdot 0,231} \quad \text{oder} \quad fh = \frac{2 \cdot 0,231 \cdot 8 \cdot 300^2}{900 \cdot 0,994 \cdot 8} = 46,5.$$

Dem genügt zuerst das Winkelisen $5 \times 7,5 \times 0,9$ mit $fh = 10,44 \cdot 5 = 52,2$; aus zwei solchen ist sonach der Träger zusammenzusetzen.

3) Blechträger.

317.
Querschnitt
und
Konstruktion.

Blechträger werden aus Winkelisen und vollen Blechplatten zusammengesetzt, und zwar fast ausschließlich in I-Form (Fig. 604) oder in Kastenform (Fig. 605); letztere erreicht bei thunlichster Höheneinschränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen starker Mauern, macht aber die Unterhaltung der nur bei sehr großen Trägern zugänglichen Innenflächen in den meisten Fällen unmöglich.

Die Kopf- und Fußplatten läßt man nicht mehr, als um ihre 8fache Dicke über die Winkelisen frei vorragen; sind mehrere da, so werden alle gleich breit gemacht. Die lotrechten Blechwände müssen über allen Auflagern und an den Angriffstellen von Einzellaften durch 1, 2 oder 4 angenietete Winkelisen versteift werden, welche entweder gekröpft (Fig. 604 u. 605 rechts) oder beim Einlegen von Füllstreifen (Fig. 604 u. 605 links) gerade gelassen werden.

Fig. 604.

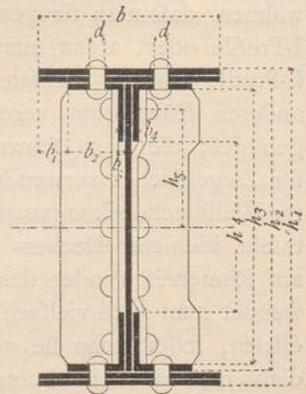
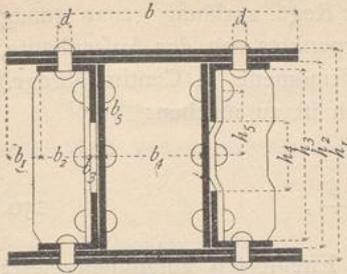


Fig. 605.



Die verwendeten Blechdicken steigen von 6 bis 20 mm; die Größe der einzelnen Tafeln richtet sich nach der Handelsgröße der Bleche, welche in den letzten Jahren durch Vervollkommen des Walzverfahrens so gewachsen ist, daß man selbst vor Blechgrößen von 8 m Länge und 1,50 m Breite nicht zurückzuschrecken braucht; sehr dünne Bleche nimmt man kleiner, da sie sonst zu unhandlich werden. Bezüglich der Verbindung mehrerer Tafeln zu einer großen Blechwand vergl. Art. 236 (S. 177).

Von den »Deutschen Normalprofilen« für Winkeleisen werden vorwiegend die gleichschenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichschenkelige benutzt man mit absteigendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger große Seitensteifigkeit verlangt; sonst werden sie wegen des höheren Preises vermieden.

Die Niete, deren Dicke sich nach der Stärke der verwendeten Eisen (siehe Art. 208, S. 152) richtet, sind in den Winkeleisen nach Fig. 432 bis 436 (S. 160 u. 161) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man früher die Niete der verschiedenen (meist 2) Reihen wohl gegeneinander versetzt. Dies ist indes nach dem in Art. 240 (S. 180) geführten Nachweise verkehrt, weil die schiefe Lochung die Platten mehr schwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleisen stets versetzt (Fig. 607). Die Kopf- und Fußplatten laufen nicht bis zu den Trägerenden, sondern hören da auf, wo der Querschnitt ohne sie für das größte Moment dieser Stelle stark genug ist.

Wirken die Lasten in der lotrechten Mittelachse, so erfolgt die Spannungsermittlung nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (Art. 298, S. 262¹⁴⁰), bei schiefer Beanspruchung nach Art. 324 (S. 282) und den obigen Beispielen 2 und 3 (S. 247 u. 248) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerachse gebraucht. Dasselbe beträgt nach Fig. 604 für I-förmige Träger¹⁴¹)

$$J = (b - 2d) \frac{h_1^3}{12} - 2b_1 \frac{h_2^3}{12} - 2(b_2 - d) \frac{h_3^3}{12} - 2b_3 \frac{h_4^3}{12}; \quad . \quad . \quad 248.$$

fehlen die Kopf- und Fußplatten, so sind die Niete in den lotrechten Winkelschenkeln nach dem Ansatz $-2b_4 d h_5^2$ in Abzug zu bringen.

Für Kastenträger nach Fig. 605 beträgt das Trägheitsmoment

$$J = (b - 2d) \frac{h_1^3}{12} - (2b_1 + b_4) \frac{h_2^3}{12} - 2(b_2 - d) \frac{h_3^3}{12} - 2b_3 \frac{h_4^3}{12}; \quad . \quad 249.$$

fehlen hier die Platten, so ist der Nietabzug für die Niete in den Blechwänden $-2 \cdot 2 d b_5 h_5^2$.

In die Formeln für die Spannungen sind die Trägheitsmomente einzuführen, zu deren Berechnung man den Querschnitt zunächst annehmen muß. Die Querschnitte müssen also durch Versuch festgestellt werden.

Auf diesem Wege ist die Querschnittsbestimmung zeitraubend. Es empfiehlt sich daher, zunächst Näherungsformeln zu verwenden und ihr Ergebnis dann in entsprechender Weise zu berichtigen. Solche Näherungsformeln sind die folgenden.

¹⁴⁰) 2. Aufl.: Art. 88, S. 65; 3. Aufl.: Art. 97, S. 76.

¹⁴¹) Vergl. auch: ZIMMERMANN. Tabellen für Trägheitsmomente von Blechträgern. Berlin.

Es bezeichnen h die ganze Trägerhöhe (in Centim.), f den Querschnitt einer Gurtung ohne Blechwand (in Quadr.-Centim.), a (in der Regel vorläufig genau genug mit 3 cm anzunehmen) den Abstand des Gurtungsschwerpunktes von der Aufsenkante, s die zulässige Beanspruchung für 1 qcm, M das Angriffsmoment (in Centim.-Kilogr.) und δ die Dicke der Blechwand (in Centim.). Alsdann ist zu machen:

1) wenn die Trägerhöhe h vorgeschrieben ist,

$$f = \frac{M}{s(h-2a)} - \frac{(h-2a)\delta}{6}, \dots \dots \dots 250.$$

2) oder wenn f aus bestimmt vorgeschriebenen Eifenforten zusammengesetzt werden soll, daher als gegeben zu betrachten ist,

$$h = \sqrt{\frac{6M}{s\delta} + \left(\frac{3f}{\delta} + a\right)^2} - \left(\frac{3f}{\delta} - a\right). \dots \dots \dots 251.$$

Nachdem der Trägerquerschnitt hiernach ausgebildet ist, berechne man sein Trägheitsmoment \mathcal{I} nach Gleichung 248 oder 249, daraus $\frac{2\mathcal{I}}{h}$; und ebenso ermittle man die Gröfse $\frac{M}{s}$. Beide sollten gleich sein, werden aber in der Regel nicht gleich werden, weil die Gleichungen 248 u. 249 nur annähernd richtig sind.

Man bilde nun den Unterschied $\Delta = \frac{M}{s} - \frac{2\mathcal{I}}{h}$, wobei auf das Vorzeichen besonders acht zu geben ist, und führe nun eine der folgenden Berichtigungsrechnungen durch.

1) Kopfplatten sind nicht vorhanden. Die Berichtigung erfolgt dann durch Aenderung der Trägerhöhe h um

$$x_h = \left[-\left(\frac{h}{2} - a\right) + \sqrt{\frac{3\Delta h}{2(6f + \delta h)} + \left(\frac{h}{2} - a\right)^2} \right] 2. \dots \dots \dots 252.$$

2) Kopfplatten der Gesamtdicke δ_1 sind auf jeder Gurtung vorhanden. Die Berichtigung erfolgt alsdann durch Aenderung der Kopfplattenbreite b um

$$x_b = \frac{\Delta h}{\delta_1(h - \delta_1)^2} \dots \dots \dots 253.$$

319.
Beispiele.

Beispiel 1. Ein Träger von 10 m Länge trägt, aufser 5 kg gleichmäfsig verteilter Last auf 1 cm, in der Mitte noch eine Einzellaft von 30000 kg. Der Träger soll I-förmig, 80 cm hoch, für $s = 900$ kg auf 1 qcm und mit $d = 1$ cm starker Blechwand ausgebildet werden. Das Biegemoment ist

$$M = \frac{5 \cdot 1000^2}{8} + \frac{30000 \cdot 1000}{4} = 8125000 \text{ cmkg.}$$

Wird der Abstand a des Schwerpunktes einer Gurtung von ihrer Aufsenkante vorläufig schätzungsweise mit $a = 3$ cm eingeführt, so ist nach Gleichung 250

$$f = \frac{8125000}{900(80 - 2 \cdot 3)} - \frac{(80 - 2 \cdot 3)1}{6} = 122 - 12,4 = 109,6 = \infty 110 \text{ qcm.}$$

2 L-Eifen von $10 \times 10 \times 1,2$ Querschnitt geben nach Abzug eines $2,5$ cm-Nietloches

$$2(10 + 8,8 - 2,5)1,2 = 39,2 \text{ qcm,}$$

3 Kopfplatten von 29×1 Querschnitt $3 \cdot 1(29 - 2 \cdot 2,5) = 72$ »

zusammen 111,2 qcm.

Für Gleichung 248 wird nunmehr bei diesem Querschnitte $h_1 = 80$ cm; $h_2 = 80 - 6 = 74$ cm; $h_3 = 80 - 8,4 = 71,6$ cm; $h_4 = 80 - 2 \cdot 13 = 54$ cm; $b = 29$ cm; $b_1 = \frac{29 - 21}{2} = 4$ cm; $b_2 = 8,8$ cm; $b_3 = 1,2$ cm, $b_4 = 3,4$ cm, und $d = 2,5$ cm; somit

$$\mathcal{F} = (29 - 2 \cdot 2,5) \frac{80^3}{12} - 2 \cdot 4 \frac{74^3}{12} - 2 (8,8 - 2,5) \frac{71,6^3}{12} - 2 \cdot 1,2 \frac{54^3}{12} = 336943;$$

daher

$$\frac{2\mathcal{F}}{h} = \frac{2 \cdot 336943}{80} = 8423.$$

Dagegen ist $\frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028$; somit $\Delta = 9028 - 8423 = +605$. Die Berichtigung erfolgt durch Verbreiterung der Kopfplatten nach Gleichung 253 um

$$x_b = \frac{605 \cdot 80}{3(80 - 3)^2} = 2,7 \text{ cm},$$

so dass die Kopfplatten $29 + 2,7 = 31,7$ cm breit zu machen sind. Rechnet man hierfür das Trägheitsmoment nochmals genau nach, so ergibt dies genau die Spannung von 900 kg für 1 cm.

Beispiel 2. Der vorstehend angegebene Träger soll in Kastenquerschnitt mit Gurtungen aus 2 Platten von 40×1 cm Querschnitt und 2 L-Eisen von $11 \times 11 \times 1$ cm Querschnitt nach Fig. 605 ausgebildet werden; wie groß ist die Höhe zu machen? Der Nietdurchmesser ist $d = 2$ cm.

$$2 \text{ Winkelisen } 11 \times 11 \times 1 \text{ geben } 2(11 + 10 - 2) \cdot 1 = 38,$$

$$2 \text{ Platten } \dots 40 \times 1 \quad \cdot \quad 2(40 - 2 \cdot 2) \cdot 1 = 72;$$

$$\text{also ist } f = 110 \text{ qcm.}$$

Nach Gleichung 251 folgt, wenn a wieder mit 3 cm eingeführt wird,

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 8125000}{900 \cdot 2} + \left(\frac{3 \cdot 110}{2} + 3\right)^2} - \left(\frac{3 \cdot 110}{2} - 3\right) = 73,2 = \infty 74 \text{ cm},$$

da für zwei Wände $\delta = 2$ cm ist.

Für Benutzung der Gleichung 249 bestimmt sich in Bezug auf Fig. 605: $b - 2d = 40 - 4 = 36$; $2b_1 + b_4 = 40 - 2(11 + 1) = 16$ cm; $b_2 - d = 10 - 2 = 8$ cm; $b_3 = 1$ cm; $h_1 = 74$ cm; $h_2 = 70$ cm; $h_3 = 68$ cm, und $h_4 = 48$ cm; also nach Gleichung 249

$$\mathcal{F} = 36 \frac{74^3}{12} - 16 \frac{70^3}{12} - 2 \cdot 8 \frac{68^3}{12} - 2 \cdot 1 \frac{48^3}{12} = 320664 \text{ und}$$

$$\frac{2\mathcal{F}}{h} = \frac{2 \cdot 320664}{74} = 8667 \text{ cm}; \quad \frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028; \quad \Delta = 9028 - 8667 = +361.$$

Die Berichtigung ist nach Gleichung 252 einzuführen mit

$$x_h = \left[-\left(\frac{74}{2} - 3\right) + \sqrt{\frac{3 \cdot 361 \cdot 74}{2(6 \cdot 110 + 2 \cdot 74)} + \left(\frac{74}{2} - 3\right)^2} \right] 2 = \infty 1,5 \text{ cm}.$$

Der Träger ist also $74 + 1,5 = 75,5$ cm hoch zu machen. Nochmaliges Nachrechnen von \mathcal{F} auf Grund dieser Höhe ergibt eine genaue Spannung von 913 kg; es empfiehlt sich also, die Höhe mit 76 cm auszuführen, was übrigens so wie so geschehen würde.

Ein wesentlicher Vorteil der zusammengesetzten Träger liegt in der Möglichkeit, den Querschnitt durch Weglassen einzelner Gurtungsteile der Abnahme des Biegemoments entsprechend verschwächen zu können.

Diese Verschwächung erfolgt regelmässig durch Weglassen der Kopfplatten, die übrigen Teile: Wand und Gurtungswinkel, laufen unverändert durch. Die Stelle, an welcher eine bestimmte Kopfplatte aufhören kann, ist folgendermassen festzulegen.

Man berechne das Trägheitsmoment \mathcal{F} , welches der Träger nach Weglassen der fraglichen Platte noch behält, und daraus das zugehörige Widerstandsmoment $\frac{\mathcal{F}}{e}$. Dann stelle man die allgemeine Formel für das Angriffsmoment für den um x vom Lager entfernten Querschnitt M_x auf und setze $\frac{M_x}{s} = \frac{\mathcal{F}}{e}$, wodurch man eine Gleichung mit der einzigen Unbekannten x erhält. Die Platte muss dann über die so festgelegte Stelle hinaus nach dem Auflager zu noch um so viel verlängert werden, dass ein Befestigungsniet in der regelmässigen Teilung ausserhalb des theoretischen Plattenanfangs Platz findet.

320.
Veränderung
des
Querschnittes.

Beispiel. Um die Stelle für den im obigen Beispiele 1 (S. 254) festgelegten I-Träger zu berechnen, wo die innerste Gurtungsplatte aufhören darf, ist zunächst das Trägheitsmoment für den bloß aus Wand und Winkleisen bestehenden Querschnitt wegen des nun veränderten Nietabzuges neu aufzustellen. Es beträgt (Fig. 606) nach Gleichung 248

$$J = 21 \frac{74^3}{12} - 2 \cdot 8,8 \frac{71,6^3}{12} - 2 \cdot 1,2 \frac{54^3}{12} - 2 \cdot 2,5 \cdot 3,4 \cdot 32^3 = 121892.$$

Der Auflagerdruck des fraglichen Trägers ist $\frac{30000}{2} + \frac{5 \cdot 1000}{2} = 17500$ kg; somit das Biegemoment an der um x vom Lager entfernten Stelle

$$M_x = 17500 x - \frac{5 x \cdot x}{2}.$$

Die Gleichung für die Abseife des theoretischen Endes der letzten Platte ist also

$$17500 x - \frac{5 x^2}{2} = \frac{900 \cdot 121892 \cdot 2}{74}$$

und giebt $x = 175$ cm. Ueber den Punkt, welcher 175 cm von Auflagermitte entfernt ist, muß also die letzte Platte noch so weit nach dem Lager zu hinausgeführt werden, daß sie außerhalb dieser Stelle noch von einer Nietreihe in der regelmäßigen Teilung gefast wird.

321.
Anordnung
der
Niete.

Die Nietteilung der Winkleisen ergibt sich nach Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 329 (S. 289¹⁴²) aus den von den lotrechten Querkräften hervorgerufenen Scherspannungen zwischen Winkleisen und Blechwand, muß jedoch nur bei niedrigen Trägern berechnet werden.

Bei gewöhnlichen Trägern wird man innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben, wenn man die Teilung etwa gleich $6d$ macht. Die Teilung wird theoretisch in den lotrechten Winkelschenkeln und der Wand enger, als in den wagrechten und den Platten. Wenn man also die für die lotrechten Schenkel berechnete Teilung durch Verzetzen der Niete auf die wagrechten überträgt, so hat man jedenfalls stark genug konstruiert.

Soll die Wand für sehr hohe Träger aus zwei Blechtafeln übereinander zusammengefaßt werden, so ergibt sich die Lafschung der wagrechten Fuge gleichfalls nach dem eben genannten Artikel und den im vorhergehenden (Art. 189 bis 218, S. 141 u. 159) gegebenen Regeln; diese Anordnung ist jedoch höchst selten.

Die Verlaschung von Gurtungsteilen ist zu berechnen, indem man ihren Querschnitt abzüglich der Nietlöcher als mit der in der obersten Faser zugelassenen Spannung voll beansprucht betrachtet und die Nietung auf die so ermittelte Kraftgröße einrichtet. Bezüglich der Form dieser Lafschungen sind Fig. 432 bis 435, 466 u. 467 maßgebend.

Häufig kommen Stöße der Blechwand in lotrechter Fuge vor, deren genaue Berechnung für die oberen und unteren Teile enge, für die Mitte weite Teilung der Niete ergeben würde. In der Praxis berechnet und bemißt man diese Verlaschung mit unveränderlicher Nietteilung nach den in Art. 236 (S. 177) gegebenen Regeln, sowie nach den in Art. 217 u. 218 (S. 159) gegebenen über die Nietstellung in doppelten Verlaschungen.

Beispiel. Wäre in dem in den obigen Beispielen zweimal behandelten Träger in Fig. 606 eine doppelte Verlaschung der Wand auszuführen an einer Stelle, wo die Spannung wegen Abnahme des Moments

¹⁴² 2. Aufl.: Art. 104 (S. 78); 3. Aufl.: Art. 120 (S. 104).

Fig. 606.

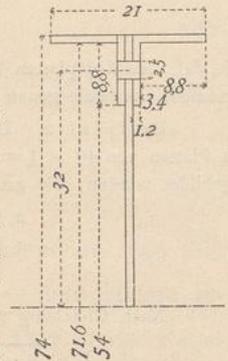
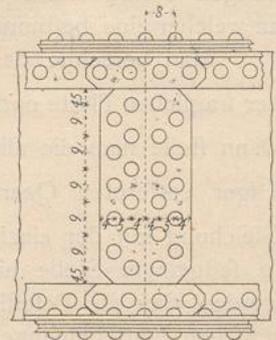


Fig. 607.



nur noch 700 kg für 1 qcm in der Kante der Wand beträgt, so wäre mit Bezug auf Gleichung 174 (S. 177) und Gleichung 175 (S. 178) $s' = 700$, die Tragfähigkeit eines Nietes von 2,5 cm Durchmesser auf Abföherung $2 \frac{2,5^2 \pi}{4} 700 = 6860$ kg, für $s' = 700$ kg auf 1 qcm, und auf Laibungsdruck in der $\delta = 1$ cm starken Wand $2,5 \cdot 1 \cdot 1400 = 3500$ kg; somit $k = 3500$ kg, $h = 74$ cm, $h_1 = 74 - 2 \cdot 5 = 64$ cm, und es ergibt sich die Nietzahl zu

$$n = \frac{1}{2} \left[\frac{700 \cdot 1 \cdot 74^2}{3500 \cdot 64} - 1 + \sqrt{\left(\frac{700 \cdot 1 \cdot 74^2}{3500 \cdot 64} - 1 \right)^2 - 8} \right] = \infty 16.$$

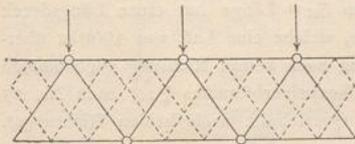
Somit ist eine zweireihige Nietung nötig, da die 16 Niete nicht in einer Reihe Platz haben. Um die Reihen versetzen zu können, ist mit Rückficht auf die vollständige Vernachlässigung der Reibung die Zahl auf 15 beschränkt, und die beiden Reihen von 8 und 7 Niete sind dann etwa wie in Fig. 607 dargestellt anzuordnen. Dabei verbleiben überall die durch die Regeln über die zweireihige doppelte Verlastung in Art. 217 (S. 159) verlangten Abstände.

4) Gitterträger.

Gitterträger kommen an Stelle der Blechträger in Anwendung, wenn der Trägerquerschnitt hoch wird, oder wenn das schwere Aussehen der vollen Wand vermieden werden soll. Man verwendet sie aber auch sehr häufig dann, wenn es sich um die Aufnahme einer regelmässigen Reihe von Einzellasten (Balken einer Balkenlage) handelt.

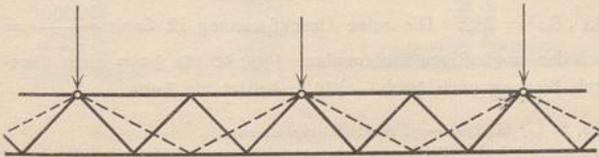
Die gedrückte Gurtung muss so steif sein, dass sie zwischen zwei Knotenpunkten nicht lotrecht und im Ganzen nicht wagrecht ausknickt; in letzterer Beziehung ist sie häufig durch anderweitige Bauteile versteift. Die Entfernung der Knotenpunkte ist demnach höchstens gleich der Länge l_1 eines auf Zerknicken in Anspruch genommenen Stabes zu wählen, welche aus Gleichung 190 in Art. 283 (S. 205) bei m -facher Sicherheit ($m = 5$) folgt, wenn darin E die Elastizitätsziffer bezeichnet und wenn P der Druckkraft in der Gurtung und \mathcal{I} dem kleinsten Trägheitsmoment des Gurtungsquerschnittes gleich gesetzt wird. Dabei sind die ganze Gurtungskraft und das Trägheitsmoment des ganzen Querschnittes einzuföhren, wenn die Teile der Gurtung durch Nietung zu einem Ganzen verbunden sind. Sind sie voneinander getrennt (z. B. 2 Winkeleisen mit Schlitz), so ist für jeden einzelnen der auf ihn kommende Teil der Gurtungspresskraft und sein kleinstes Trägheitsmoment einzuföhren.

Fig. 608.



Die Gitterstäbe sollen mindestens etwa 30 Grad gegen die Wagrechte geneigt sein. Ist also die Lastteilung mit Rückficht auf Zerknicken als Knotenteilung zulässig, und bleiben die Stäbe dabei steiler als 30 Grad, so wird nur ein Dreiecksnetz von Gitterstäben eingeföhgt (Fig. 608); kommen dabei aber die Stäbe flacher zu liegen, als 30 Grad, so hat man noch Knotenpunkte zwischen die Lastpunkte einzulegen (Fig. 609). Liegen dagegen die Lastpunkte bei grosser Trägerhöhe eng, so reicht häufig ein Stab noch über den nächsten Lastpunkt hinaus, und man kommt dann zum mehrfachen Gitterwerke (Fig. 610).

Fig. 609.



Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

322.
Anwendung
und
Gestaltung.

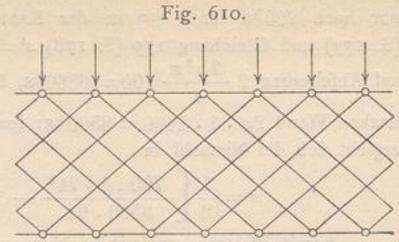
Das Gitterwerk ist r -fach,

wenn ein Wandglied $\frac{r}{2}$ Knotenteilungen unterspannt. Sind die Gitterstäbe schwach ausgebildet (Bandeisen), so legt man

zu ihrer gegenseitigen Verfeinerung auch dann mehrfaches Gitterwerk ein, wenn es nicht durch das Verhältnis der Lastknotenentfernung zur Trägerhöhe bedingt ist (in Fig. 608 gestrichelt).

323.
Gurtungen.

Für die rechnerische, bzw. zeichnerische Ermittlung der Spannkkräfte in den Gurtungen und Gitterstäben der Parallelträger ist in Teil I, Band I, zweite Hälfte (Abt. II, Abchn. 2, Kap. 2, b: Innere Kräfte der Gitterträger, S. 338 bis 359¹⁴³) dieses »Handbuches« das Erforderliche zu finden.



Der Querschnitt f der Gurtung ergibt sich aus dem Angriffsmoment an der untersuchten Stelle, wenn h die Höhe zwischen den Gurtungsschwerpunkten und s' die zulässige Spannung bezeichnet, aus den Gleichungen 194 u. 195 (S. 343¹⁴⁴) des eben genannten Halbbandes zu

$$f = \frac{M}{s' h} \dots \dots \dots 254.$$

Auch hier können häufig die in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angeführten Steifigkeitszahlen c (siehe Gleichung 188, S. 205) Verwendung finden, namentlich dann, wenn der Träger nicht bloß auf Biegung, sondern, wegen eines vorhandenen Längsdruckes, auch auf Zerknicken zu berechnen ist.

324.
Beispiele.

Beispiel 1. Die Gurtungen eines Gitterträgers, welcher einem Biegemoment von 990 000 cmkg ausgesetzt ist, sollen aus Winkeleisen von $8 \times 8 \times 0,8$ cm Querschnitt gebildet werden; wie hoch ist der Träger zu machen?

Für Nr. 28 der Zusammenstellung auf S. 211 ist $h = 8$, $c = 0,177 + \frac{k}{4}(k - 1,148)$, der Abstand der äußersten Faer $e = \frac{k h}{2}$ und das Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 4 f h^2 c$; somit

$$\mathcal{J} = 4 f h^2 \left[0,177 + \frac{k}{4}(k - 1,148) \right].$$

Darin ist $f = (8 + 7,2) 0,8 = 12,2$ qcm. Die Gleichung $M = \frac{s \mathcal{J}}{e}$ lautet hier, wenn die zulässige Spannung $s = 700$ kg ist,

$$990000 = \frac{700 \cdot 4 \cdot 12,2 \cdot 8^2 \left[0,177 + \frac{k}{4}(k - 1,148) \right] 2}{k \cdot 8},$$

woraus $k = 8,3$. Die Trägerhöhe $k h$ wird also $8 \cdot 8,3 = 66,4$ cm.

Beispiel 2. Ein Feld einer geraden oberen Gurtung von 5,2 m Länge hat einen Längsdruck von 38 000 kg aufzunehmen; außerdem ruht in der Mitte eine Pfette, welche eine Last von 4000 kg überträgt. Die Befestigung an beiden Enden ist derart, daß Einspannung nach keiner Richtung angenommen werden kann. Die Gurtung soll I-förmig aus 4 Winkeleisen des Schenkelverhältnisses 1 : 2 nach Nr. 27 der Zusammenstellung auf S. 211 so hergestellt werden, daß der Querschnitt nach beiden Richtungen voll ausgenutzt wird.

Mit Rücksicht auf seitliches Ausknicken ist der Querschnitt bezüglich der lotrechten Mittelachse nach Gleichung 189 (S. 212) auszubilden, welche bei ($m =$) 5-facher Sicherheit und für $k_1 = 0,34$, also $c = 1,2231$ lautet:

$$4 f h^2 = \frac{5 \cdot 38000 \cdot 520^2}{10 \cdot 2000000 \cdot 1,2231} \quad \text{und} \quad f h^2 = 522.$$

Das leichteste Winkeleisen der bezeichneten Art, das dieser Bedingung genügt hat $6,5 \times 13 \times 1$ cm Querschnitt mit $f = 18,5$, also $f h^2 = 18,5 \cdot 6,5^2 = 782$. Die reine Druckspannung ist somit $\frac{38000}{4 \cdot 18,5} = 514$ kg; soll also die höchste Spannung bei der ungünstigen Lastannahme 1000 kg für 1 qcm nicht überschreiten, so ist die zulässige Spannung durch Biegung noch $1000 - 514 = 486$ kg für 1 qcm.

¹⁴³) 2. Aufl.: Abt. II, Abchn. 3, Kap. 2, b, S. 147 bis 170. — 3. Aufl.: S. 167 bis 203.

¹⁴⁴) 2. Aufl.: Gleichungen 208 u. 209 (S. 156). — 3. Aufl.: Gleichungen 212 u. 213 (S. 175 u. 176).

Die Winkleifen wiegen 14,4 kg für 1 m; daher ist das Trägergewicht für 1 cm, einschl. eines Zuschlages für die Wandausbildung, welche später allgemein besprochen wird, $4 \frac{14,4}{100} + 0,024 = 0,6 \text{ kg}$, fomit das größte Biegemoment in der Mitte bei flacher Lage des Trägers

$$M = \frac{4000 \cdot 520}{4} + \frac{0,6 \cdot 520^2}{8} = 540280 \text{ cmkg.}$$

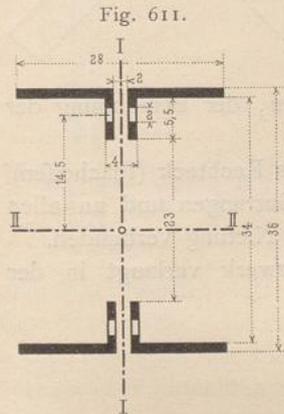
Für die wagrechte Mittelachse sind nun nach Nr. 27 der Zusammenstellung auf S. 212

$$J = 4 \cdot 18,5 \cdot 6,5^2 \left[0,124 + \frac{k}{4} (k - 0,928) \right] \text{ und } e = \frac{k \cdot 6,5}{2};$$

fomit

$$540280 = \frac{486 \cdot 4 \cdot 18,5 \cdot 6,5^2 \left[0,124 + \frac{k}{4} (k - 0,928) \right] 2}{k \cdot 6,5},$$

woraus $k = 5,457$. Die Gurtungshöhe k ist also $5,457 \cdot 6,5 = 35,5 \text{ cm}$ zu wählen. Mit Rücksicht darauf, das bei der Berechnung auf Biegung die Nietlöcher nicht abgezogen sind, soll die Höhe mit 36 cm ausgeführt werden. Die Schlitzweite zwischen den Winkleifen ist $0,34 \cdot 6,5 = 2,2 \text{ cm}$ oder rund 2,0 cm.



Wird hier, wegen Verwendung der Annäherungsformeln, eine Prüfungsrechnung durchgeführt, so ergeben sich mit Bezug auf Fig. 611

$$J_{II} = (28 - 2) \frac{36^3 - 34^3}{12} + 2 \frac{34^3 - 23^3}{12} - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 14,5^2 = 18762,$$

$$\frac{J_{II}}{e} = \frac{18762}{18} = 1042,$$

$$J_{I} = 2 \frac{28^3 - 2^3}{12} + 2 \cdot 5,5 \frac{4^3 - 2^3}{12} = 3708.$$

Die Druckspannung ist ohne Abzug der Nietlöcher $\frac{38000}{4 \cdot 18,5} = 514 \text{ kg}$, die Biegespannung $\frac{540280}{1042} = 518 \text{ kg}$, zusammen 1032 kg für 1 qcm. Die Ueberschreitung über 1000 kg für 1 qcm erklärt sich aus den Nietabzügen; erscheint sie unzulässig, so ist der Querschnitt noch etwas höher zu machen.

Die mit Rücksicht auf seitliches Ausknicken zulässige Druckspannung ist nach Gleichung 187, bzw. 189 (S. 205, bzw. 212)

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 3708}{5 \cdot 520^2} = 54850 \text{ kg (statt 38000 kg).}$$

Die zu hohe Tragfähigkeit erklärt sich daraus, das bei der Auswahl des Winkleifens stark nach oben abgerundet werden mußte, weil die vorhandenen Querschnitte nicht paßten und alle schwächeren zu schwach waren.

Die Querschnittsform der Gurtungen ist in der Regel eine der in Fig. 612 bis 617 dargestellten; die Formen in Fig. 612 u. 613 können mit oder ohne

Fig. 612.



Fig. 613.



Fig. 614.



Fig. 615.



Fig. 616.

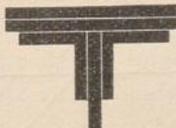
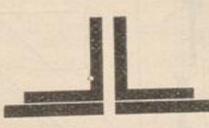


Fig. 617.



lotrechten Mittelschlitz angeordnet werden. Ist die Gurtung in Fig. 614 mit Schlitz versehen und kann Nässe den Träger erreichen, so muß die untere Gurtung die Gestalt von Fig. 617 erhalten, damit sich das Wasser im Schlitz nicht anfammelt.

Das Gitterwerk hat die lotrechten Querkräfte (siehe S. 317 u. ff. im eben genannten Halb-¹⁴⁵⁾bande aufzunehmen; hierbei

325.
Gitterstäbe.

¹⁴⁵⁾ 2. Aufl.: S. 126 u. ff.; 3. Aufl.: S. 143 u. ff.

Fig. 618.

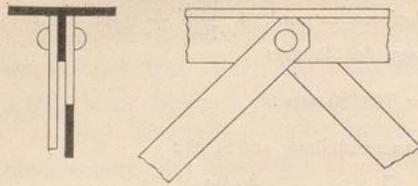


Fig. 619.

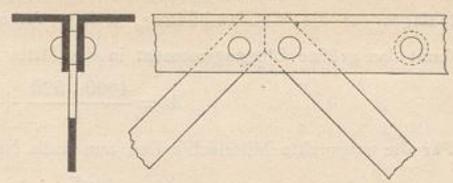
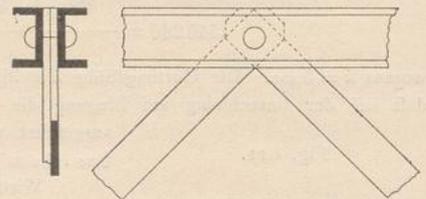


Fig. 620.



kann angenommen werden, daß sich die Querkraft gleichmäßig auf die vom lotrechten Schnitte getroffenen Gitterstäbe verteilt, d. h. bei n -fachem Gitterwerke muß die lotrechte Seitenkraft der Spannkraft eines Stabes dem n -ten Teile der Querkraft gleich sein. Hiernach lassen sich die Stabspannungen leicht berechnen, welche der Berechnung des Anschlusses an die Gurtungen, sowie, wenn sie Druck ergeben, der Berechnung der Stäbe auf Zerknicken zu Grunde zu legen sind.

Der Querschnitt der Gitterstäbe ist bei sehr kurzen das Rechteck (Flacheisen), bei längeren das L-, das E- oder das T-Eisen. Mit den Gurtungen und an allen Kreuzungspunkten unter sich werden die Gitterstäbe durch Nietung verbunden.

a) Der Gitterträger (Parallelträger) mit Flacheisennetzwerk verlangt in der Regel nur einen Niet im Anschlusse an die Gurtung und kann mit oder ohne Schlitz in der letzteren konstruiert sein. In Fig. 618 bis 621 sind Beispiele von Knotenpunktverbindungen solcher Träger dargestellt.

In Fig. 619 sind der enge Schlitz und das Aufgeben des strengen Dreiecksverbandes Mängel. Fig. 621 zeigt die Anordnung einer lotrechten Aussteifung, welche bei Flacheisennetzwerk größerer Träger unter jedem Lastpunkte, sowie über den Auflagern angebracht sein muß.

Die Querschnittsabmessungen solcher Gitterstäbe gehen selten über 1 cm Dicke und 6 bis 8 cm Breite hinaus.

Fig. 621.

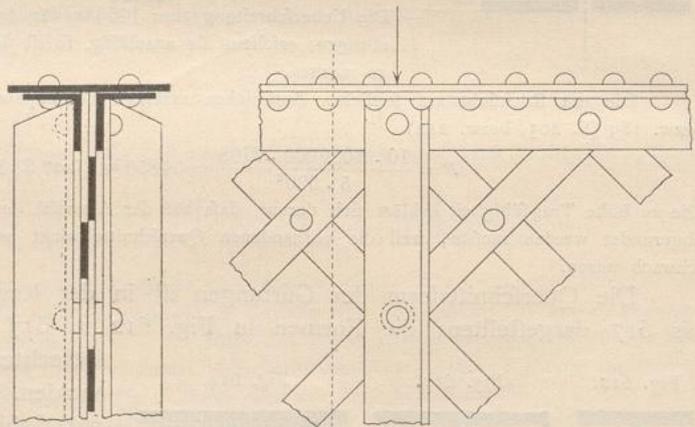


Fig. 622.

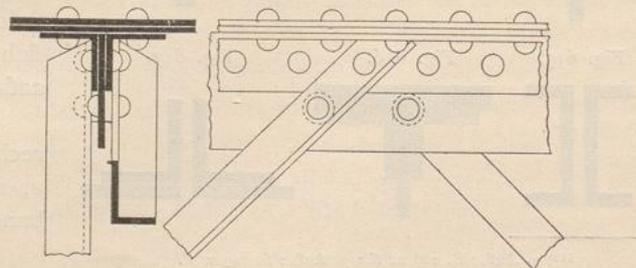


Fig. 623.

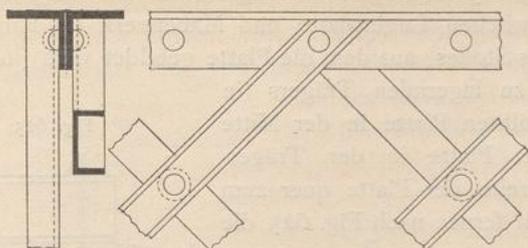
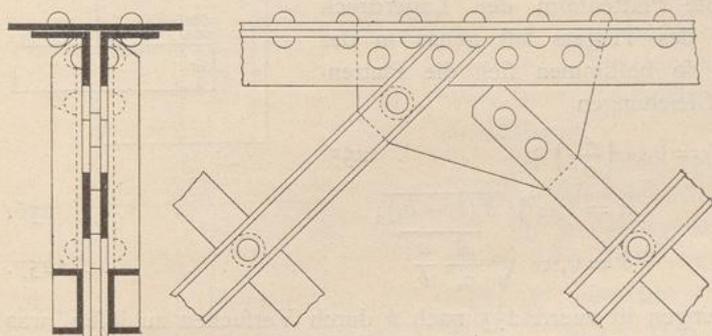


Fig. 624.



und daher werden unter Umständen Knotenbleche erforderlich (Fig. 511, S. 190 u. Fig. 624). Die einfachsten Formen lassen sich aus Fig. 618 bis 621 dadurch ableiten, daß man die Flacheisen durch L- oder C-Eisen ersetzt, dabei aber die etwa vorhandenen lotrechten Steifen wegläßt. Anderweitige Anordnungen zeigen Fig. 622 bis 624. Die gedrückten, von einem gezogenen gekreuzten Gitterstäbe können als im Kreuzungspunkte gegen Zerknicken ausgesteift angesehen werden.

c) Auflager der Träger.

Die Auflager der Träger erfordern in der Regel besondere Vorkehrungen. Die Auflagerflächen der Träger selbst sind gewöhnlich so schmal und, um an Trägerlänge zu sparen, so kurz, daß in der geringen Auflagerfläche der für Mauerwerk zulässige Druck überschritten wird. Die Träger zum Zwecke der Erzielung größerer Lagerflächen zu verlängern, hat keinen Zweck, da der hintere Teil dieser Flächen wegen der Durchbiegung der Träger wenig oder keine Pressung erhält, also nutzlos bleibt. Das nächste Verstärkungsmittel besteht in der Erhöhung der zulässigen Pressung auf die Untermauerung durch Herstellung eines Trägerlagers in Klinkern und Zement, besser in Haufstein. Aber auch dies genügt nur in der Minderzahl der Fälle; meist ist man gezwungen, zwischen Träger und Mauerwerk eine Druckverteilungsplatte aus Gufseisen einzulegen, deren Vorderkante mindestens 3 cm von der Mauerkante abstehen soll, um das höchst gefährliche Verkanten der durchgebogenen Träger und die daraus folgende überwiegende Uebertragung des Lagerdruckes auf die Mauerkante zu verhindern.

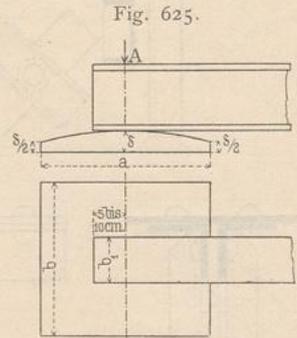
Um den Träger nicht zu lang zu erhalten und die Wand nicht zu sehr zu schwächen, macht man diese Lagerplatten kurz, aber breit. Für möglichst sparsame Ausbildung der Platten an sich ergeben sich die Abmessungen nach folgendem.

β) Der Gitterträger mit steifen Stäben aus L- oder C-Eisen wird bei großen Höhen, wo die Gitterstäbe erheblichen Druckkräften ausgesetzt sind, neuerdings aber überhaupt dem unter α besprochenen vorgezogen; jedoch stellt man auch hier die Stäbe, die nur Zug erhalten können, wohl aus Flacheisen her.

Bei größeren derartigen Trägern genügt für den Anschluß eines Gitterstabes an die Gurtung ein Niet (Fig. 623) nicht mehr,

326.
Druck-
verteilungs-
platten.

Bedeutet A (Fig. 625) den größtmöglichen Lagerdruck (in Kilogr.), σ_1 die zulässige Preßung auf 1 qcm zwischen Lagerplatte und Mauerwerk (in Kilogr.¹⁴⁶), σ_e die zulässige Zugspannung des Stoffes, aus dem die Platte gebildet wird (in Kilogr. für 1 qcm), b_1 die Breite des zu lagernden Trägers (in Centim.), δ die Dicke der gewölbten Platte in der Mitte (in Centim.), a die Länge der Platte in der Träger- richtung (in Centim.), b die Breite der Platte quer zum Träger (in Centim.); macht man ferner nach Fig. 625 die Randstärke der prismatischen Platte gleich $\frac{\delta}{2}$, um durch die entstehende gewölbte Plattenform den Lagerdruck auch bei Durchbiegung des Trägers fast genau in der Plattenmitte zu halten; so bestimmen sich die Platten- abmessungen nach den Gleichungen



$$b^3 (b - b_1) = 0,66 \left(\frac{A}{\sigma_1} \right)^2; \dots \dots \dots 255.$$

$$a = 1,23 \sqrt{b (b - b_1)}; \dots \dots \dots 256.$$

$$\delta = 0,775 \sqrt{\frac{A}{\sigma_e} \frac{a}{b}} \dots \dots \dots 257.$$

Von diesen Gleichungen ist zuerst 255 nach b durch Versuchen zu lösen, was dadurch erleichtert wird, daß man einen zu kleinen Annäherungswert aus

$$b > 0,9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \dots \dots \dots 258.$$

finden kann. Ist b gefunden, so ergeben sich a und δ nach den Gleichungen 256 u. 257.

Beispiel. A sei gleich 30000 kg, σ_1 (für gutes Backsteinmauerwerk) = 8 kg auf 1 qcm, σ_e (für Gufseifen) = 250 kg auf 1 qcm und $b_1 = 20$ cm. Alsdann ist zunächst nach Gleichung 258

$$b > 0,9 \sqrt{\frac{30000}{8}} > 55,2 \text{ cm};$$

die genaue Lösung für b ergibt sich nach Gleichung 255: $b = 61$ cm. Nach Gleichung 256 ist dann

$$a = 1,23 \sqrt{61 (61 - 20)} = 61,5 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 257

$$\delta = 0,775 \sqrt{\frac{30000}{250} \frac{61,5}{61}} = 8,5 \text{ cm}.$$

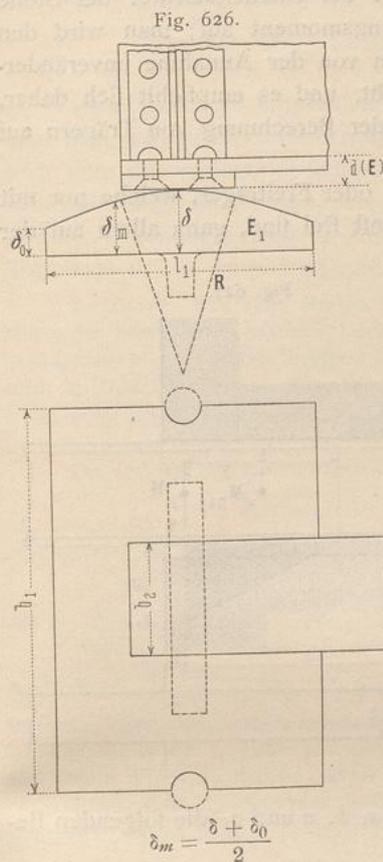
Die Randstärke der Platte ist mit $\frac{\delta}{2} = \frac{8,5}{2} = 4,25$ cm auszuführen.

Ist diese im allgemeinen beste Ausbildung der Platten mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Platz, namentlich in Richtung der Mauerstärke, also der Trägerlänge, nicht durchführbar, so treten die folgenden Regeln ein.

Die Länge l_1 (Fig. 626) verhält sich zur Breite b_1 , wie 1 : 2 bis 3 : 4, oder folgt mit einem feststehenden Werte aus dem in Richtung der Mauerstärke verfügbaren Maße. In der Mitte der Länge macht man die Plattendicke wie bei der oben besprochenen Form größer, als am Vorder- und Hinterrande, um den Auflagerdruck auch bei Durchbiegungen der Träger annähernd in der Plattenmitte zu halten; der Scheitel der so entstehenden Gegenneigungen wird mit dem Halbmesser R abgerundet; die Randstärke beträgt mindestens 1,5 cm. Ist σ_1 die zulässige Preßung für das Mauerwerk, b_2 die Breite des zu unterstützenden Trägers, A der

¹⁴⁶⁾ Vergl. Fußnote 122, S. 229.

größte Auflagerdruck, δ die Plattendicke in der Mitte, δ_m die gemittelte Stärke der Lagerplatte aus Mitte und Rand, b_1 ihre Breite, l_1 ihre Länge, so muß zunächst $\sigma_1 b_1 l_1 = A$ Kilogr. sein; daraus sind b_1 und l_1 zu bestimmen, wenn man ihr Verhältnis oder eine von diesen Größen so annimmt, wie es den Verhältnissen des Falles entspricht; δ und δ_1 ergeben sich aus den Formeln (worin A in Kilogr.)



$$\delta = \left(0,055 \sqrt{A \frac{l_1}{b_1}}\right) \text{ Centim.} \quad . \quad 259.$$

und

$$\delta_m = \left(0,055 \sqrt{A \frac{b_1 - b_2}{l_1}}\right) \text{ Centim.;} \quad 260.$$

aus der angenommenen Randstärke und der gemittelten Plattendicke δ_m folgt ein zweiter Wert für δ ; der größere der beiden Werte δ ist auszuführen.

Die Wölbung gusseiserner Platten kann nach der folgenden Gleichung festgelegt werden.

Ist A der größte Auflagerdruck und b_2 die Breite, mit der der Träger auf der Platte liegt, so berechne man zuerst den Druck $P = \frac{A}{b_2}$ für die Breitereinheit; läßt man dann für Gusseisenplatten eine höchste Pressung von s Kilogr. für 1 qcm im Scheitel der Wölbung zu, ist d die Dicke der auf dem Lager liegenden Platte, also gegebenenfalls die Dicke des Trägerflansches, E die Elastizitätszahl des aufzulagernden Körpers und E_1 diejenige der Gufsplatte; so ist zu machen

$$R = \frac{9 \cdot P^2 \cdot E \cdot E_1}{32 (dE_1 + \delta E) s^3}; \quad . \quad 261.$$

darin kann s für Gusseisen mit 1200 kg für 1 qcm, für Schweisseisen mit 2400 kg für 1 qcm und für Stahl mit 4000 kg für 1 qcm unbedenklich angenommen werden, da es sich nur um eine örtlich sehr beschränkte Spannung handelt.

Das Verlegen der Lagerplatten geschieht bei hohen Pressungen auf Walzblei, gewöhnlich auf Zementmörtel des Mischungsverhältnisses 1 : 2 bis 1 : 3. Um Verschiebungen durch wagrechte Kräfte zu verhindern, gießt man meist Rippen auf die Unterseite der Platte, wie in Fig. 626 angedeutet ist. Die für solche Rippen in die Unterstützung einzuhaudenden Nuten beeinträchtigen aber die Lagerfläche und sind schwer so zu schliessen, daß die Rippen ganz sicher festgelegt werden. Besser ist deshalb das Festschlagen der Platten durch in die Plattenränder eingelassene kreisförmige Dollen, die gleichfalls in Fig. 626 angegeben sind. Im Einzelfalle verwendet man nur eines der beiden Mittel. Bei ausschließlich oder nahezu ausschließlich lotrecht belasteten Platten bleiben Rippen und Dollen am besten beide weg.

Die Einspannung der Träger in den Auflagern, d. h. das Erzwingen unverändert wagrechter Lage der Enden der Mittellinie auch bei Durchbiegungen, bietet bekanntlich ein Mittel, die Träger in den gefährlichen Mittelquerchnitten zu entlasten;

327.
Festlegung
der
Lagerplatten.

328.
Einspannung
der
Träger.

bei Trägern auf zwei oder mehr Stützen ist jedoch diese Endeinspannung nicht zu erreichen, weil die Nachgiebigkeit der Wände, wie diejenige des Trägers groß genug ist, um auch ganz eingemauerten Trägern das geringe Maß von Verdrehung zu gestatten, welches von der Durchbiegung bedingt wird. Selbstverständlich tritt beim eingemauerten Träger stets ein gewisses, von der Elastizitätsziffer der Stoffe der Wand und des Trägers abhängiges Einspannungsmoment auf; man wird den Träger aber stets zu schwach berechnen, wenn man von der Annahme unveränderlicher Lage der Mittellinie in den Auflagern ausgeht, und es empfiehlt sich daher, von der Berücksichtigung der Endeinspannung bei der Berechnung von Trägern auf mehreren Stützen ganz abzusehen¹⁴⁷⁾.

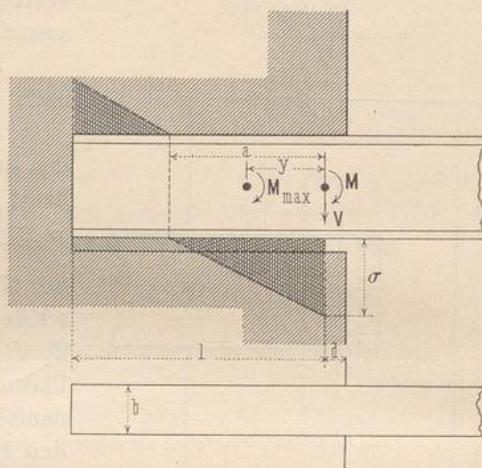
Dagegen beruht die Standfestigkeit der Krag- oder Freitragler, welche nur mit einem Ende in einer starken Mauer eingespannt, sonst frei sind, ganz allein auf der Einspannung, und die Verdrückungen der Lager, welche hier ebenso eintreten, haben dann das Durchhängen des Trägers zur Folge.

329.
Eingemauerte
Kragträger.

Die Einspannung solcher Kragträger kann durch einfaches Einmauern oder durch Einlagern zwischen Druckplatten erfolgen.

Ist die zulässige Belastung des umgebenden Mauerwerkes auf 1 qcm wieder σ_1 , die Länge der Einmauerung l , die Trägerbreite b , die tatsächliche Pressung auf der Lagervorderkante σ , der Abstand des Pressungsnullpunktes von der Lagervorderkante a , das Biegemoment aller äußeren Kräfte in der Lagervorderkante M und die lotrechte Querkraft dafelbst V , so bestehen zwischen l , a , b , σ und σ_1 die folgenden Beziehungen (Fig. 627):

Fig. 627.



Die erforderliche Einmauerungslänge zur Erzielung der zulässigen Kantenpressung σ_1 ist

$$l = \frac{2V + \sqrt{6M\sigma_1 b + 4V^2}}{\sigma_1 b} \dots \dots \dots 262.$$

Die Stelle, wo keine Pressung auftritt, liegt hinter Lagervorderkante um

$$a = l \frac{2Vl + 3M}{3Vl + 6M} \dots \dots \dots 263.$$

Die bei der Einmauerungslänge l zur Erzielung der zulässigen Kantenpressung σ_1 erforderliche Träger- oder Plattenbreite ist

$$b = 2 \frac{2Vl + 3M}{\sigma_1 l^2} \dots \dots \dots 264.$$

Die bei der Einmauerungslänge l und der Druckflächenbreite b entstehende größte Kantenpressung beträgt

$$\sigma = 2 \frac{2Vl + 3M}{bl^2} \dots \dots \dots 265.$$

¹⁴⁷⁾ Vergl. hierüber: BRICK, J. E. Ueber die praktische Unzulässigkeit der Annahme »horizontaler Einspannung« der im Hochbaue verwendeten und an den Auflagern übermauerten Eisentragler. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 161.

Der Punkt, in welchem das größte Biegemoment M_{max} auftritt, liegt hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{Vl^2}{3Vl + 6M}, \dots \dots \dots 266.$$

und dieses größte Moment ist dann

$$M_{max} = M + V \cdot y - \frac{b\sigma_1 y^2}{6} \left(3 - \frac{y}{a}\right). \dots \dots \dots 267.$$

Es ist nicht zu empfehlen, die Lagervorderkante in die Mauerkante zu legen; man bringe vielmehr zwischen Träger und Mauerwerk eine Lage von reinem Zement oder eine gut verlegte Eisenplatte an, welche nicht ganz bis zur Mauerkante reicht, damit die Mauerkante von der größten Pressung befreit und die Möglichkeit einer gewissen Pressungsverteilung im Mauerwerke offen gehalten wird. Das Maß d (Fig. 627) soll je nach Last und Länge des Trägers etwa 4 bis 8 cm betragen.

Beispiel. Vor einer starken Mauer mit 5 m Fensterteilung soll ein auf Kragträgern in den Mitten der Fensterpfeiler ruhender Laufgang angebracht werden, dessen Breite bis Geländermitte von der Einspannungslinie an 150 cm beträgt. Der Fußboden soll in der ganzen Länge in die Wand und auf einen im Geländer über den Kragträgern untergebrachten Längsträger gelagert werden. Der Fußboden wiegt 250 kg für 1 qm und trägt 250 kg für 1 qm; das hölzerne Geländer ist 1,10 m hoch und durchschnittlich 0,15 cm stark.

Die Last auf einem Kragträgerende beträgt alsdann:

$$\text{aus Fußboden und Belastung } 5 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{2} (250 + 250) = 1875 \text{ kg,}$$

$$\text{aus dem Geländer } 5 \cdot 1,1 \cdot 0,15 \cdot 700 = 578 \text{ „}$$

$$\text{zusammen } V = 2453 \text{ kg;}$$

also das Moment an der Einspannungsstelle $M = 150 \cdot 2453 = 367950$ cmkg.

Wird in den Trägern 1000 kg Spannung für 1 qcm zugelassen, so ist das erforderliche Widerstandsmoment $\frac{367950}{1000} = 368$. Um an Höhe zu sparen und gleichzeitig eine große Auflagerbreite b zu erhalten, sollen zwei Träger nebeneinander gelegt werden. Obigem Widerstandsmoment würden zwei I-Träger Nr. 19 mit $2 \cdot 187 = 374$ entsprechen; wegen der Vergrößerung des Momentes in der Wand muß jedoch der nächst stärkere Träger Nr. 20 gewählt werden, dessen Breite 9 cm beträgt.

Somit ist $b = 2 \cdot 9 = 18$ cm; das Mauerwerk am Träger wird in Klinkern und Zementmörtel ausgeführt; alsdann ist $\sigma_1 = 14$ kg für 1 qcm, und nach Gleichung 260 wird

$$l = \frac{2 \cdot 2453 + \sqrt{6 \cdot 367950 \cdot 18 \cdot 14 + 4 \cdot 2453^2}}{18 \cdot 14} = 115 \text{ cm.}$$

Wird $d = 6$ cm gemacht, so steckt der Träger hiernach 121 cm in der Wand, und die Geländermitte liegt $15 - 6 = 144$ cm vor der Wand.

Die Stelle des größten Biegemoments liegt nach Gleichung 266 hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{2453 \cdot 115^2}{3 \cdot 2453 \cdot 115 + 6 \cdot 367950} = 10,6 \text{ cm,}$$

die Stelle des Pressungsnullpunktes nach Gleichung 263 um

$$a = 115 \frac{2 \cdot 2453 \cdot 115 + 3 \cdot 367950}{3 \cdot 2453 \cdot 115 + 6 \cdot 367950} = 62,9 \text{ cm,}$$

und das größte Moment beträgt nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367950 + 2453 \cdot 10,6 - \frac{18 \cdot 14 \cdot 10,6^2}{6} \left(3 - \frac{10,6}{62,9}\right) = 380650 \text{ cmkg.}$$

Die Spannung in zwei I-Eisen Nr. 20 ist somit $\frac{380650}{2 \cdot 216} = 882$ kg für 1 qcm. Wären die beiden I-Träger Nr. 19 beibehalten, so wäre $b = 2 \cdot 8,6 = 17,2$, also nach Gleichung 262

$$l = \frac{2 \cdot 2453 + \sqrt{6 \cdot 367950 \cdot 14 \cdot 17,2 + 4 \cdot 2453^2}}{14 \cdot 17,2} = 118,6 \text{ cm;}$$

nach Gleichung 266

$$y = \frac{2453 \cdot 118,5^2}{3 \cdot 2453 \cdot 118,5 + 6 \cdot 367950} = 11,2 \text{ cm};$$

ferner nach Gleichung 263:

$$a = 118,5 \frac{2 \cdot 2453 \cdot 118,5 + 3 \cdot 367950}{3 \cdot 2453 \cdot 118,5 + 6 \cdot 367950} = 65 \text{ cm},$$

und nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367950 + 2453 \cdot 11,2 - \frac{17,2 \cdot 14 \cdot 11,2^2}{6} \left(3 - \frac{11,2}{65} \right) = 381150 \text{ cmkg}.$$

Die Spannung in zwei I-Trägern Nr. 19 wäre also $\frac{381150}{2 \cdot 187} = 1019 \text{ kg}$ für 1 qcm, die auch gegenüber der Festsetzung von 1000 kg für 1 qcm noch als zulässig zu betrachten ist. Die beiden Trägerstücke sind somit aus I-Eisen Nr. 19, und zwar je $118,5 + 150 + \frac{15}{2} = 276 \text{ cm}$ lang, zu schneiden.

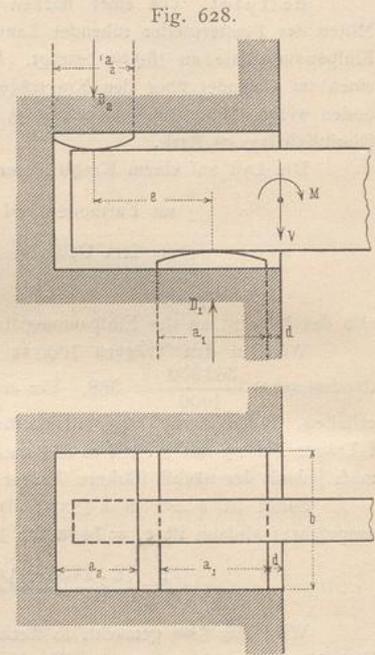
Dieses Beispiel eines allerdings schwer belasteten Freitragers zeigt, daß die Einmauerung nicht selten eine unbequeme Tiefe erreicht, welche nur in aufsergewöhnlich starken Mauern Platz findet.

330.
Einspannung
des
Kragträgers
zwischen
Druckplatten.

Ein Mittel, den Trägereingriff in die Wand kürzer und zugleich die Verteilung der Kräfte auf das Mauerwerk besser zu machen, bietet die Einspannung des Kragträgers zwischen Druckplatten, da man hier durch Wahl einer großen Breite b der Platten das Maß e und die Plattenlängen a_1 und a_2 (Fig. 628) gering halten kann. b ist für beide Platten gleich zu machen, da die Wandnische jedenfalls rechteckig gebildet wird, und b ist so anzunehmen, daß es sich dem Mauerwerke bequem einfügt; auch e ist den Verhältnissen, namentlich der Mauerstärke, entsprechend zu wählen. Die erste Annahme über b und e ist durch eine zweite zu ersetzen, wenn die Rechnung die erste als unzweckmäßig erweisen sollte.

In die Mauer können unter und über den Druckplatten Auflagerquader eingesetzt werden.

Mit Rücksicht auf die Bezeichnungen in Fig. 628 sind, bei der zulässigen Pressung σ_1 zwischen Platten und Mauerwerk,



$$a_2 = \frac{V \left(d + \frac{V}{2b\sigma_1} \right) + M}{be\sigma_1 - \frac{V}{2}} \quad \text{und} \quad a_1 = a_2 + \frac{V}{b\sigma_1}; \quad \dots \quad 268.$$

$$D_2 = ba_2\sigma_1 \quad \text{und} \quad D_1 = ba_1\sigma_1 \quad \dots \quad 269.$$

Das größte Moment, für welches der Träger einzurichten ist, beträgt

$$M_{max} = D_2 e \quad \dots \quad 270.$$

Die Druckplatten selbst sind nach Ermittlung von D_1 und D_2 aus Gußeisen genau nach den Regeln zu bilden, welche in Art. 326 (S. 261) zu Fig. 625 u. 626 gegeben wurden.

Beispiel. Wird für den Fall, welcher im letzten Beispiele behandelt wurde, bestimmt, daß b der Breite von $1\frac{1}{2}$ Stein = 38 cm entsprechen und $e = 30 \text{ cm}$ sein soll, daß ferner das Mauerwerk an den

Druckplatten in Klinkern und Zementmörtel mit $\sigma_1 = 14 \text{ kg}$ für 1 qcm ausgeführt wird, so mache man nach Gleichung 268

$$a_2 = \frac{2453 \left(6 + \frac{2453}{2 \cdot 38 \cdot 14} \right) + 367950}{38 \cdot 30 \cdot 14 - \frac{2453}{2}} = 26,4 \text{ cm},$$

$$a_1 = 26,4 + \frac{2453}{38 \cdot 14} = 31,0 \text{ cm}.$$

Die ganze Tiefe der Trägernische wird dann $6 + \frac{31}{2} + 30 + \frac{26,4}{2} = 64,7 \text{ cm}$ gegen $118,5 \text{ cm}$ im vorigen Falle. Nach Gleichung 269 ist $D_2 = 26,4 \cdot 38 \cdot 14 = 14044 \text{ kg}$ und $D_1 = 31 \cdot 38 \cdot 14 = 16492 \text{ kg}$. Auf diese Drücke sind die beiden Druckplattendicken nach Gleichung 255 bis 261 (S. 262 und 263) einzurichten. Das größte im Träger vorkommende Biegemoment ist nach Gleichung 270: $D_2 e = 14044 \cdot 30 = 421320 \text{ cmkg}$. Bei 1000 kg Beanspruchung für 1 qcm ist also ein I-Träger Nr. 26, oder es sind zwei Nr. 20 erforderlich. Die Druckverteilung ist nun zwar eine sehr sichere und gute; das größte Moment ist aber durch die Verlegung des ersten Stützpunktes weit in die Mauer hinein wesentlich vergrößert.

Beim Aufstellen des Trägers wird die Platte auf kleinen Eisenkeilen mindestens $1,5 \text{ cm}$ hohl gelegt und sorgfältig mit Zement vergossen, so daß sie voll aufruhrt. Nur oben liegende Druckplatten, wie in Fig. 608, werden ohne weiteres in Zementmörtel fatt übermauert. Die Druckplatte greift bei schweren Trägern mit einem Ansatz in ein in das Mauerwerk gestemmes Loch, welches sich beim Vergießen nach Art. 327 (S. 263) nur schwer füllt. (Vergl. auch das Trägerlager in Fig. 640, S. 275.) Namentlich bei Verwendung von Lagerquadern bildet das Einlegen dünner Walzbleiplatten ein gutes Mittel zur Erzielung gleichmäßiger Druckverteilung.

Ganz kleine Träger legt man ohne weiteres auf diese Platten. Bei größeren wird, wenn sie nicht zur Verankerung der Außenwände des Gebäudes dienen sollen, das eine Lager dadurch festgemacht, daß man durch die untere Gurtung in die Lagerplatte bohrt und in das Loch einen Eisenstift schlägt; das andere Lager bleibt frei beweglich.

Eiserne Träger zur Verankerung der Gebäudemauern zu benutzen, ist nicht ratsam, da die starken Längenänderungen bei Wärmeschwankungen das Mauerwerk hin und her rütteln.

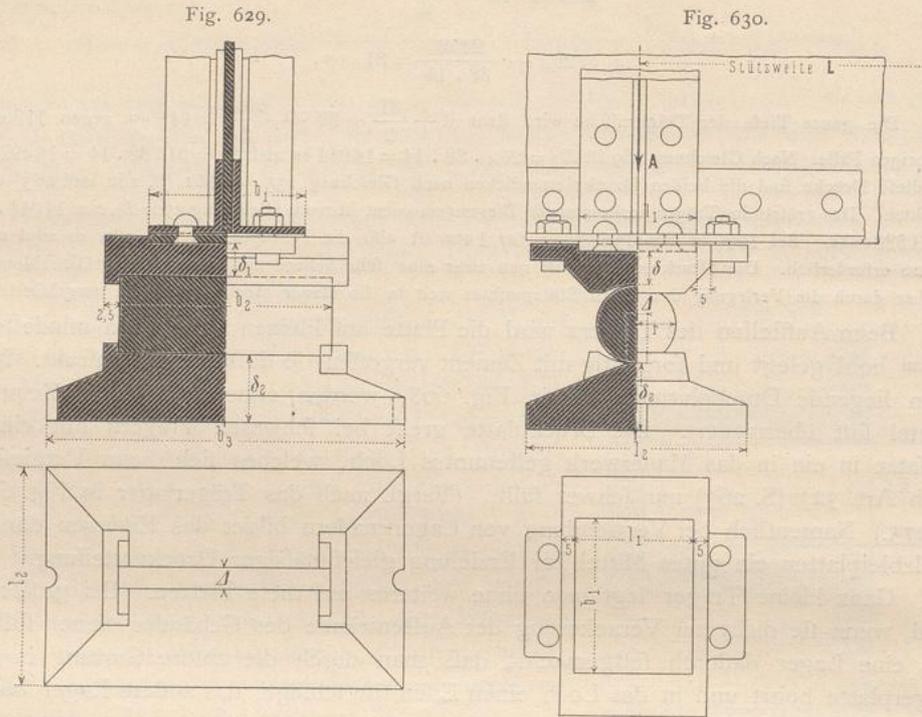
Alle Lager, bei denen der Träger ohne weiteres auf der Platte ruht, haben den Nachteil, daß sich die volle Reibung solcher Lager, welche in günstigen Fällen das 0,2fache der Lagerbelastung, meist noch mehr beträgt, als wagrechte, umstürzende Kraft auf die Mauern überträgt. Da nun aber die Wände sehr oft für die Aufnahme erheblicher wagrechter Kräfte zu schwach sind, so kommt es bei schwer belasteten Trägern oft darauf an, die Reibung der Lager zu vermindern, damit kleinere wagrechte Kräfte entstehen. Das beste Mittel zur Erreichung dieser Reibungsverminderung besteht in der Verwandlung der gleitenden in rollende Reibung mittels Einlegens einer möglichst langen Rolle zwischen Träger und Lagerplatte.

Die Konstruktion eines solchen Lagers ist in Fig. 629 u. 630 dargestellt; die einzelnen Maße werden in folgender Weise bestimmt. Aus den Verhältnissen des zu lagernden Trägers folgen zunächst die Abmessungen l_1 und b_1 der unter den Träger zu nietenden Lagerplatte. l_1 ist so klein zu wählen, wie es das Unterbringen genügender Nieten in den Teilen des Trägers nur irgend zuläßt; b_1 soll dagegen so groß wie möglich gemacht werden; doch ist zu betonen, daß erhebliche Verbreiterung der Lagerplatte über die Breite der Trägerteile hinaus nicht viel Zweck hat, da sich die zu weit vorstehenden Ränder der dünnen Platte aufbiegen, also nicht mehr zur

331.
Lagerung.

332.
Rollenlager.

Druckverteilung beitragen. Zweck der Wahl eines möglichst großen b_1 ist die Erzielung einer großen Rollenlänge b_2 . Die untergenietete Lagerplatte wird 12 bis 15 mm dick gemacht. Besonders groß wird b_1 bei zweiteiligen Gurtungen, z. B. bei Fig. 605 (S. 253),



Die Lagerplatte legt sich in eine passende Vertiefung der Rollendeckplatte, deren vorstehende Ränder so niedrig zu halten sind, daß sie 2 bis 3 mm Spiel gegen die Trägerunterfläche behalten, damit sie keinesfalls Druck aufnehmen können.

Nach Festlegen dieser Maße folgt dasjenige der Rollenlänge b_2 nach

$$b_2 = \frac{b_1 - 5}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_1 + 5}{2}\right)^2 + l_1(l_1 + 10)}. \quad \dots \quad 271.$$

Wird nun noch die in den Platten zulässige Biegungsspannung mit s_g bezeichnet, so ist weiter

$$\delta_1 = 0,865 \sqrt{\frac{A l_1}{s_g (b_2 + 5)}}. \quad \dots \quad 272.$$

Hierauf erfolgt die Feststellung der Abmessungen der Rollengrundplatte für b_3 nach

$$b_3^3 (b_3 - b_2) = 0,66 \frac{A^2}{\sigma_1^2}, \quad \dots \quad 273.$$

für deren Lösung ein vorläufiger Näherungswert aus

$$b_3 > 0,9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \quad \dots \quad 274.$$

zu entnehmen ist, und für l_2 nach

$$l_2 = \frac{A}{\sigma_1 b_3}; \quad \dots \quad 275.$$

weiter ist

$$\delta_2 = 0,866 \sqrt{\frac{A l_2}{s_g b_3}} \dots \dots \dots 276.$$

In den letzten Gleichungen bezeichnet σ_1 die zulässige Pressung auf die Unterstützung der Rollengrundplatte; die entsprechenden Werte sind in Fußnote 122 (S. 229) angegeben. Wird nun noch die zulässige Pressung zwischen der Rolle und den Platten mit s_1 , die Elastizitätszahl des Stoffes der Platten mit E und diejenige des Stoffes der Rolle mit E_1 bezeichnet, so ist der Rollendurchmesser r zu bestimmen nach

$$r = \sqrt{\left(\frac{\delta_1 E_1}{4 E}\right)^2 + \frac{9 A^2 E_1}{64 b_2^2 s_1^3} - \frac{\delta_1 E_1}{4 E}} \quad \dots \dots \dots 277.$$

und $r = \sqrt{\left(\frac{\delta_2 E_1}{4 E}\right)^2 + \frac{9 A^2 E_1}{64 b_2^2 s_1^3} - \frac{\delta_2 E_1}{4 E}}$

und zwar ist der größere dieser beiden Werte auszuführen.

Die wagrechte Rollenbahn, welche beiderseits durch cylindrische Anschläge des Halbmessers r begrenzt wird, erhält die Breite

$$\Delta = 0,000185 t \cdot L, \dots \dots \dots 278.$$

welche also nach der Stützweite L und der größten zu berücksichtigenden Wärmeschwankung t bemessen wird.

Für gewöhnliche Fälle haben die in den Gleichungen vorkommenden Größen die folgenden Werte:

bezüglich σ_1 vergl. Art. 299 und Fußnote 122 (S. 229);

s_g	für Gußeisen	250 kg für 1 qcm,	für Stahlguss	1200 kg für 1 qcm;
s_1	»	1500 kg » 1 qcm,	» Stahl	4000 kg » 1 qcm;
E und E_1	»	1000000 kg » 1 qcm,	»	2100000 kg » 1 qcm;

$t = 40$ bis 60 Grad C.

Beispiel. Für einen Träger von $L = 12$ m Stützweite ist ein Lager zu entwerfen, das im Stande ist, den Lagerdruck $A = 20 t$ auf gewöhnliches Mauerwerk ($\sigma_1 = 8$ kg für 1 qcm) zu verteilen. Die Gurtungsbreite b_1 betrage 17 cm, und die Länge der Lagerplatte l_1 wird mit Rücksicht auf die Nietung auf 12 cm Länge bemessen. Die Platten bestehen aus Gußeisen; also ist $s_g = 250$ kg für 1 qcm; die Rolle ist aus Rundstahl; s_1 ist nach dem schwächeren der beiden Stoffe mit 1200 kg für 1 qcm anzunehmen. Der vorzuziehende Wärmewechsel beträgt 60 Grad.

Nach Gleichung 271 ist

$$b_2 = \frac{17 - 5}{2} + \sqrt{\left(\frac{17 + 5}{2}\right)^2 + 12(12 + 10)} = 25,6 \text{ cm,}$$

nach Gleichung 272:

$$\delta_1 = 0,866 \sqrt{\frac{20000 \cdot 12}{250(25,6 + 5)}} = 4,8 \text{ cm.}$$

Die Näherungslösung für Gleichung 273 aus Gleichung 274 ist

$$b_3 > 0,9 \sqrt{\frac{20000}{8}} = 45 \text{ cm;}$$

durch Ver suchen ergibt sich die richtige Lösung mit $b_3 = 53,2$ cm nach Gleichung 273, und l_2 wird dann nach Gleichung 275 gleich $\frac{20000}{8 \cdot 53,2} = 47$ cm; danach die Dicke nach Gleichung 276

$$\delta_2 = 0,866 \sqrt{\frac{20000 \cdot 47}{250 \cdot 53,2}} = 7,3 \text{ cm.}$$

Aus Gleichung 277 folgt

$$r = \sqrt{\left(\frac{4,8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25,6^2 \cdot 1200^3} - \frac{4,8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}} = \approx 8 \text{ cm}$$

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

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

die Abscisse des größten Momentes folgt also aus

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

und das größte Moment ist

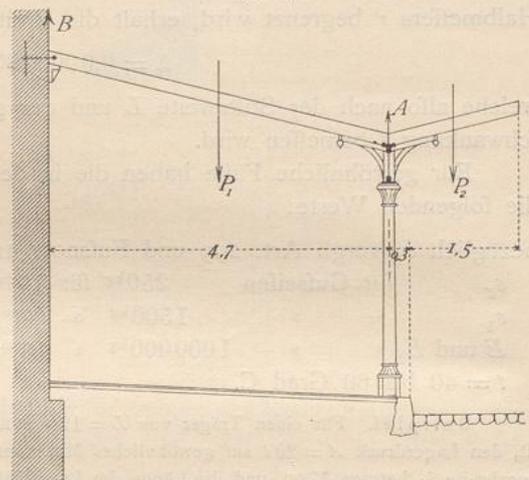
$$M_{max} = 1338 \cdot 223 - \frac{3 \cdot 0,01 \cdot 200 \cdot 223^2}{2} = 149187 \text{ cmkg}.$$

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

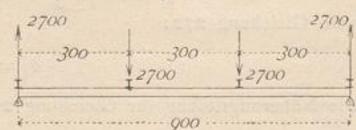
$$A = \frac{3 \cdot 1,8 \cdot 200 \left(470 + \frac{180}{2}\right) + 3 \cdot 4,7 \cdot 200 \cdot \frac{470}{2}}{470} = 2700 \text{ kg}.$$

Fig. 631.



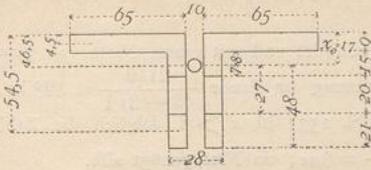
1/100 w. Gr.

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 mufs 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 mufs 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 grofs 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 müfste 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.

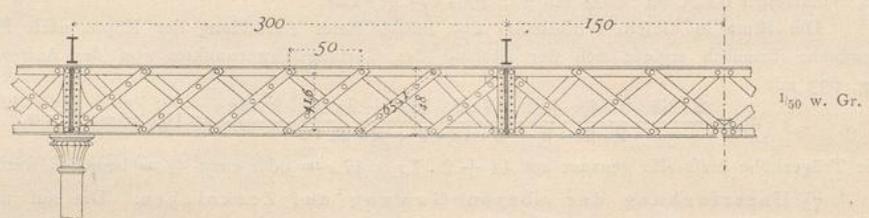


Fig. 636.

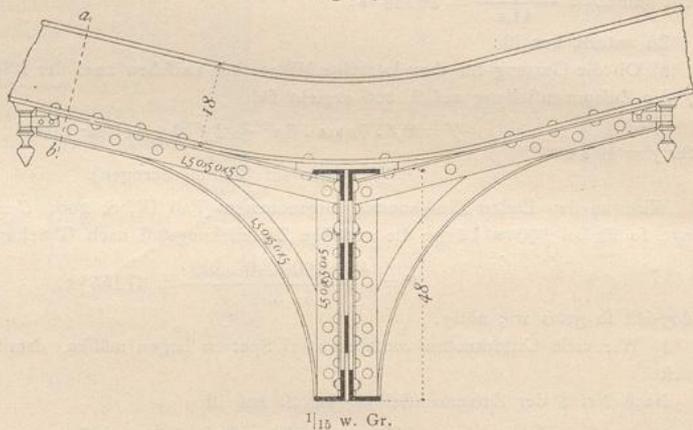
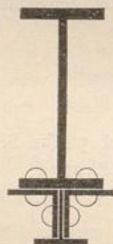


Fig. 635.



Schnitt ab
in Fig. 636.
1,715 w. Gr.

fundere 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.

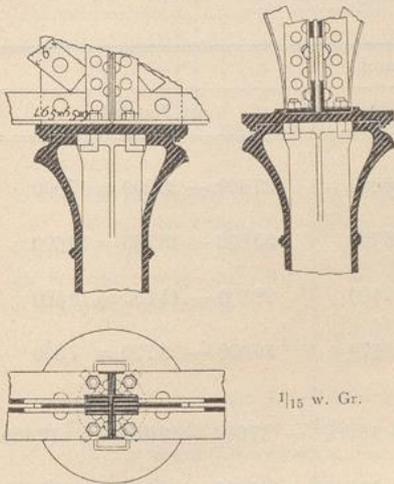
Für die einzelne Hälfte ist $i = \frac{6 \cdot 1^3}{12} = 0,5$ und $n = 2$; also nach Gleichung 194

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

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.



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.

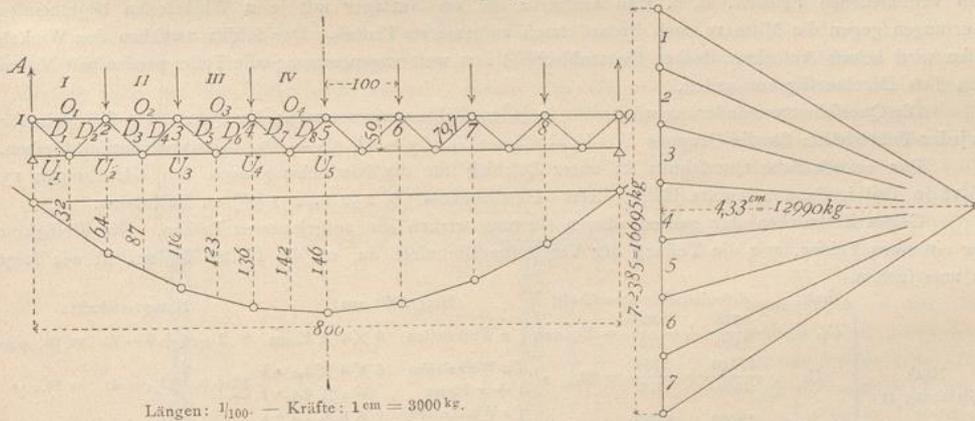
334.
Netzwerk-
träger
als
Unterzug.

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.



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.

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 auferhalb 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 Nieten 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 Verbindungsstechniete da, wo die Platten fehlen, ist wie folgt zu untersuchen.

	Stab:	Erforderlicher Querschnitt:	Hergestellt aus:	Nutzquerschnitt:
Nach Gleichung 15:	U_1, U_2	$\frac{8770}{1400} + \frac{7830}{770} = 16,5$ qcm	2 Winkelleisen $6 \times 6 \times 1,0$ cm	$2 \cdot 1,0 (6 + 5 - 2) = 18$ 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	$\frac{19600}{1200} + \frac{17400}{720} = 40,5$ »	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleisen } 7,5 \times 7,5 \times 1,0 \text{ »} \\ + 1 \text{ Platte } 20,5 \times 1,0 \text{ »} \end{array} \right\}$	$24 + 1 (20,5 - 4) = 40,5$ »

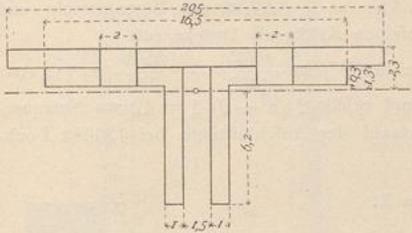
¹⁴⁹⁾ Nach: Art. 361, S. 324 (2. Aufl.: Art. 152, S. 131; 3. Aufl.: Art. 154, S. 147).

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 $s = 5$,

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

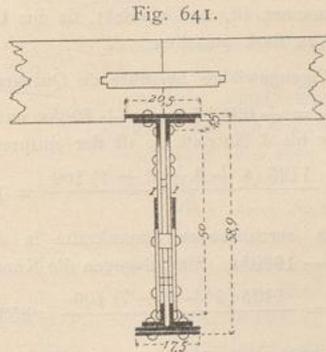
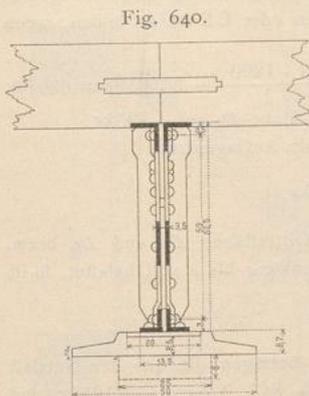
Demnach brauchen die Winkel im Felde überhaupt nicht verbunden zu werden; gleichwohl sind zwei Stehniete eingesetzt, um möglichst gute Verteilung der Spannung auf beide Winkel zu sichern.

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).

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 Anschlusniete 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 Stehniete 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 Stehniete 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

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

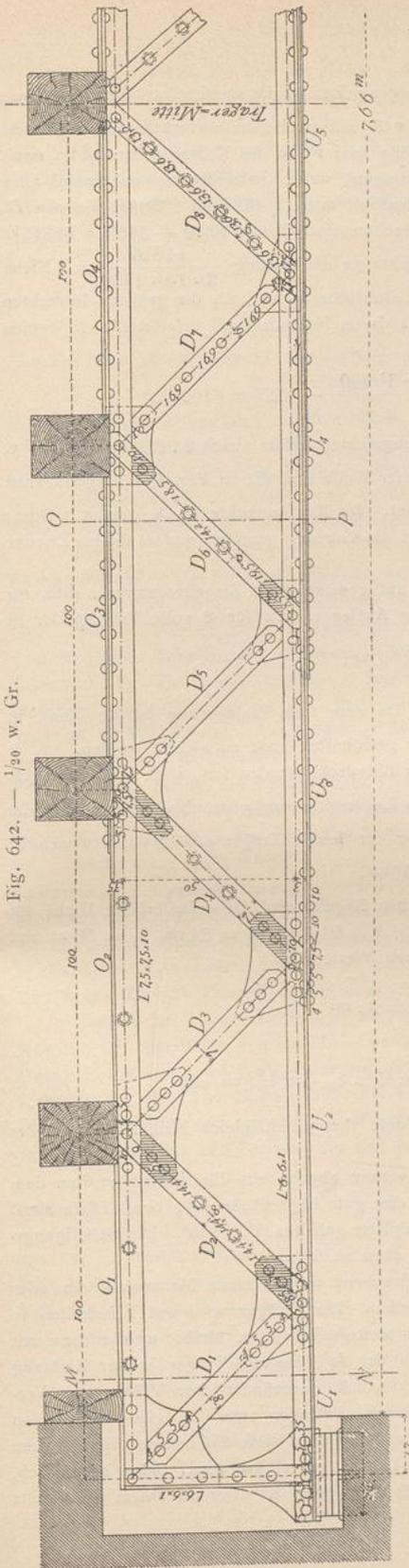
somit die aus der Nutzlast rechts herrührenden Spannkraften in den Gitterstäben D_7 und D_8 bzw. $+1406 \cdot 1,414 = +1990 \text{ kg}$ und -1990 kg . Sind dagegen die Knotenpunkte 2 bis 4 voll belastet, so ist

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

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. — $\frac{1}{20}$ 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 ausgestemte 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 édificatoires 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.

- NOWAK, E. Der Metallbau. Leipzig 1882.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Bd. I. Leipzig 1883. S. 1.
- KOULLE, H. Hülftabellen für die Berechnung schmiedeeiserner Stützen etc. Berlin 1884.
- LAUTER, W. H. & H. RITTER. Façoneisen und deren praktische Verwendung. Frankfurt a. M. 1885.
- L'architettura del ferro. Raccolta dei motivi per costruzioni civile, ferroviarie et artistiche.* Mailand 1885.
- CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des constructions en fer etc.* Neue Aufl. Paris 1886.
- PINZGER, L. Die Berechnung und Construction der Maschinen-Elemente. Heft 3: Einige Notizen über die Construction der Gitterträger. Die Keilverbindungen und die Schraubenverbindungen, Leipzig 1886.
- SCHAROWSKY, C. Musterbuch für Eisen-Constructionen. Leipzig und Berlin 1887.
- BARBEROT, E. *Traité pratique de ferrurerie. Constructions en fer. Serrurerie d'art.* Paris 1888.
- Fach-Bibliothek für Bau-, Kunst- und Maschinen Schlosser, für Mechaniker, Maschinenbauer und Schmiede. Berlin. Erscheint seit 1890.
- PFLEGER, R. Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Träger. Leipzig 1891.
- KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Schlosserbuch etc. Leipzig 1891. — 2. Aufl.: 1897.
- PFLEGER, L. Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Stützen. Leipzig 1892.
- BAKER, W. L. *The beam, or technical elements of girder construction.* London 1892.
- LAUENSTEIN, R. & A. HANSER. Die Eisenkonstruktionen des einfachen Hochbaues. Stuttgart 1895. — 2. Aufl.: 1900.
- Das Handbuch des Bautechnikers. Herausg. von H. ISSI. Heft IX: Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues. Von R. SCHÖLER. Leipzig 1900.