

3) Gufseifenstäbe und Holzstäbe.

178.
Anwendung.

Gezogene Stäbe sollten überhaupt nicht, gedrückte Stäbe nur bei kleinen Dächern und wenn keine Biegungsbeanspruchung in dieselben kommt, aus Gufseifen hergestellt werden. Nur bei gedrückten Gitterstäben ist deshalb allenfalls noch die Verwendung von Gufseifen zulässig. Als Querschnittsform kommen hauptsächlich der Kreis, das Kreuz und der Kreis mit vier kreuzförmigen Ansätzen in Betracht. Die Art der Herstellung durch Gufs ermöglicht es, die mittleren Theile des Stabes mit größerem Querschnitt zu bilden, als die Enden, welche Stabform der Zerknickungsgefahr wegen günstig ist. Die Ausbildung der Stabenden für die Aufnahme der Bolzen ist hier ohne Schwierigkeit. Fig. 492²³¹⁾ u. 493²³⁰⁾ geben einige Beispiele gufseiferner Druckstäbe.

Die Holzstäbe erhalten rechteckigen, bezw. quadratischen Querschnitt. Auf dieselben wird bei Besprechung der Holzseifendächer näher eingegangen werden. Bei den rein eisernen Dächern kommen sie nicht vor.

Fig. 494.

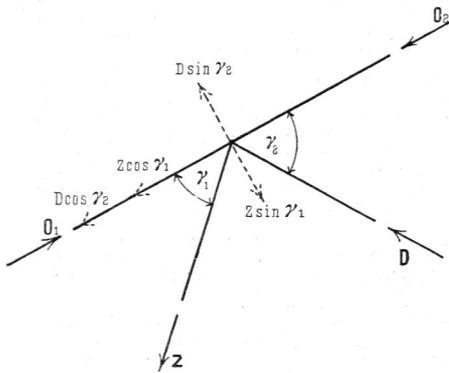
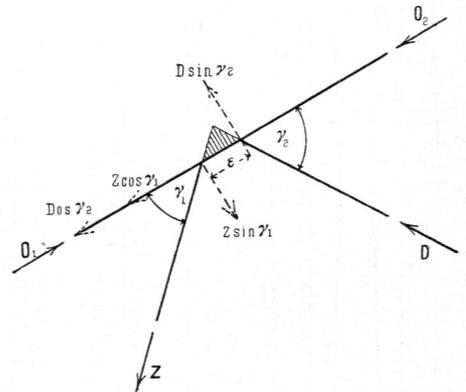


Fig. 495.



c) Knotenpunkte.

1) Gelenk- und vernietete Knotenpunkte.

179.
Gleichgewicht
in den
Knotenpunkten.

Die Stäbe sollten in den Knotenpunkten so mit einander verbunden werden, dass sie die in ihnen wirkenden Kräfte sicher abgeben können, dass also ein Ausgleich der Kräfte in jedem Knotenpunkte eintritt oder, wie man sagt, dass die Kräfte einander im Knotenpunkte im Gleichgewicht halten. Je einfacher und klarer der Ausgleich der Kräfte vor sich geht, desto besser ist im Allgemeinen die Anordnung. Als Hauptbedingung für die Bildung der Knotenpunkte sollte man aufstellen, dass die bei der Berechnung gemachten Annahmen auch erfüllt werden. Die Berechnung wird aber unter den Voraussetzungen geführt, dass an jedem Knoten die Stabachsen einander in einem Punkte schneiden und dass die Stabenden drehbar befestigt seien. Die erstgenannte Annahme ist leicht erfüllbar; dass die Vernachlässigung derselben unter Umständen große Zusatzspannungen erzeugen kann, lehrt der Vergleich von Fig. 494 u. 495. In Fig. 494 treffen sich alle Stabachsen in einem Punkte; die Seitenkräfte $Z \sin \gamma_1$ und $D \sin \gamma_2$ der Gitterstabsparungen heben einander auf; die Seitenkräfte $D \cos \gamma_2$ und $Z \cos \gamma_1$ addieren sich; Gleichgewicht ist vorhanden. In Fig. 495 schneiden sich die Stabachsen in den drei Eckpunkten des schraffierten Dreiecks; Gleichgewicht ist nicht möglich ohne Biegungsbeanspruchung der geradlinigen Gur-

tung, die durch das Kräftepaar $D \sin \gamma_2 \cdot \varepsilon = Z \sin \gamma_1 \cdot \varepsilon$ erzeugt wird. Ist das Trägheitsmoment des oberen Gurtungsquerschnittes, bezogen auf die wagrechte Schwerpunktsaxe desselben, gleich \mathcal{J} , der Abstand der weitesten Querschnittspunkte von dieser Axe gleich a , das in irgend einem Querschnitt durch die beiden Kräfte $D \sin \gamma_2$ und $Z \sin \gamma_1$ erzeugte Moment \mathfrak{M} ; so ist die Beanspruchung, welche zu der im Querschnitt

vorhandenen an der ungünstigsten Stelle hinzukommt: $d\sigma = \mathfrak{M} \frac{a}{\mathcal{J}}$. Diese Biegungs-

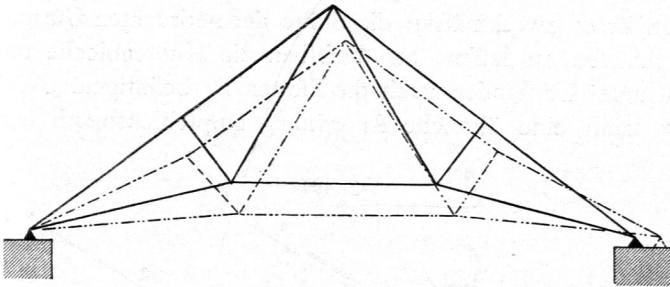
spannungen sind besonders bei den Querschnittsformen mit kleinem $\frac{\mathcal{J}}{a}$ bedenklich, also beim **T**-förmigen und kreuzförmigen Querschnitt der oberen Gurtung; weniger gefährlich sind sie bei Querschnittsformen, deren $\frac{\mathcal{J}}{a}$ groß ist, also beim **I**-förmigen

Querschnitt, mag er aus 4 Winkelleisen nach Fig. 474 (S. 235) oder aus 2 **C**-Eisen nach Fig. 473 (S. 235) oder aus Stehblech mit 4 Winkelleisen und vielleicht auch Deckblechen bestehen (Fig. 469, S. 234). Immerhin läßt sich die Anforderung, daß alle Stabaxen einander in einem Punkte treffen, leicht erfüllen.

Anders ist es mit der zweiten Voraussetzung, daß die Stäbe in den Knotenpunkten frei drehbar befestigt seien. Wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, so sind

180.
Gelenk-
Knotenpunkte.

Fig. 496.



etwaige durch Formänderungen erzeugte Winkeländerungen der Stäbe ohne Weiteres möglich. Nimmt der Dachbinder in Fig. 496 in Folge der durch die Belastung hervorgerufenen Längenänderungen der Stäbe die punktierte (verzerrt gezeichnete) Lage ein, so

ändern sich die Winkel der Stäbe; die Winkeländerung wird bei der Berechnung als möglich angenommen. Die Möglichkeit ist bis zu einem gewissen Grade vorhanden, wenn die Stäbe in den Knotenpunkten durch Gelenkbolzen mit einander vereinigt sind. Denkt man sich einen Bolzen, den sog. Centralbolzen, im Schnittpunkte der Stabaxen so angeordnet, daß jeder Stab auf demselben drehbar befestigt ist, so sind die Winkeländerungen möglich. (Allerdings treten Reibungsmomente auf, welche der Drehung entgegen wirken.) Man nennt diese Knotenpunkte Gelenk-Knotenpunkte, rechnet hierher aber auch solche Knotenpunkte, bei denen verschiedene Stäbe mit besonderen Bolzen an einem gemeinsamen Constructionstheil angeschlossen sind. In der Folge sollen diejenigen Knotenpunkte als Gelenk-Knotenpunkte bezeichnet werden, bei denen die Stäbe ihre Winkel entsprechend etwaigen elastischen Formänderungen ebenfalls ändern können, falls von den Reibungsmomenten abgesehen wird.

Eine zweite Art der Knotenpunktbildung ist diejenige mittels der Vernietung. Bei den sog. vernieteten Knotenpunkten werden die Stäbe durch Nieten derart mit einander verbunden, daß die Stabwinkel unverändert bleiben, auch wenn die Stäbe sich elastisch verlängern oder verkürzen. Dabei treten dann Verdrehungen der Stäbe und Momente auf, welche unter Umständen bedeutende Zusatzspannungen

181.
Vernietete
Knotenpunkte.

hervorrufen können. Trotzdem ist diese Knotenpunktsbildung bei uns die weitaus meist übliche und auch für die gedrückten Gurtungen wegen der größeren Sicherheit gegen seitliches Ausbiegen sehr zweckmäßig. Für die Knotenpunkte in der gezogenen Gurtung empfiehlt sich aber die Bolzenverbindung mehr; an der gedrückten Gurtung kommt auch vielfach eine Vermischung beider Constructionsarten vor: man verbindet die beiden Nachbargurtungsstäbe mit einander durch Vernietung (oder läßt sie einfach durchlaufen) und schließt die Gitterstäbe mittels Gelenkbolzen an.

Es ist bereits oben erwähnt, daß die Kräfte im Knotenpunkt einander im Gleichgewicht halten sollen; zu diesem Zwecke ist ein gemeinsamer Constructionstheil empfehlenswerth, in welchen alle Stäbe ihre Kräfte abgeben. Dieser Constructionstheil ist bei der Gelenkknotenverbindung der Centralbolzen; bei den vernieteten Knotenpunkten dient als gemeinsamer Constructionstheil ein genügend starkes Blech, das Knotenblech, mit welchem alle Stäbe durch Vernietung verbunden werden. Man kann es sich so vorstellen, daß am Knotenblech zunächst die Gitterstäbe befestigt werden und im Knotenblech die Gitterstabkräfte sich zu einer Mittelkraft vereinigen, die dann durch die zwischen Knotenblech und Gurtung angeordneten Nieten in letztere übergeführt wird. Die Frage der richtigen Vernietung ist bei dieser Auffassung nicht schwierig zu lösen.

2) Bildung der vernieteten Knotenpunkte.

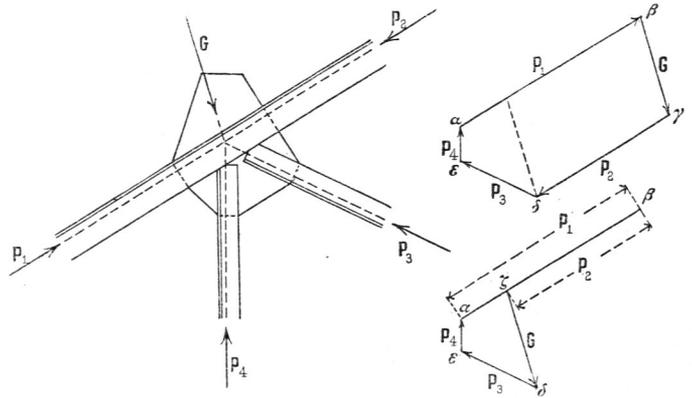
182.
Allgemeines.

Nach dem Vorstehenden ist es zweckmäßig, die Stäbe der gedrückten Gurtung an den Knotenpunkten durchlaufen zu lassen, an dieselben die Knotenbleche und daran die Gitterstäbe, so wie unter Umständen auch die Pfetten zu befestigen. Auch bei der gezogenen Gurtung kann eine ähnliche Anordnung empfehlenswerth sein. Der Betrachtung soll der in Fig. 497 schematisch dargestellte Knotenpunkt der oberen Gurtung zu Grunde gelegt werden.

Die in das Knotenblech übertragenen Kräfte G , P_3 und P_4 müssen mit der Differenz der Gurtungskräfte P_1 und P_2 im Gleichgewicht sein. Das Kraftpolygon $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ giebt über die Größen der Kräfte Aufschluss. Zeichnet man die Kräfte so,

daß P_1 und P_2 theilweise zusammenfallen, so sieht man sofort, daß nur die Resultirende von G , P_3 und P_4 , d. h. $\zeta\alpha = P_1 - P_2$ durch das Knotenblech in die Gurtung geführt wird; der Theil von P_1 , welcher absolut genommen gleich P_2 ist, bleibt im durchlaufenden Gurtungsstabe. Allerdings gilt dies streng genommen nur, wenn die beiden Gurtungsstäbe in eine gerade Linie fallen und gleichen Querschnitt haben; außerdem natürlich nicht, wenn die Gurtungsstäbe im Knotenpunkte mittels des Knotenbleches gestossen werden; in letzterem Falle wird auch die Kraft, welche in dem durch das Knotenblech gestossenen Theile des Gurtungsstabes wirkt, durch das Knotenblech geleitet.

Fig. 497.



Jeder Stab, der am Knotenblech endet, muß seine Kraft ganz in dasselbe übertragen können; endet nur ein Theil des Stabes am Knotenblech, so muß er die in diesem Theile wirkende Kraft in das Knotenblech leiten können. Danach ist die Zahl der Niete zu bestimmen. Läuft also, wie in Fig. 497, die obere Gurtung ununterbrochen durch, so ist zunächst jeder Gitterstab mit so vielen Nieten anzuschließen, daß die größte in ihm herrschende Kraft übertragen werden kann; das Knotenblech seinerseits ist mit den Gurtungsstäben durch so viele Niete zu verbinden, daß die größtmögliche Mittelkraft von G , P_3 und P_4 durch dieselben in die Gurtung geleitet werden kann; diese ist gleich der größtmöglichen Differenz $P_1 - P_2$; danach kann man diese Nietenzahl ermitteln. Enden aber auch die Gurtungsstäbe am Knotenblech und dient dieses etwa zum Stofsen der lothrechten Winkeleisenfchenkel, während die wagrechten Winkeleisenfchenkel durch besondere Deckplatten gestofsen werden, so ermittele man die Nietenzahl, welche nöthig ist, um jede Stabkraft, einschließlic der in den lothrechten Winkeleisenfchenkeln wirkenden, in das Knotenblech zu bringen; diese Kräfte heben einander im Knotenblech auf, welches natürlich in jeder Hinsicht stark genug für dieselben sein muß. Die in den wagrechten Winkeleisenfchenkeln wirkende Kraft geht nicht durch das Knotenblech.

Die Anzahl der zur Stabbefestigung erforderlichen Niete ist so zu bestimmen, daß weder eine zu große Beanspruchung der Niete auf Abfcheren eintritt, noch der Druck in der Lochlaibung der Niete die zulässige Grenze überschreitet. Man nimmt bei der Berechnung an, daß sich alle Niete gleichmäsig an der Kraftübertragung beteiligen. Diese Annahme ist sicher nicht richtig. Angenähert dürfte sie zutreffen, so lange die in Folge warmer Vernietung auftretende Reibung genügt, um die Kräfte zu übertragen. Diese Reibung kann man zu 500 bis 700 kg für 1 q^{cm} Nietquerschnitt annehmen, falls die zu verbindenden Theile sich in einer einzigen Fläche berühren (bei einschnittiger Vernietung), doppelt so groß, wenn sie sich in zwei Flächen berühren (bei zweischnittiger Vernietung). In Deutschland rechnet man meistens nicht unter Rücksichtnahme auf Reibung.

Es bezeichne f_{netto} den Nettoquerschnitt des Stabes, bezw. des zu vernietenden Stabtheiles (in Quadr.-Centim.), n die Anzahl der Nietquerschnitte, d den Nietdurchmesser (in Centim.) und δ die Stärke des schwächeren der beiden zu verbindenden Theile (in Centim.); alsdann muß mit Rücksicht auf Abfcheren

$$n \frac{d^2 \pi}{4} k \geq f_{netto} k, \quad \text{d. h.} \quad n \geq \frac{4 f_{netto}}{d^2 \pi} \dots \dots \dots 24.$$

sein. Der Lochlaibungsdruck darf für das Quadr.-Centim. der senkrecht zur Kraft-richtung genommenen Projectionsfläche des Nietes nicht größer als $1,5 k$ sein; auf einen Niet darf also $1,5 k d \delta$ entfallen, da die Projectionsfläche des Nietes $d \delta$ ist. Mithin muß

$$n \cdot 1,5 k d \delta \geq P$$

sein, wenn P die Stabkraft ist; da aber $\frac{P}{k} = f_{netto}$ ist, so folgt:

$$n \geq \frac{2 f_{netto}}{3 d \delta} \dots \dots \dots 25.$$

Für die Ausführung ist stets der größere der beiden für n erhaltenen Werthe zu wählen; ergibt sich für n ein Bruch, so ist nach oben auf eine ganze Zahl abzurunden. Die zweite Formel giebt gewöhnlich größere Werthe für n , als die erste. Beide Werthe für n sind gleich, wenn

$$\frac{4 f_{\text{netto}}}{d^2 \pi} = \frac{2 f_{\text{netto}}}{3 d \delta}, \quad \text{d. h. wenn } d = \frac{6 \delta}{\pi},$$

abgerundet, wenn stattfindet:

$$d = 2 \delta \dots \dots \dots 26.$$

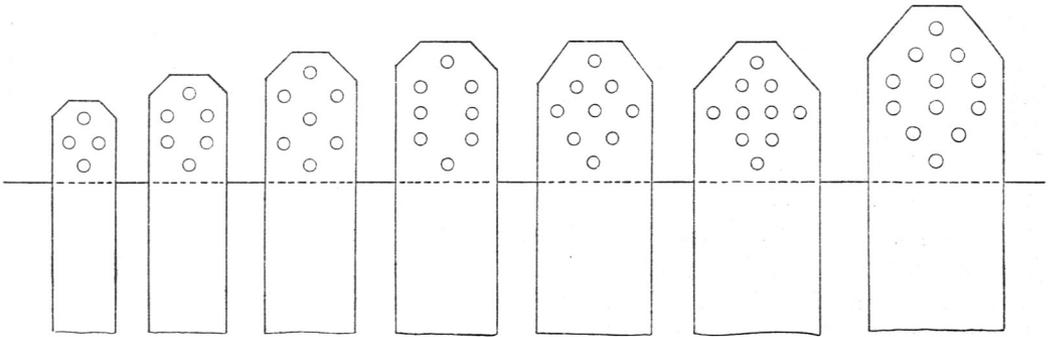
Wenn ein zweitheiliger Stab mit einem eintheiligen zu verbinden ist, so kommt für δ entweder die Stärke des eintheiligen oder die Summe der beiden Stärken in Frage, welche sich für den zweitheiligen Stab ergeben. In die Gleichung 25 für n ist der kleinere dieser beiden Werthe einzusetzen.

Einseitige Befestigung eines Stabes (mittels einschnittiger Niete) ist nicht empfehlenswerth, weil die Niete und Stäbe dann nicht nur auf Abscheren, sondern auch auf Biegung beansprucht werden. Befestigung mittels nur eines Nietes vermeide man; auch wenn die Rechnung $n = 1$ ergibt, ordne man wenn möglich zwei Niete an.

184.
Stellung
der Niete.

Bei vorstehender Berechnung der erforderlichen Nietenzahlen war angenommen, daß sich alle Niete gleichmäÙig an der Kraftübertragung betheiligen. Diese Annahme wird um so weniger erfüllt sein, je größer die Zahl der hinter einander befindlichen

Fig. 498.



Nietreihen ist. Man vermeide deshalb die Anordnung sehr vieler Nietreihen hinter einander. Bei einer vielfach ausgeführten Anordnung befindet sich in der ersten Nietreihe jederseits nur ein Niet, in der zweiten sind zwei Niete, in die dritte könnte man vier Niete setzen. Dabei überlegt man folgendermaßen. Durch jeden der Niete wird der n^{te} Theil der im Stabe vorhandenen Kraft aus dem Stabe hinausbefördert; wenn etwa 9 Niete zur Verbindung erforderlich sind, so wird durch den ersten Niet $\frac{1}{9}$ der Kraft P fortgeschafft; hinter der ersten Nietreihe bleibt also im Stabe noch die Kraft $\frac{8}{9} P$. Man könnte also hier den Querschnitt des Stabes um $\frac{f}{9}$ verringern, ohne daß die Festigkeit desselben kleiner würde, als bei vollem Querschnitt vor dem ersten Niet. Entspricht nun die Verchwächung durch ein Nietloch gerade einem Neuntel (dem n -ten Theile) des ganzen Nettoquerschnittes, so kann man hier ein Nietloch anordnen, ohne die Festigkeit zu verringern. Es ist aber unnöthig, dieselbe Festigkeit zu haben, wie im ungeschwächten Querschnitt; man braucht nur eine solche, welche derjenigen des durch den ersten Niet geschwächten Querschnittes gleich ist. Diese wird erhalten, wenn man in unferen Querschnitt noch einen zweiten Niet setzt. Gleiche Festigkeit würde man erhalten, wenn man in die folgende Nietreihe $3 + 1 = 4$ Niete setzte u. f. w. Diese Ueberlegung führt bei symmetrischer

Anordnung zu den in Fig. 498 skizzirten Nietstellungen, welche vielfach ausgeführt find. Sie find nicht einwandfrei, da die Voraussetzung der gleichmäßigen Kraftvertheilung auf alle Niete sicher nicht stets erfüllt ist. Man erhält bei dieser Anordnung, bezw. der ihr zu Grunde liegenden Auffassung den Nettoquerschnitt aus dem Bruttoquerschnitt durch Abzug nur eines Nietloches, da als schwächster Querschnitt derjenige gilt, welcher durch den ersten Niet gelegt ist.

Man setze die Niete so, dafs jederseits der Stabaxe möglichst die gleiche Nietzahl ist und dafs die Niete symmetrisch zur Stabaxe stehen.

Die im Stabe herrschende Kraft vertheilt sich nach der allgemein üblichen Annahme gleichmäßig über den Querschnitt; an jeder Seite der Axe wirkt also die Kraft $\frac{P}{2}$; ordnet man nun an einer Seite derselben etwa 2 und an der anderen Seite 5 Niete an (Fig. 499), so käme auf jeden Niet auf der ersteren Seite $\frac{P}{4}$ und auf jeden Niet der letzteren Seite $\frac{P}{10}$ (angenähert); berechnet find die Niete so, als ob

Fig. 499.

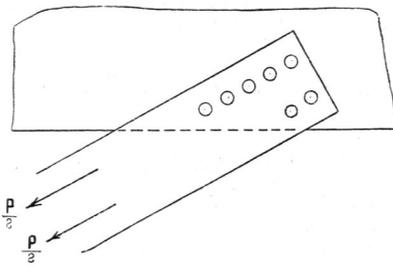
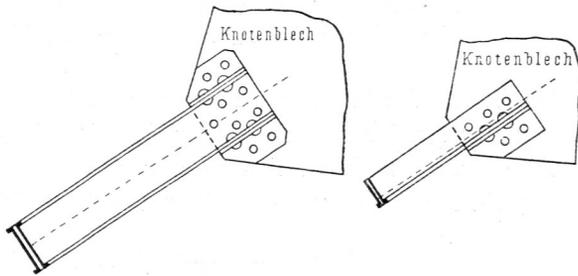


Fig. 500.



auf jeden derselben $\frac{P}{7}$ käme. Die eine Seite wird also weit überanspruch. Nimmt man dagegen an, dafs die 5 Niete der einen Seite wirklich $\frac{5}{7} P$ übertragen, so werden die Stabtheile auf dieser Seite wesentlich höher beansprucht, als bei der Berechnung angenommen war und als zulässig ist. Fig. 499 giebt also eine zu vermeidende Anordnung.

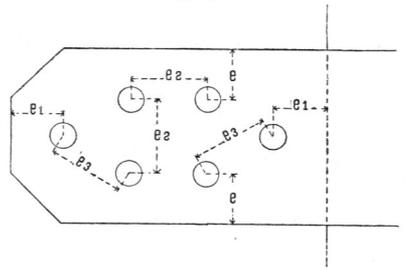
Wenn der zu befestigende Stab aus mehreren Theilen besteht (Winkelleisen, T-Eisen, Blechen etc.), so ordne man zur Verbindung jedes Theiles die für diesen allein erforderliche Zahl von Nieten an.

Zur Befestigung von Winkelleisen und E-Eisen gebraucht man oft eine verhältnismäßig grofse Zahl von Nieten, 5 bis 6 (oftmals noch mehr) und damit eine lange Reihe hinter einander stehender Niete. Man vermeidet dies durch Hinzufügen eines kurzen Winkelleisenstückes, welches die im senkrecht zur Knotenblechebene stehenden Schenkel wirkende Spannung aufnimmt und in das Knotenblech weiter leitet (Fig. 500).

Man wählt den Nietdurchmesser d gewöhnlich und zweckmäßig doppelt so groß, wie die Stärke des anzuschließenden Stabes, d. h. man macht $d = 2\delta$. Bei den Dachbindern dürfte als kleinster regelmäßiger Nietdurchmesser $d = 15 \text{ mm}$ und

als grösster $d = 23$ mm (ausnahmsweise 26 mm) zu wählen fein. Es empfiehlt sich aber wegen der einfachen Herstellung nicht, viele verschiedene Nietforten zu verwenden, sich also an die Formel $d = 2\delta$ ängstlich zu halten. Man ordne nur wenige, zwei, höchstens drei, verschiedene Nietforten an. Als Grundeinheit führt man den Nietdurchmesser d ein. Wir empfehlen folgende Abmessungen (Fig. 501), an welche man sich aber nicht ängstlich zu halten braucht; die angegebenen Werthe sind Mittelwerthe:

Fig. 501.



Abstand der Mitte des äussersten Nietes vom Rande des Stabes, gemessen in der Richtung der Stabaxe:

$$e_1 = 2d \text{ bis } 2,5d;$$

Abstand der Mitte des äussersten Nietes vom Rande des Stabes, gemessen in der Richtung senkrecht zur Stabaxe:

$$e_2 = 2d \text{ bis } 2,5d;$$

Abstand der Nietmitten von einander in der Richtung senkrecht zur Stabaxe und in der Richtung der Stabaxe:

$$e_3 = 3d.$$

Wenn die Niete in den Reihen gegen einander versetzt sind, so wähle man den in der Schräge gemessenen Abstand der Nietmitten nicht kleiner als

$$e_3 = 3d.$$

Fasst man die im Vorstehenden vorgeführten Regeln für die Vernietung an den Knotenpunkten zusammen, so ergibt sich das Folgende.

Alle Stabaxen sollen sich in einem Punkte schneiden; die Zahl der zur Befestigung eines Stabes am Knotenbleche erforderlichen Nietquerschnitte muss

$$n \geq \frac{4 f_{\text{netto}}}{d^2 \pi}, \quad \text{bzw.} \quad n \geq \frac{2 f_{\text{netto}}}{3 d \delta}$$

fein. Der grössere der beiden für n erhaltenen Werthe ist zu einer ganzen Zahl aufzurunden. Befestigung eines Stabes mittels eines einzigen Nietes ist nicht empfehlenswerth. Jederseits der Stabaxe ordne man die gleiche Zahl von Nieten an; man setze die Niete möglichst symmetrisch zur Stabaxe. Man mache $d = 2\delta$, $e = 2d$ bis $2,5d$, $e_1 = 2d$ bis $2,5d$, $e_2 = 3d$ und $e_3 = 3d$. Das Knotenblech ist sehr stark zu nehmen; annähernd sei seine Stärke gleich d ; befestigt man die Gitterstäbe an einem durchlaufenden Stehblech der Gurtung, so mache man auch seine Stärke annähernd gleich d .

Man befestige die Stäbe am Knotenblech, bzw. am Stehblech wenn möglich durch zweifchnittige Niete. Einzelne Winkeleisen schliesse man mit Zuhilfenahme kleiner Winkeleisenstücke (nach Fig. 500) an.

3) Beispiele für die Bildung vernieteteter Knotenpunkte.

Fig. 502 bis 507 haben einen aus 2 Winkeleisen gebildeten Gurtungsquerschnitt; zwischen den lothrechten Schenkeln der Winkeleisen befindet sich ein Zwischenraum zum Einlegen der Knotenbleche.

Fig. 502²³²⁾ hat gleichschenkelige Winkeleisen; am Knotenblech sind Zug- und Druckdiagonalen befestigt; ähnlich ist der Knotenpunkt der unteren Gurtung (Fig. 503²³²⁾, bei welcher auf die wagrechten Winkeleisenchenkel Verstärkungsbleche gelegt sind. Die an die Knotenbleche angeschlossenen I-Träger tragen die gewölbte Decke des unter dem Dache befindlichen Raumes. Fig. 504²³²⁾ zeigt den Auflager-

186.
Zusammen-
stellung.

187.
I-förmiger
Gurtungs-
Querschnitt.

Fig. 502.

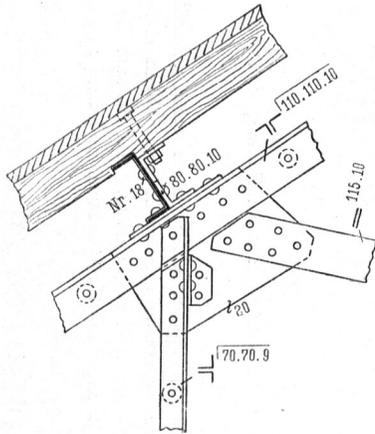
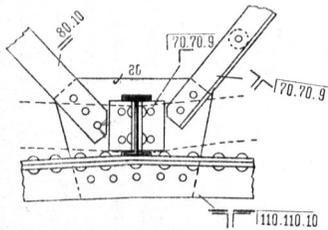


Fig. 503.



Vom Dache über den Wartefälern I. und II. Classe im Bahnhof zu Bremen²³².

1/20 n. Gr.

Fig. 504.

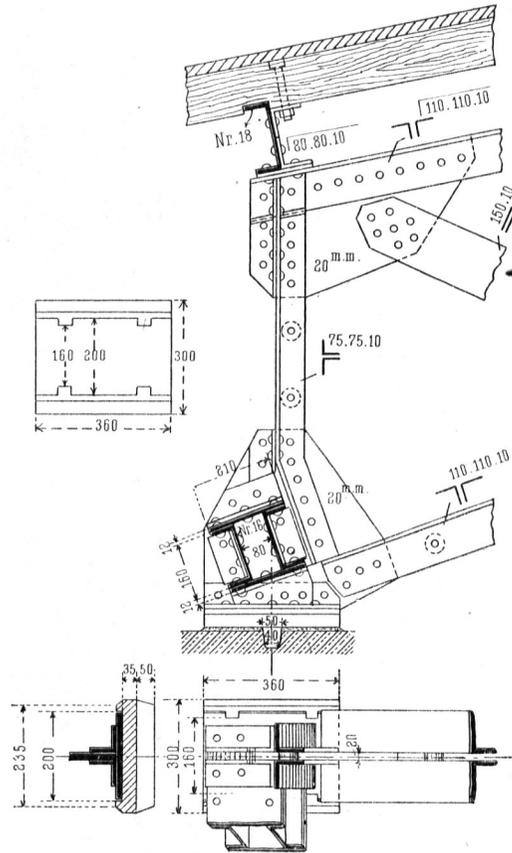
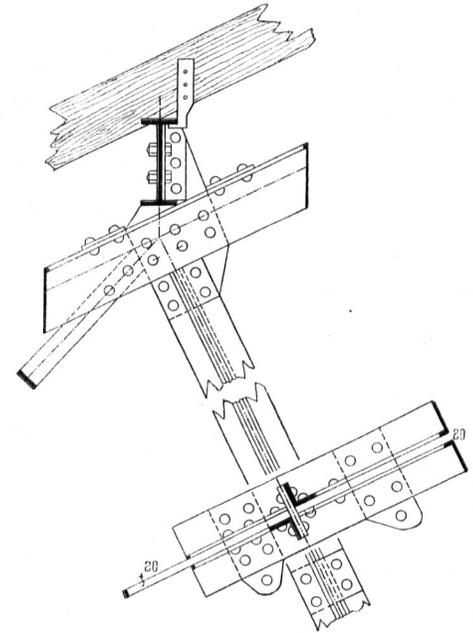


Fig. 505.



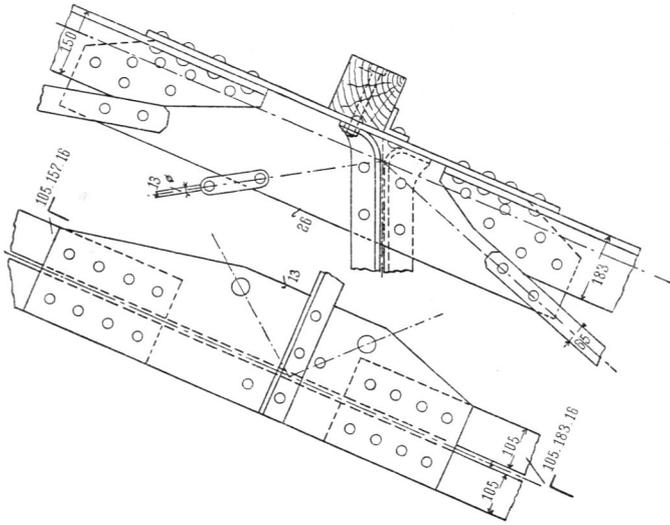
Von einem Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Avricourt.

1/20 n. Gr.

Knotenpunkt desselben Trägers und den in der Auflager-Lothrechten liegenden Knotenpunkt der oberen Gurtung.

Der in Fig. 505 dargestellte obere Gurtungs-Knotenpunkt hat ungleichschenkelige Winkeleisen; dieselben gefalteten die Befestigung der Zugdiagonalen zwischen den lothrechten Schenkeln. Eigenartig

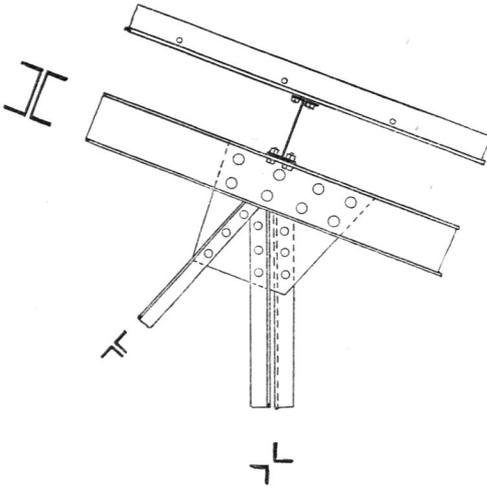
Fig. 506.



Vom Rathhaus zu Berlin²³³⁾.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.

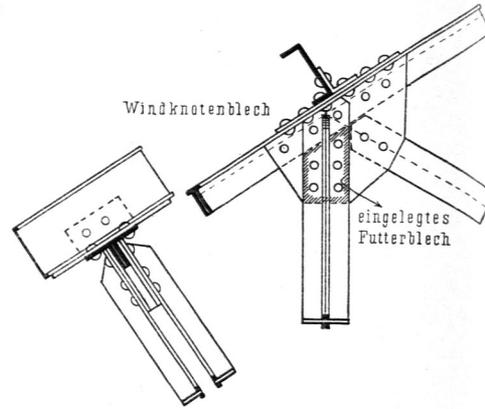
Fig. 508.



Von der Kunstgewerbeschule zu Karlsruhe²³⁷⁾.

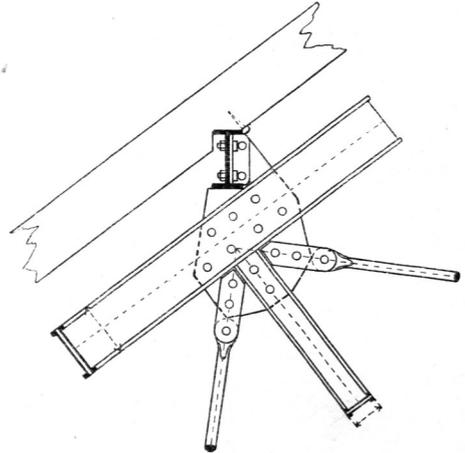
$\frac{1}{20}$ n. Gr.

Fig. 507.



$\frac{1}{20}$ n. Gr.

Fig. 509.



Vom Retortenhaus am Hellweg zu Berlin²³⁴⁾.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.

ist die Anordnung in Fig. 506²³³⁾. Die Gurtungs-Winkeleisen sind am Knotenpunkte durch wagrechte und lothrechte Knotenbleche gefloßen, an denen auch die Gitterstäbe angebracht sind. Wenn diese Stelle gegen Zerknicken genügend gefichert ist, so ist diese Construction zweckmäßig. Gut ist auch die Anordnung in Fig. 507; dabei sind die Winkeleisen der Gurtung ohne Zwischenraum an einander gelegt und

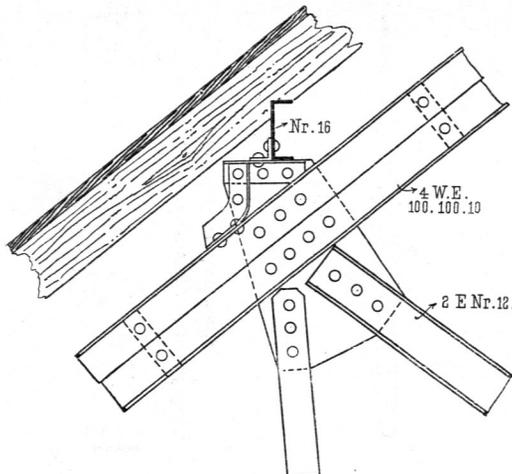
²³²⁾ Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, Bl. 17.

²³³⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1869, Bl. 56.

²³⁴⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1869, Bl. 24, 27.

Fig. 510.

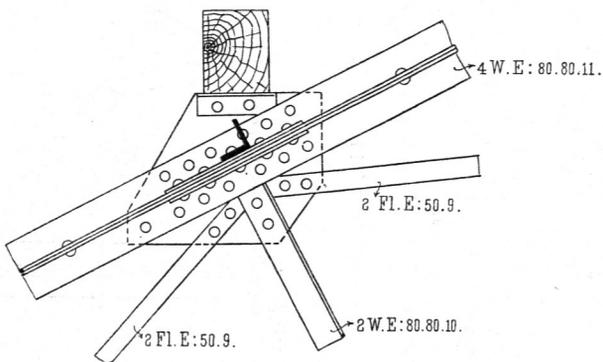
1/20 n. Gr.



Vom Dache
über der
Eingangshalle
des Bahnhof-
gebäudes
zu
Hildesheim.

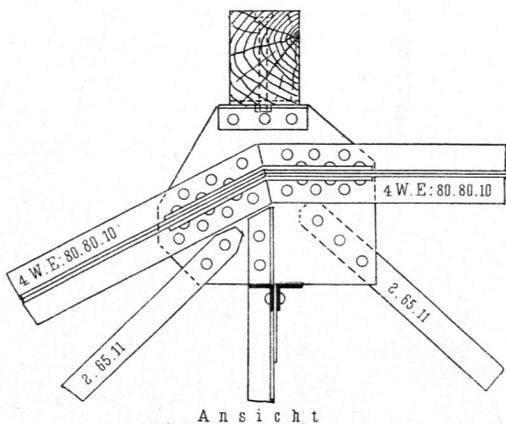
Fig. 511.

1/20 n. Gr.

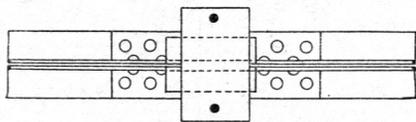
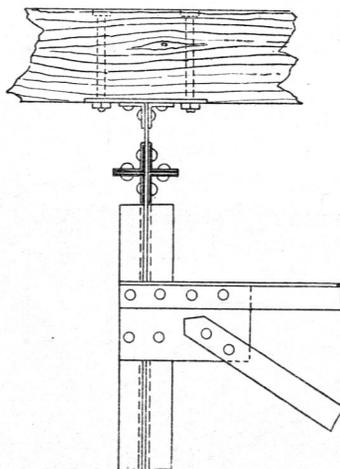


Von
der dritten
Gasanstalt
zu
Dresden²³⁵⁾.

Fig. 512.



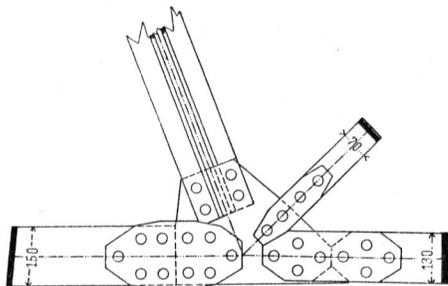
Ansicht



Grundriss

Von der dritten Gasanstalt zu Dresden²³⁵⁾. — 1/20 n. Gr.

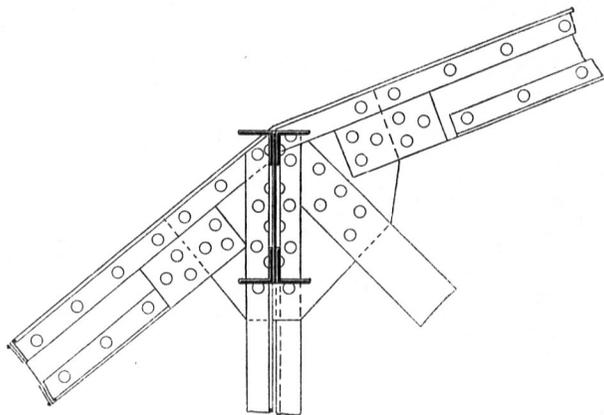
Fig. 513.



Von einem Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Avricourt.

1/20 n. Gr.

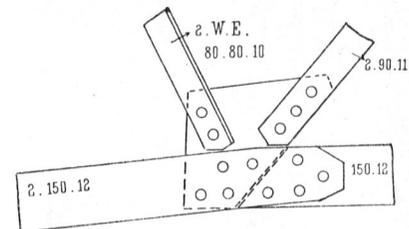
Fig. 514.



Vom Dach über dem großen Börnenfaal zu Zürich²³⁶⁾.

1/20 n. Gr.

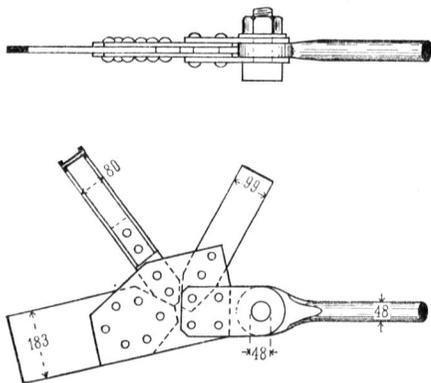
Fig. 515.



Von der dritten Gasanstalt zu Dresden²³⁵⁾.

1/20 n. Gr.

Fig. 516.



Von den Retortenhäufern am Hellweg zu Berlin²³⁴⁾.

1/20 n. Gr.

Fig. 517.

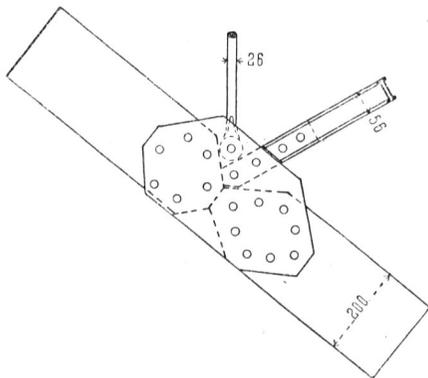
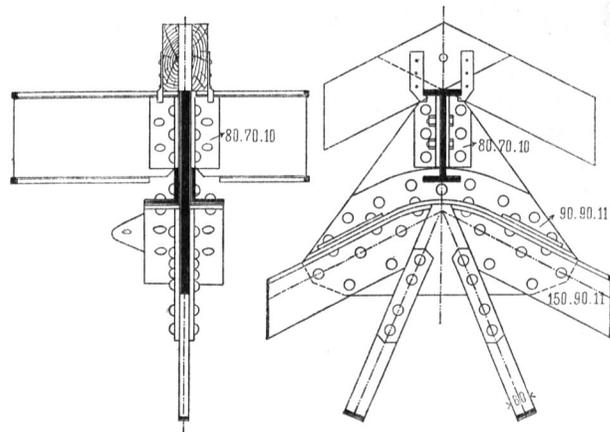


Fig. 518.



Vom Bahnhof zu Avricourt.

1/20 n. Gr.

doppelte auf die lothrechten Winkeleifenschenkel gelegte Knotenbleche verwendet, zwischen welche sich die Zugdiagonalen setzen, während die Druckstäbe aufsen aufgenietet sind.

Die zur Befestigung der Wind-Diagonalen dienenden Knotenbleche, welche zweckmäßig in die durch die oberen Gurtungen bestimmte Ebene gelegt werden, können hier leicht und bequem angebracht werden; man legt sie auf die wagrechten Winkeleifenschenkel (Fig. 502, 505 u. 507) oder unter dieselben; in letzterem Falle sind in jedem Knotenpunkte zwei solche sog. »Wind-Knotenbleche« erforderlich.

Fig. 508²³⁷⁾ u. 509²³⁴⁾ zeigen Mittelknotenpunkte für Gurtungen aus 2 **L**-Eisen. Bei Fig. 509 betragen die Abstände der **L**-Eisen 20 mm; in diesen Abstand ist das Knotenblech gelegt.

188.
Zwei **L**-Eisen
als Gurtung.

Um die Schwierigkeiten beim etwa erforderlichen Biegen der **L**-Eisen zu vermeiden, kann man jedes **L**-Eisen durch zwei Winkeleisen ersetzen. Einen Knotenpunkt für diesen Gurtungsquerschnitt zeigt Fig. 510. Für die Anordnung von vier zu einem Kreuz vereinigten Winkeleisen geben Fig. 511 u. 512²³⁵⁾ gute Beispiele. Knotenblech und Wind-Knotenbleche können hier leicht zwischen den Winkeleisen angebracht werden.

189.
Vier **L**-Eisen als
Druckgurtung.

Die Bildung der Knotenpunkte für diese Querschnittsform der Gurtungen ist in Art. 172 (S. 236) bereits besprochen, und in Fig. 469 u. 470 (S. 234) sind Beispiele vorgeführt. Eine etwas andere Lösung zeigt Fig. 514²³⁶⁾.

190.
I-förmiger
Gurtungs-
querschnitt.

Als wirksamer Druckquerschnitt ist hier offenbar nur der aus Stehblech und beiden oberen Winkeleisen bestehende Theil angenommen, so daß man die unteren beiden Winkeleisen vor den Laschen des Stehbleches aufhören lassen konnte. Das Knotenblech ist in die Ebene der Stehbleche gelegt, ersetzt dieselben, wo sie fehlen, und nimmt sowohl die Pfosten und Diagonalen, wie auch die Pfetten auf. Die im Stehbleche herrschenden Kräfte werden durch Doppellaschen in das Knotenblech geleitet.

Wenn die untere (Zug-) Gurtung einen der vorbesprochenen Querschnitte hat, so ist die Knotenpunktbildung, wie vorstehend angegeben. Etwas vereinfacht sich die Construction hier meistens, weil hier keine Pfette ansetzt. Fig. 503 giebt einen unteren Gurtungs-Knotenpunkt, in welchem allerdings die Construction kaum einfacher ist, als an den Knotenpunkten der oberen Gurtung, da sich in Fig. 503 ein Deckenbalken gegen das Knotenblech setzt. Sehr einfach wird die Anordnung meistens, wenn der Querschnitt der unteren Gurtung aus einem oder zwei Flacheisen besteht. Fig. 513, 515 bis 517^{234 u. 235)} geben gute, ohne besondere Erläuterung verständliche Beispiele.

191.
Knotenpunkte
der
Zuggurtung.

In Fig. 518 bis 525 ist eine Reihe von Beispielen für die Construction von Firt-Knotenpunkten vorgeführt; die Grundsätze, welche hierbei maßgebend sind, stimmen mit den in Art. 182 (S. 244) entwickelten überein. Meistens wird es sich empfehlen, am Firt die Gurtungsstäbe zu stoßen und hierbei als Stoßblech das Knotenblech zu verwenden. In Fig. 518 dient das Knotenblech zum Stoßen der lothrechten Schenkel beider Winkeleisen, während für den Stoß der wagrechten Schenkel besondere Winkeleisen aufgelegt sind. Eine verwandte Anordnung zeigen Fig. 519²³²⁾ u. 520²³³⁾. In dem zu Fig. 521 gehörigen Querschnitt sind die zum Stoß verwendeten Theile schwarz gehalten, die eigentlichen Querschnittstheile weiß geblieben; das wagrechte auf die Winkeleisen gelegte Knotenblech nimmt auch die Winddiagonalen auf. In Fig. 522²³⁵⁾ nimmt das Knotenblech die sämtlichen Stabkräfte auf; gegen Ausbeulen ist es durch senkrecht zu den Binderebenen angeordnete Gitterträger gesichert, welche die Binder mit einander verbinden.

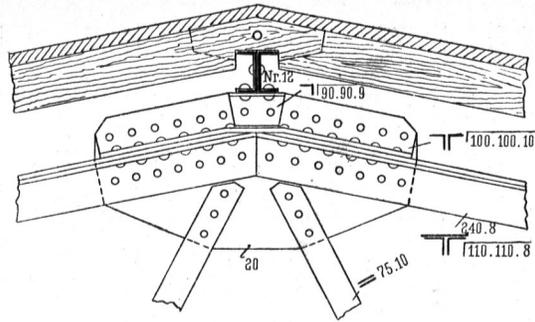
192.
Firt-
Knotenpunkte.

235) Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, Bl. 858, 859.

236) Nach: Eisenbahn, Bd. 9, Beil. zu Nr. 8.

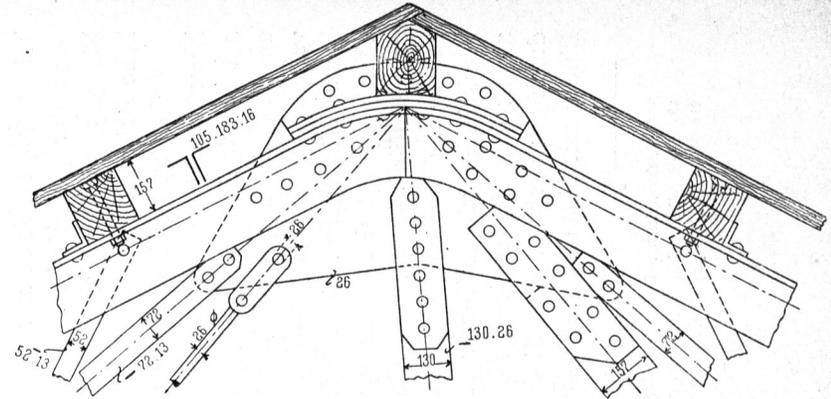
237) Nach freundlicher Mittheilung des Herrn Oberbaudirector Professor Dr. *Durm* in Karlsruhe.

Fig. 519.



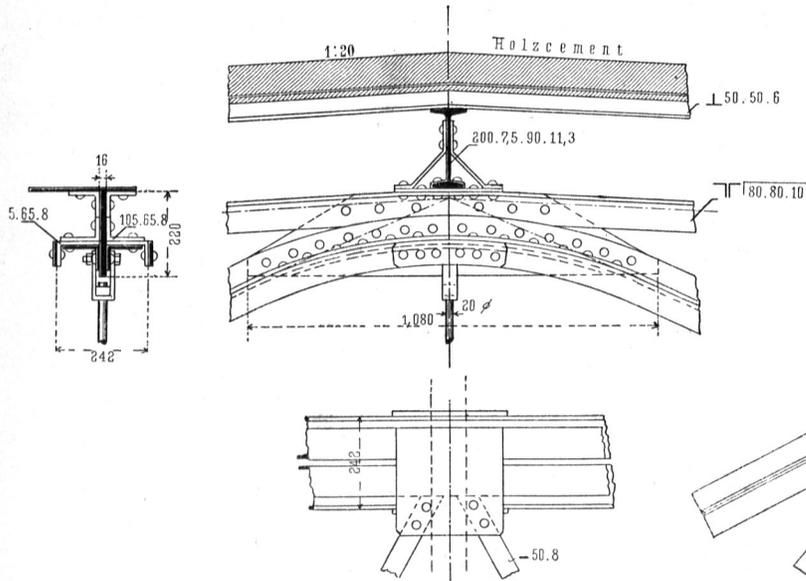
Vom Dach über dem Wartesaal III. und IV. Classe im Bahnhof zu Bremen²³²⁾.

Fig. 520.



Vom Rathaus zu Berlin²³³⁾.

Fig. 521.



Vom neuen Packhof zu Berlin.

1/20 n. Gr.

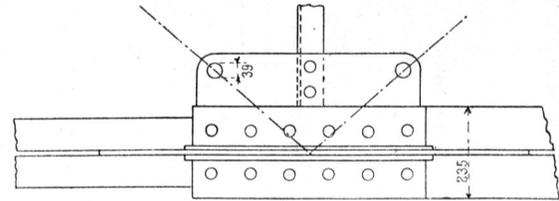
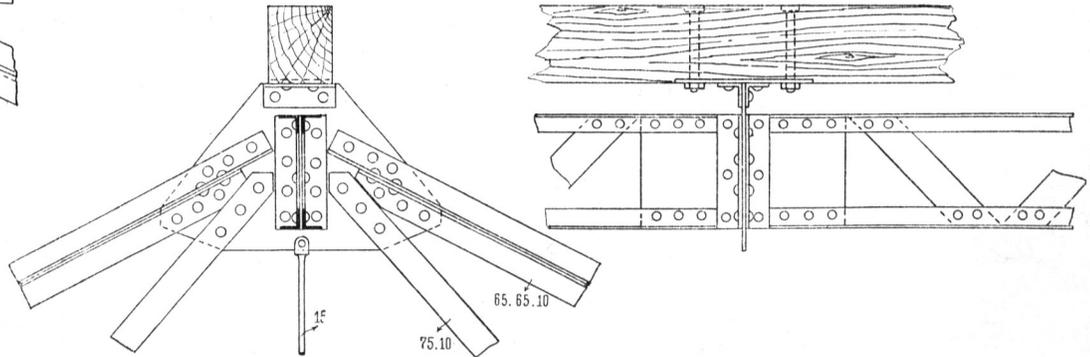


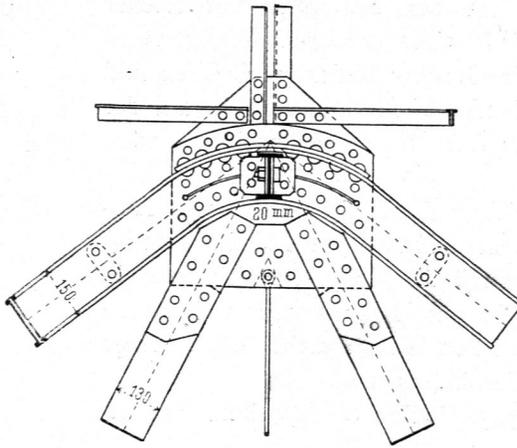
Fig. 522.



Von der dritten Gasanfalt zu Dresden²³⁵⁾.

Fig. 523.

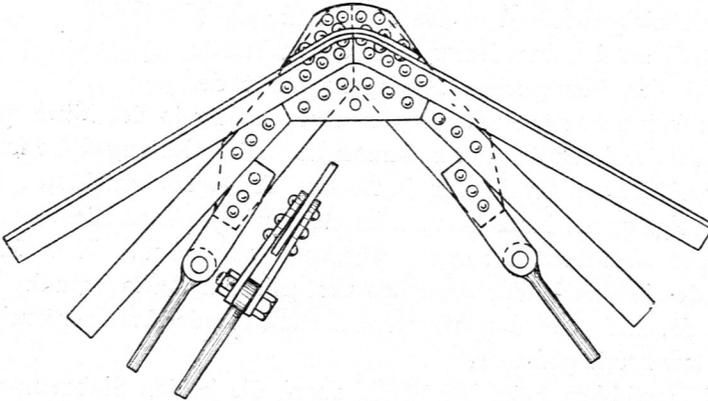
$\frac{1}{20}$ n. Gr.



Von den
Retortenhäufeln
am Hellweg
zu Berlin²³⁴).

Fig. 524.

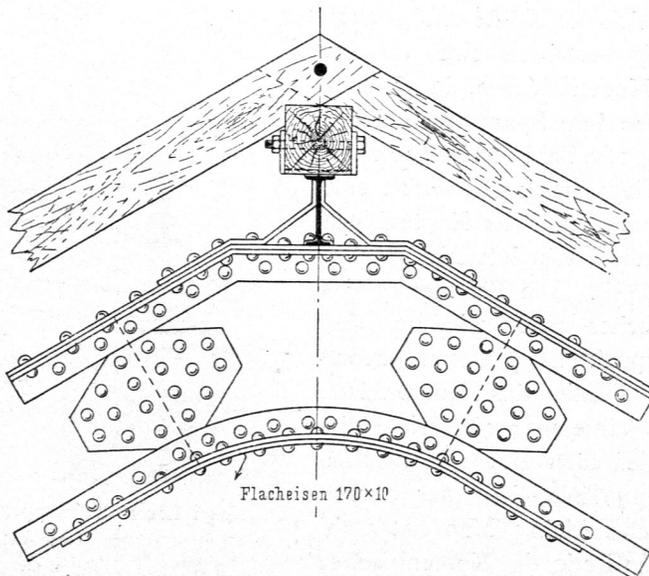
$\frac{1}{20}$ n. Gr.



Von den
Retorten-
häufeln
am Hellweg
zu
Berlin²³⁴).

Fig. 525.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.



Vom Waschhaus
des Kaiferin
Augusta-Bades
zu
Baden-Baden²³⁷).

Fig. 523²³⁴) ist ein von *Schwedler* entworfener Knotenpunkt am Firt eines *Polonceau*-(*Wiegmann*-) Daches; die beiden die Gurtung bildenden \square -Eisen sind gebogen; ob sie am Firt gestöfen sind, geht aus der Zeichnung nicht hervor; doch ist dies anzunehmen, wäre auch empfehlenswerth.

Eine gute Aussteifung des Firtpunktes gegen Ausbiegen aus der lothrechten Kraftebene ist sehr wichtig; wo diese Aussteifung durch die Firtpfette nicht erreichbar ist, sei es, weil sie aus Holz ist oder weil sie zu hoch über dem eigentlichen Knotenpunkte liegt, bringe man eine besondere Verbindung an.

Fig. 524²³⁴) u. 525²³⁷) sind ohne weitere Erläuterung verständlich.

Die Spannungen der im Auflager-Knotenpunkte zusammentreffenden Gurtungsstäbe müssen mit dem Auflagerdruck im Gleichgewicht sein; die drei Kräfte O , U und A (Fig. 526) müssen sich demnach in einem Punkte schneiden. Bei den beweglichen Auflagern wirkt der Auflagerdruck senkrecht zur Auflagerbahn, zweckmässig in der Mitte des Auflagers; der Schnittpunkt der Axen der hier zusammentreffenden Gurtungsstäbe soll also auf der senkrecht zur Auflagerbahn in der Mitte des Auflagers errichteten Linie liegen. Bei den festen Auflagern kann bekanntlich der Auflagerdruck Richtungen annehmen, welche von der Senkrechten zur Auflagerbahn abweichen. Hier sehe man den Schnittpunkt der beiden Endstabaxen als theoretischen Auflagerpunkt an und lege das Auflager so, dass der ungünstigstenfalls auftretende Auflagerdruck weder Auflager, noch Mauerwerk gefährdet.

Es wird empfohlen, beim Entwerfen zuerst die beiden Stabaxen und die lothrechte Mittellinie des Auflagers zu zeichnen und danach den Knotenpunkt zu construieren.

Der Ausgleich der Kräfte erfolgt auch hier zweckmässig vermittels eines (15 bis 20 mm) starken Knotenbleches, in welches die Gurtungsstäbe ihre Spannungen durch eine genügend grosse Zahl von Nietern übertragen; der Auflagerdruck wird durch eine Auflagerplatte und zwei das Knotenblech säumende Winkeleisen in letzteres geleitet (Fig. 527 u. 528²³⁵). Die Befestigung des Wind-Knotenbleches wird wie bei den anderen Knotenpunkten der oberen Gurtung vorgenommen. Damit das Knotenblech nicht ausbeule, wähle man die freie Höhe desselben von den säumenden Winkeleisen an bis zu den Winkeleisen der oberen Gurtung möglichst klein. Man hat wohl am mauerfertigen Ende des Knotenbleches

Fig. 526.

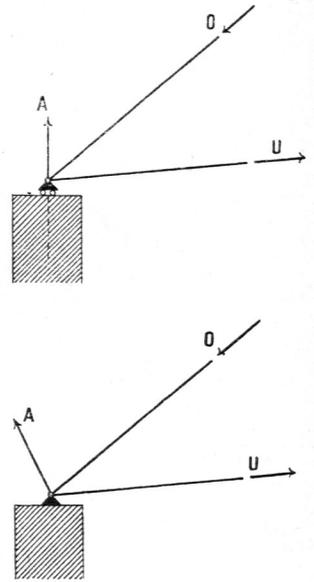
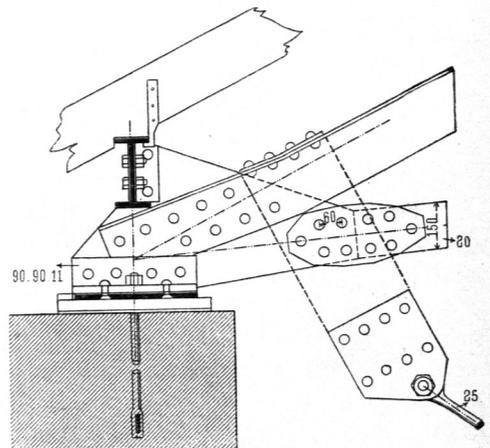


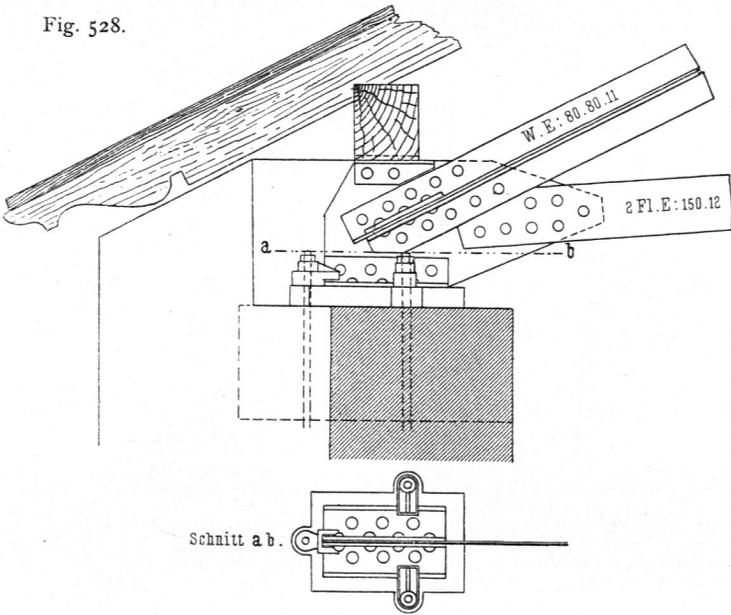
Fig. 527.



Von einem Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Avricourt.

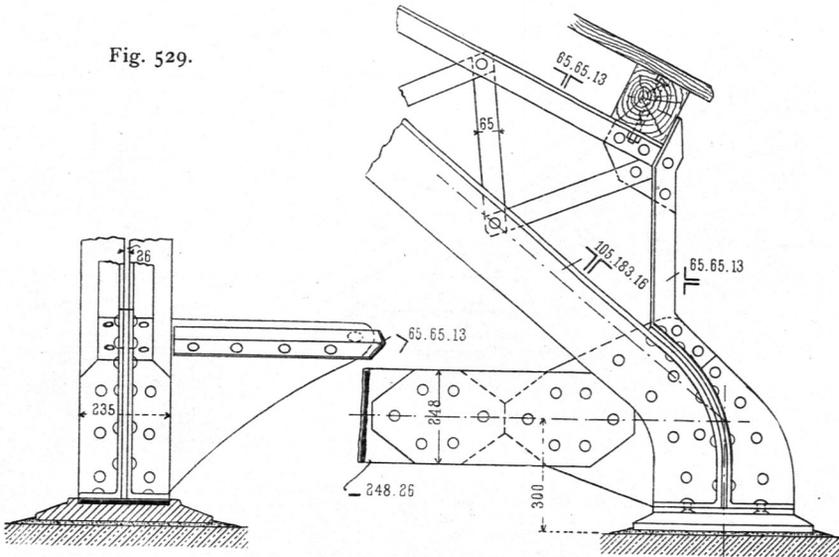
$\frac{1}{25}$ n. Gr.

Fig. 528.



Von der dritten Gasanfalt zu Dresden²³⁵⁾. — 1/20 n. Gr.

Fig. 529.



Vom
Rathhaus zu Berlin²³³⁾.

1/20 n. Gr.

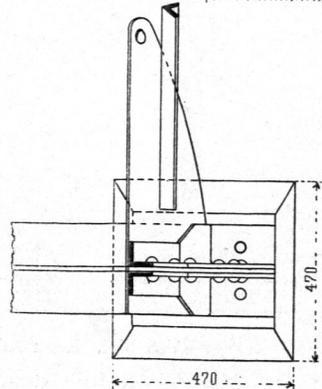


Fig. 530.

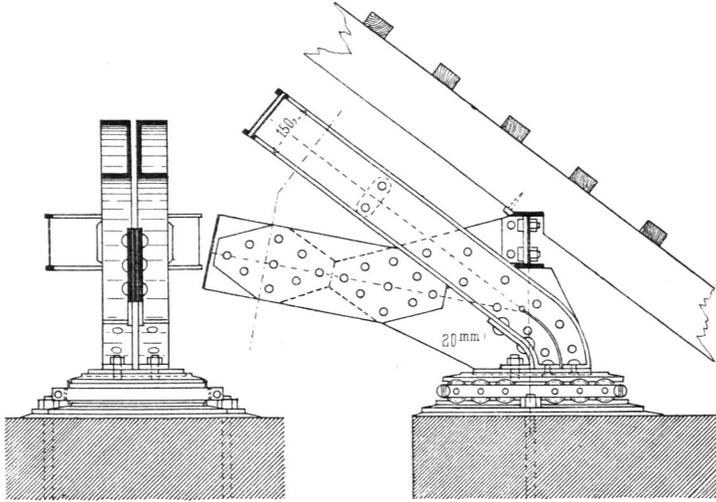


Fig. 531.

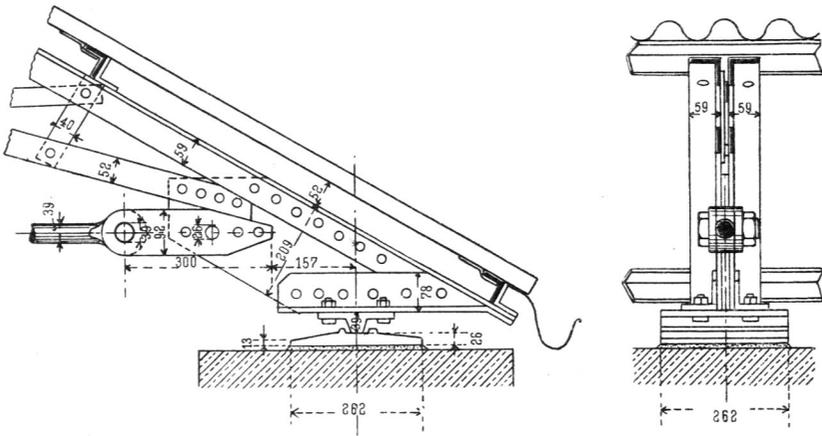
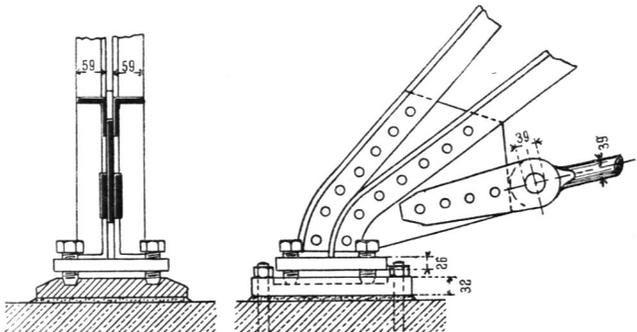


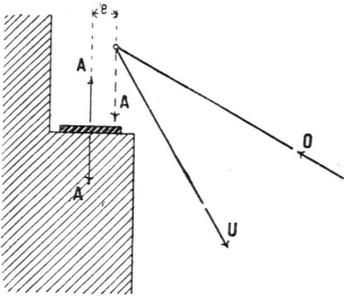
Fig. 532.



Von den Retortenhäufern am Hellweg zu Berlin²³⁴⁾.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.

Fig. 533.

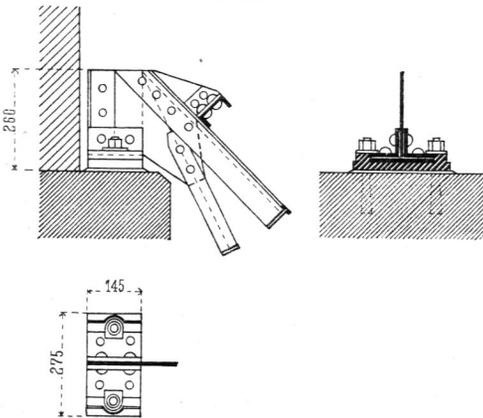


zur Ausfeilung lothrechte Winkeleisen angeordnet (Fig. 534). Besser setzt man diese über die Auflagermitte. Auch hat man die Enden der Winkeleisen, bzw. **E**-Eisen, welche den Querschnitt der oberen Gurtung bilden, gebogen, so dafs sie an ihren Enden eine lothrechte Tangente haben (Fig. 529 u. 530²³⁴ u. ²³⁵), aufserdem den einen Schenkel in die wagrechte Ebene umgelegt, wodurch bequeme Verbindung mit der Auflagerplatte möglich wird. Gute Beispiele von Auflager-Knotenpunkten für die verschiedenen Gurtungsquerschnitte zeigen Fig. 527 bis 532. Auflager-Knotenpunkte von Gelenkdächern mit und ohne Durchzug werden weiter unten vorgeführt werden.

Bei den Pultdächern ist es am oberen Auflager oft schwierig, den Schnittpunkt der beiden Stabaxen O und U (Fig. 533) in die Lothrechte der Auflagermitte zu legen. Ein Beispiel der nicht empfehlenswerthen Anordnung, bei welcher der Schnittpunkt der Stabaxen feitwärts von der Auflagermitte liegt, ist in Fig. 534

194.
Obere
Auflager-
Knotenpunkte
bei
Pultdächern.

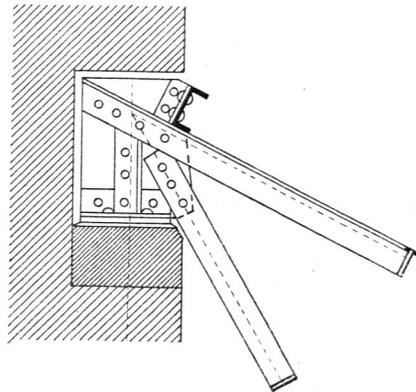
Fig. 534.



Vom Bahnhof zu Hainholz.

1/20 n. Gr.

Fig. 535.



Entwurf.

dargestellt. Für die Druckvertheilung an der Unterfläche des Auflagers ist aufser dem Auflagerdruck A auch das Moment Ae (Fig. 533) maßgebend. Es leuchtet ein, dafs hier das Mauerwerk sehr ungünstig, auch das Knotenblech stark auf Abscheren in Anspruch genommen wird. Eine bessere Construction ist in Fig. 535 gegeben.

4) Gelenk-Knotenpunkte.

Im Nachstehenden sollen unterschieden werden:

1) Vollkommene Gelenk-Knotenpunkte, d. h. solche, bei denen alle im Knotenpunkte zusammentreffenden Stäbe durch einen oder mehrere Bolzen mit einander verbunden sind.

195.
Allgemeines.

2) Unvollkommene Gelenk-Knotenpunkte, d. h. solche, bei denen ein Theil der im Knotenpunkte zusammentreffenden Stäbe durch Vernietung mit einander verbunden ist, während die anderen Stäbe mit Gelenkbolzen angegeschlossen sind.

Die vollkommene Gelenk-Knotenpunktverbindung kommt hauptsächlich in der gezogenen Gurtung zur Anwendung, die unvollkommene dagegen in der gedrückten (oberen) Gurtung vor. Die benachbarten Gurtungsstäbe werden bei letzterer mit einander vernietet, bzw. laufen einfach durch und die Gitterstäbe schliessen sich mit je einem oder mit einem gemeinsamen Bolzen an diese Verbindung. Der Anschlussbolzen eines Stabes muss die grösste im Stabe herrschende Kraft aufnehmen und an die Ausgleichstelle der Kräfte leiten können; die Ausgleichung findet bei Verwendung eines Centralbolzens in diesem, wenn mehrere Einzelbolzen und ein Knotenblech verwendet werden, im Knotenblech statt.

196.
Bolzen-
abmessungen.

Es darf weder ein Abscheren des Bolzens, noch ein zu grosser Druck in der Lochlaibung oder am Umfange des Gelenkbolzens auftreten. Wenn die Anzahl der auf Abscheren beanspruchten Querschnitte gleich n ist, der Bolzendurchmesser d , die zulässige Beanspruchung des Stabes für das Quadr.-Centim. gleich K , diejenige des Bolzens auf Abscheren $K' = \frac{4}{5} K$ ist und die im Stabe wirkende Grösstkraft P genannt wird, so muss

$$\frac{4}{5} K \frac{d^2 \pi}{4} \geq \frac{P}{n}$$

sein, falls man annehmen kann, dass nur Beanspruchung auf Abscheren eintritt und die gefamnte Stabkraft sich gleichmässig über die abzufcherenden Querschnitte vertheilt. Es folgt mit $f = \frac{P}{K}$, worin f die erforderliche Nettoquerschnittsfläche des Stabes ist,

$$\frac{d^2 \pi}{5} \geq \frac{f}{n} \quad \text{und} \quad d \geq 1,26 \sqrt{\frac{f}{n}} \dots \dots \dots 27.$$

Einseitiger Anschluss erhöht die Beanspruchung des Bolzens bedeutend durch die hinzukommenden Biegungsspannungen; man vermeide deshalb einseitigen Anschluss, falls es sich nicht um sehr kleine Kräfte handelt. Gewöhnlich ordnet man den Anschluss so an, dass zwei Querschnitte des Bolzens auf Abscheren beansprucht werden; alsdann ist $n = 2$ und man erhält

$$d \geq 0,89 \sqrt{f} \dots \dots \dots 28.$$

Damit der Druck am Umfange des Bolzens, bzw. in der Lochlaibung nicht zu gross werde, muss, wenn δ (in Centim.) die gefamnte Stabdicke auf dem Bolzen ist,

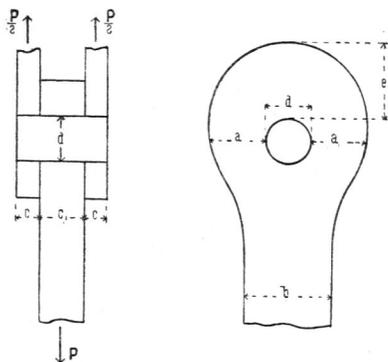
$$1,5 K d \delta \geq P \quad \text{fein, woraus} \quad d \geq \frac{P}{1,5 K \delta}$$

folgt, und mit $\frac{P}{K} = f$

$$d \geq \frac{2}{3} \frac{f}{\delta} \dots \dots \dots 29.$$

Wenn der Stab in mehreren Stücken auf dem Bolzen sitzt, so ist als δ die Summe der einzelnen Dicken einzuführen. Von den beiden Werthen, welche sich für d aus den Gleichungen 27 u. 29 ergeben, ist der grössere für die Ausführung zu wählen; erhält man aus der letzteren Gleichung sehr grosse Werthe, so kann man dieselben durch Vergrössern von δ , d. h. durch Verdickung der Stabenden verkleinern. Beispiele hierfür sind in Fig. 483 u. 537 vorgeführt. Die Vergrösserung der Dicke kann durch Aus Schmieden im Gelenk (bei den sog. Augenstäben) oder durch Aufnieten von Platten, letzteres sowohl beim Stabe selbst, wie beim Knotenblech, erreicht werden.

Fig. 536.



Die Bolzen werden in Wirklichkeit nicht nur auf Abfcheren beansprucht, sondern sie erleiden eine zusammengesetzte Beanspruchung auf Biegung und Abfcheren. Bei den einfachen, hier hauptsächlich vorkommenden Fällen, in denen ein zweitheiliger Stab mit einem Bolzen an einem Knotenbleche oder ein eintheiliger Stab zwischen einem doppelten Knotenbleche befestigt wird (Fig. 536), braucht auf diese vereinte Beanspruchung keine Rücksicht genommen zu werden. Es genügt, die Berechnung, aufser mit Rücksichtnahme auf Abfcheren, auch unter Zugrundelegung der Biegungsbeanspruchung vorzunehmen; die Stärke des Bolzens

ergibt sich für den Fall von Fig. 536 unter letzterer Rücksicht wie folgt. Nimmt man an, dafs die Kraft P sich auf die Länge c_1 des Bolzens gleichmäfsig vertheilt, so ist die Belastung desselben auf die Längeneinheit $p = \frac{P}{c_1}$ und in einem Querschnitt, der um x von der Berührungsfläche des Knotenbleches und Stabes nach innen liegt, ist das Biegemoment

$$M_x = \frac{P}{2} \left(\frac{c}{2} + x \right) - \frac{P}{c_1} \frac{x^2}{2}$$

und mit $c_1 = 2c$

$$M_x = \frac{P}{4} \left(c + 2x - \frac{x^2}{c} \right).$$

Das Moment erreicht seinen Gröfstwerth für $x = c$, d. h. es ist $M_{max} = \frac{Pc}{2}$, und die gröfste Biegungsbeanspruchung in diesem Querschnitt

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} d}{2 \mathcal{J}} = \frac{M_{max} 32}{d^3 \pi}.$$

Soll σ_{max} die zuläffige Beanspruchung K nicht überschreiten, so mufs

$$d^3 = \frac{M_{max} 32}{K \pi} = \frac{32 P c}{2 K \pi} \text{ sein, und mit } \frac{P}{K} = f \text{ wird } d^3 = \frac{16 f c}{\pi} \text{ oder}$$

$$d = 1,72 \sqrt[3]{f c} \quad \dots \quad 30.$$

Beispiel. Es sei $P_{max} = 22000 \text{ kg}$, $K = 800 \text{ kg}$ für 1 qcm , also $f = \frac{P}{K} = 27,5 \text{ qcm}$; ferner sei $c = 3 \text{ cm}$ und $c_1 = 6 \text{ cm}$. Alsdann müfste sein:

$$\text{nach Formel 28: } d \geq 0,89 \sqrt{f} \text{ oder } d \geq 4,67 \text{ cm,}$$

$$\text{nach Formel 29: } d \geq \frac{2}{3} \frac{f}{c_1} \text{ oder } d \geq 3,05 \text{ cm,}$$

$$\text{nach Formel 30: } d = 1,72 \sqrt[3]{f c} \text{ oder } d = 7,5 \text{ cm.}$$

Man wird $d = 7,5 \text{ cm}$ wählen; es genügt also nicht, nur nach den Formeln 28 u. 29 zu rechnen.

Grofse Durchmesser der Bolzen sind nicht wünschenswerth; der bei dieser Gelenk-Construction erstrebten Drehbarkeit der Stäbe um die theoretischen Knotenpunkte wirkt das Moment des Reibungswiderstandes am Umfange der Bolzen, d. h. mit dem Hebelsarme $\frac{d}{2}$, entgegen. Dasselbe hat, wenn der Reibungs-Coefficient

zu $0,15$ angenommen wird, den Werth $0,15 \frac{P d}{2} = 0,075 P d$. Schon bei ver-

hältnismäßig nicht großen Werthen von d ist dieses Moment genügend, um jede Drehung zu verhindern, so daß sich der Stab dann so verhält, als wäre er vernietet. Man hält deshalb die Bolzendurchmesser möglichst klein; zu diesem Zwecke vermindert man die Momente $\frac{Pc}{2}$ (siehe oben) möglichst durch Verringerung von c und gestattet ziemlich große Werthe für den Einheitsdruck an der Hinterseite des Bolzens. Dieser Werth kann bei Schmiedeeisen und Flusseisen auf 1500 bis 1800 kg für 1 qcm angenommen werden.

197.
Form der
Stabenden.

Die Enden der Stäbe müssen so geformt werden, daß ein Ab- und Aufreißen derselben nicht eintreten kann. In Amerika, wo diese Knotenpunktverbindung sehr verbreitet ist, wählte man früher eine längliche Form, falls der Stab ein Flach-eisen von der Breite b war und am Bolzen dieselbe Stärke δ hatte, wie an den anderen Stellen; man nahm (vergl. Fig. 536) $a = \frac{b}{2} + \frac{d}{3}$ und $e = \frac{b}{2} + \frac{2}{3}d$. Neuerdings ist man dort aber dazu übergegangen, die Oefen in ihrem äußeren Umfange concentrisch mit den Bolzenlöchern zu construiren. Der Kopf wird so breit gemacht, daß seine Querschnittsfläche an der schwächsten Stelle diejenige des Stabes um 33 bis 40 Procent übertrifft.

Bei dem nicht verdickten Stabende ist dann

$$\delta(D - d) = 1,40 b \delta, \text{ d. h. } D = d + 1,40 b$$

und bei einem auf δ_1 verdickten Kopfe

$$\delta_1(D - d) = 1,40 b \delta, \text{ d. h. } D = d + 1,40 b \frac{\delta}{\delta_1}.$$

Wenn der Zugstab statt eines rechteckigen einen anderen Querschnitt hat, so kann man statt $b\delta$ in die obigen Formeln die wirkliche Querschnittsfläche f einführen. Beim kreisförmigen Querschnitt (Fig. 537) erhalte man

$$\delta_1(D - d) = 1,40 f \text{ und } D = d + 1,40 \frac{f}{\delta_1}.$$

Die Werthe, welche sich hieraus für D ergeben, sind etwas klein; es empfiehlt sich, D größer zu wählen.

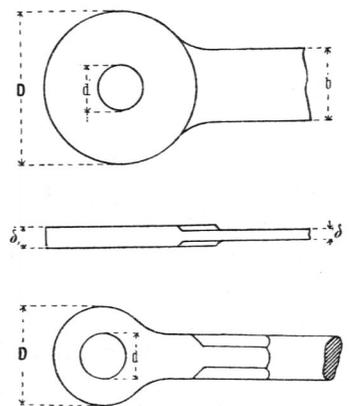
Beispiel. Im vorhergehenden Beispiel war $P_{max} = 22000$ kg, $f = 27,5$ qcm und $d = 7,5$ cm; es genügte also ein Rundeisen von 6 cm Durchmesser. Man erhält aus obigen Formeln $D = d + 1,4 \frac{27,5}{\delta_1}$; ist $\delta_1 = 6,0$ cm, so wird $D = 7,5 + 1,4 \frac{27,5}{6,0} = 13,94$ cm ≈ 14 cm.

In Deutschland macht man die Enden der Stäbe sowohl länglich (Fig. 482, 547 u. 548), wie auch concentrisch (Fig. 561). In Frankreich scheint die letztere Form mehr üblich zu sein (Fig. 543).

Es wird empfohlen, an dieser Stelle nicht mit dem Material zu sparen; die Sicherheit des Ganzen hängt von dieser Stelle ab, und gerade hier spielt die mögliche Ersparnis nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Bei einer Querschnittsform des Stabes, welche nicht ohne Weiteres das Anbringen eines Bolzenloches gestattet — wie z. B. bei den kreuzförmigen, **E**- und **I**-förmigen Querschnitten — verwandelt man zunächst den Querschnitt in einen rechteckigen durch Einlegen oder Aufnieten von Blechen. Beispiele sind in Fig. 470, 539, 540 u. 541 vorgeführt.

Fig. 537.

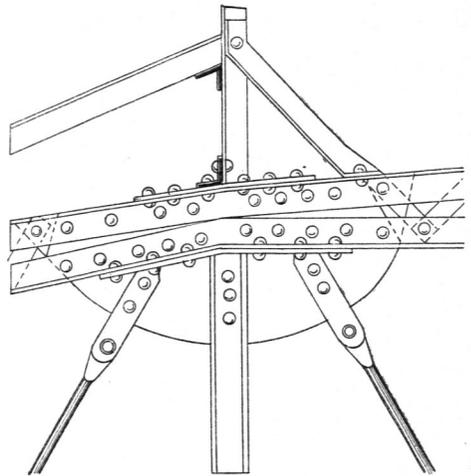


Bei den auf Druck beanspruchten Stäben ist hier zu beachten, daß die eingelegten Bleche gegen Ausbeulen, bzw. Ausknicken stark genug fein müssen.

Schraubenmutter und Kopf können die üblichen Maße erhalten (Durchmesser des dem sechseckigen Kopfe eingeschriebenen Kreises $D = 1,4 d + 0,5$ cm, Höhe der Mutter $h = d$, Höhe des Kopfes $h_1 = 0,7 d$); die Muttern und Köpfe können aber auch viel weniger hoch gemacht, ja sogar ganz fortgelassen und durch einen kleinen Splint ersetzt werden (Fig. 482), da eine Beanspruchung in der Längsrichtung des Bolzens nicht eintritt und die durch die Stabspannungen am Bolzenumfang erzeugte Reibung weitaus genügt, um Verschiebung zu verhüten.

Fig. 538²³⁸⁾, 539²³⁴⁾ u. 541²³⁹⁾ zeigen vollkommene Bolzenverbindungen, bei denen die Stäbe je mit besonderen Bolzen angeschlossen sind. Die Construction mit einem einzigen Bolzen für alle Stäbe ist in Fig. 540²³⁹⁾ vorgeführt; bei derselben kommt man häufig zu großen Bolzenlängen; die Momente, welche im Bolzen Biegun-

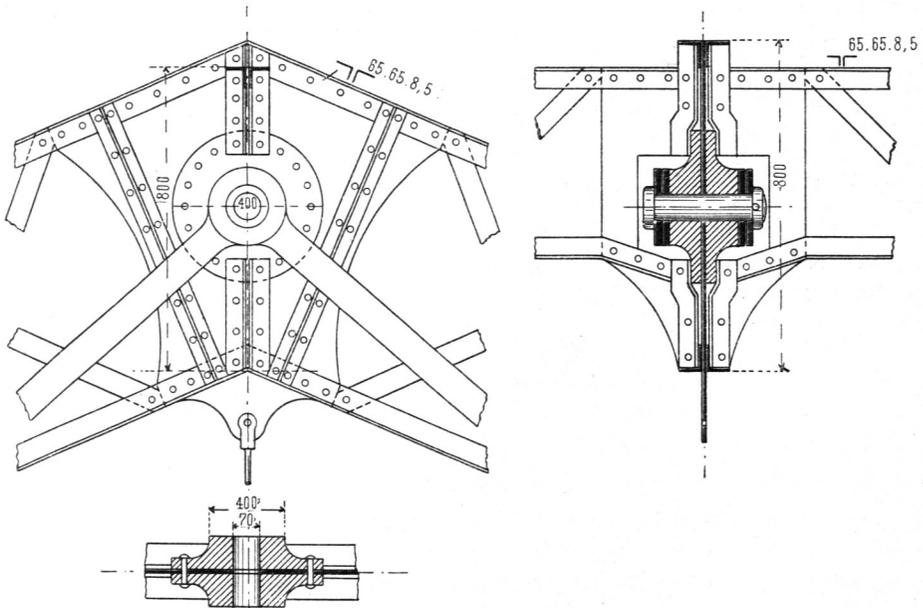
Fig. 542.



Vom früheren Empfangsgebäude der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zu Berlin²⁴⁰⁾.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.

Fig. 543.



Von der Bahnhofshalle zu Neapel²⁴¹⁾.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.

²³⁸⁾ Nach: WIST, a. a. O., Bd. I. Taf. 28.

²³⁹⁾ Facf.-Repr. nach: Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1887, Taf. XXXII.

²⁴⁰⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1870, Bl. 33.

²⁴¹⁾ Nach: *Nouv. annales de la constr.* 1857, Pl. 47-48.

spannungen erzeugen, werden dann groß und damit auch der erforderliche Bolzendurchmesser. Um nicht zu große Bolzendurchmesser zu erhalten, empfiehlt es sich deshalb, wenn eine größere Zahl von Stäben sich im Knotenpunkte trifft, für jeden Stab einen besonderen Bolzen zu wählen; jeder derselben kann kurz und schwach fein.

Befonders wird auf die seitliche Versteifung der von *Gerber* construirten, in Fig. 540 u. 541 dargestellten Knotenpunkte hingewiesen. Für Momente, welche senkrecht zur Binderebene wirken, ist bei Fig. 538 u. 539 keine Vorkehrung getroffen; *Gerber* hat für diese ein besonders geformtes Blech zwischen den Stäben der Gurtung angeordnet, welches senkrecht zur Binderebene liegt, daher der Drehung der Stäbe in der lothrechten Ebene sehr geringen Widerstand entgegengesetzt, aber eine Biegung der Stäbe aus der Binderebene heraus sehr wirksam verhindert. Für die Muttern und Köpfe der Bolzen ist das Blech ausgeschnitten; an demselben können auch Querverbindungsstäbe und Winddiagonalen befestigt werden.

Fig. 542²⁴⁰⁾ u. 543²⁴¹⁾ zeigen die unvollkommene Bolzenverbindung mit Knotenblechen, an welche die Zugstäbe mit Doppellaschen anschließen. Die Knotenbleche können einfach oder doppelt sein, auch an der Stelle, wo der Bolzen durchgeht, durch aufgenietete oder aufgeschraubte Platten verstärkt werden.

Die Kämpfer- und Scheitelgelenke der Gelenkdächer werden bei der Besprechung der Auflager mit behandelt werden.

5) Auflager.

Zwischen die Binderfüße und die Auflagersteine werden bei den eisernen Dächern besondere Constructionstheile eingeschaltet, die sog. Auflager. Dieselben haben die Aufgaben:

198.
Aufgaben.

1) die Berührungsfläche zwischen dem Eisen und dem Mauerwerk so zu vergrößern, daß der ungünstigstenfalls auf die Flächeneinheit des Mauerwerkes (bezw. des Auflagersteines) entfallende Druck nicht zu groß wird;

2) die Stelle, an welcher der Auflagerdruck wirkt, möglichst genau fest zu legen;

3) eine Bewegung des Binders gegen das Mauerwerk in gewissem Grade zu ermöglichen.

Die Wichtigkeit der zuerst angegebenen Aufgabe ist ohne Weiteres einleuchtend. Selbst wenn man sehr harten Stein als Auflagerstein wählt, kann man nicht denselben Druck zwischen diesem und dem Eisen zulassen, wie zwischen Eisen und Eisen. Gewöhnlich wird der Binderfuß auf eine gusseiserne Platte gesetzt, deren untere Fläche auf dem Lagerstein ruht; diese Fläche muß so groß bemessen werden, daß die zulässige Beanspruchung des Steines nicht überschritten wird. Man kann als zulässige Druckbeanspruchung für das Quadr.-Centimeter einführen²⁴²⁾:

199.
Größter Druck
auf das
Mauerwerk.

10 kg Druck für Ziegelmauerwerk in Cementmörtel;

15 kg Druck für Klinkermauerwerk in Cementmörtel und Quader aus Sandstein mittlerer Güte;

25 kg Druck für Quader aus Kalkstein und Sandstein bester Güte;

50 kg Druck für Quader aus Granit;

75 kg Druck für Quader aus Basalt.

Die unter 2 angeführte Aufgabe der Lager ist gleichfalls sehr zu beachten. Man berechnet die Binder unter der Annahme einer ganz bestimmten Lage der

200.
Lage des
Angriffspunktes.

²⁴²⁾ Nach: SCHARROWSKY, C. Mufterbuch für Eisen-Constructionen. Theil I. Leipzig u. Berlin 1888. S. 48.

Auflagerdrücke, muß dann aber Sorge tragen, daß diese Annahme durch die Construction erfüllt wird. Auch auf die Beanspruchung der Gebäudemauern hat die Lage dieser Kräfte großen Einfluß. Unrichtige Construction der Auflager kann zur Folge haben, daß die Auflagerkraft nahe an die Vorderkante der Mauer fällt, wodurch das Mauerwerk sehr ungünstig beansprucht wird. Die heutige Constructionskunst legt mit Recht großen Werth darauf, daß, wie auch die Belastung sich ändere, nur die Größe und Richtung des Stützendruckes sich ändere, nicht aber die Lage des Angriffspunktes dieser Kraft.

201.
Bewegliche
und feste
Auflager.

Was endlich die unter 3 erwähnte Beweglichkeit des Binders gegen das Mauerwerk anlangt, so ist auf die Nothwendigkeit einer solchen für die Balken-Dachbinder bereits in Theil I, Band 1, erste Hälfte (Art. 216, S. 380²⁴³) dieses »Handbuches« hingewiesen. Bei Wärmeänderungen dehnt sich das Eisen aus, bezw. verkürzt sich seine Länge; diese Verlängerungen und Verkürzungen müssen möglich fein; anderenfalls entstehen bedeutende wagrechte Kräfte, welche von den Bindern auf das Mauerwerk übertragen werden, die Seitenmauern gefährden und die Auflagersteine lockern. Es genügt, wenn von den beiden Auflagern das eine beweglich gemacht wird; das andere muß fest mit dem Binder und dem Mauerwerk verbunden werden, damit die wagrechten Seitenkräfte der Winddrücke in die Seitenmauern übertragen werden können. Hinzu kommt, daß die Berechnung der Balkenbinder bei zwei festen Auflagern ungenauer und schwieriger wird, als bei einem festen und einem beweglichen Auflager.

Bei den Sprengwerkdächern dagegen müssen beide Auflager feste sein, da an jedem derselben der Auflagerdruck, welcher hier Kämpferdruck genannt wird, eine wagrechte Seitenkraft hat; hier beseitigt man die Temperaturspannungen der Stäbe durch Anordnung eines Zwischengelenkes, das meistens in den Scheitel gelegt wird.

Nach Vorstehendem unterscheiden wir demnach feste und bewegliche Auflager; bei den ersteren ist eine Bewegung des Binders gegen das Mauerwerk nicht möglich; bei den letzteren wird dieselbe thunlichst erleichtert. Bewegung ist aber nur in dem Maße möglich, wie die Stäbe des Fachwerkes elastisch oder durch Temperaturerhöhungen, bezw. Erniedrigungen ihre Längen ändern. Um die Bewegung möglichst leicht zu machen, verwendet man bei größeren Dachbindern Rolllager, d. h. Lager, bei welchen zwischen Binder und Mauerwerk ein Rollenwagen eingeschaltet ist; hier kommt also rollende Reibung in Frage. Für kleinere Dächer genügen sog. Gleitlager; bei der Bewegung der einzelnen Theile der Gleitlager tritt gleitende Reibung auf.

202.
Auf bewegliche
Lager wirkende
Kräfte.

Die Ermittlung der lothrechten Stützendrücke, welche auf ein wagrecht bewegliches Lager wirken, ist im eben angeführten Halbband dieses »Handbuches« (Art. 417 u. 418, S. 381 u. 382²⁴⁴) gezeigt; aber auch wagrechte Kräfte können am beweglichen Auflager auftreten. So lange dieselben kleiner sind, als der zwischen den beiden Berührungsflächen wirkende Reibungswiderstand, findet keine Bewegung statt; so lange wirkt das Auflager genau wie ein festes. Nennt man den Reibungscoefficienten für Eisen auf Eisen μ , den lothrechten Stützendruck an diesem Lager A , so ist der Reibungswiderstand hier

$$H \leq \mu A.$$

²⁴³) 2. Aufl.: Art. 205, S. 187.

²⁴⁴) 2. Aufl.: Art. 206 u. 207, S. 188.

Für A ist der denkbar grösste Werth einzuführen, d. h. derjenige Werth, welcher sich bei gleichzeitiger Belastung durch Eigengewicht, Schnee und Winddruck ergibt. Man erhält leicht beim Satteldach für einen Binderabstand e , für eine Sparrenlänge λ und für den Winddruck w auf 1 qm schräger Dachfläche, falls die Firshöhe des Binders mit h , die Stützweite mit l bezeichnet wird und $\Sigma(N)$ die vom Winde auf eine Dachseite übertragene Kraft bedeutet,

$$A_{max} = (g + s) \frac{le}{2} + \Sigma(N) \frac{\cos \alpha}{4} (3 - \text{tg}^2 \alpha).$$

Nun ist $\Sigma(N) = \lambda w e$ und $\text{tg} \alpha = \frac{2h}{l}$, also

$$A_{max} = (g + s) \frac{le}{2} + \lambda w e \cos \alpha \left(\frac{3}{4} - \frac{h^2}{l^2} \right).$$

Der Reibungs-Coefficient μ für Eisen auf Eisen ist etwa 0,15 bis 0,2; doch wird man sicherer (wegen der Verunreinigungen der Lager durch Staub u. f. w.) $\mu = 0,25$ annehmen, womit jedoch noch nicht der ungünstigste Werth eingeführt ist.

Beispiel. Es sei $l = 16 \text{ m}$, $g = 40 \text{ kg}$, $s = 75 \text{ kg}$, $e = 4,3 \text{ m}$, $\alpha = 26^\circ 40'$ und $w = 72 \text{ kg}$; alsdann wird

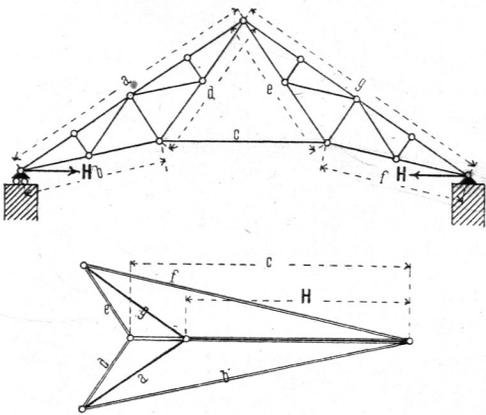
$$A_{max} = 5666 \text{ kg}$$

und

$$H \leq 0,25 \cdot 5666 = \approx 1420 \text{ kg}.$$

Diese Grösse kann die auf die Gebäudemauern übertragene wagrechte Kraft H an jedem Binder annehmen, durch dieselbe werden hauptsächlich die Seitenmauern gefährdet; aber auch die inneren Spannungen im Fachwerk werden durch die Kraft H vergrößert. Diese Zusatzkräfte sind für den in Fig. 544 angegebenen Binder neben stehend graphisch ermittelt.

Fig. 544.



Bei weit gespannten Dachbindern kann W recht groß werden. Eine Verminderung ist durch Verkleinerung des Reibungs-Coefficienten möglich, und zwar durch Einführung der rollenden Reibung an Stelle der gleitenden. Wenn d der Rollendurchmesser (in Met.) ist, so kann man den Reibungs-Coefficienten für die zwischen zwei Platten laufenden Rollen $\mu_1 = \frac{0,002}{d}$ setzen²⁴⁵⁾, d. h. für

$d = 0,04$	$0,05$	$0,08$	$0,1$	$0,15 \text{ m}$
$\mu_1 = 0,05$	$0,04$	$0,025$	$0,02$	$0,013.$

In Wirklichkeit wird auch hier μ_1 größer sein, als obige Tabelle angiebt, weil man Staub und Schmutz nicht fern halten kann. Immerhin ist aber der Reibungs-Coefficient hier wesentlich kleiner, als bei den Gleitlagern.

Gleitlager genügen erfahrungsgemäß bis zu Stützweiten der Binder von 20 bis 25 m; bei schweren Dächern und weiten Binderabständen wird die untere Grenze, bei leichtem Deckmaterial und kleinen Binderabständen die obere Grenze in Frage kommen. Bei größeren Weiten ist es üblich und zweckmäßig, Rollenlager zu wählen.

Die Auflager haben zwei Haupttheile: den Obertheil, welcher in fester Verbindung mit dem Binder ist, und den Untertheil, welcher mit dem Mauerwerk fest

203.
Gleitlager.

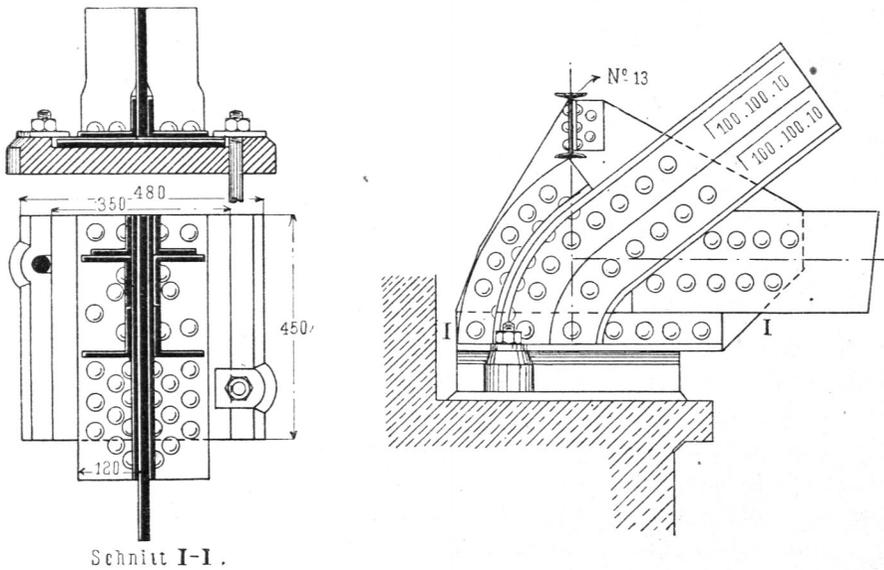
204.
Construction
der
Auflager.

²⁴⁵⁾ Vergl. des Verfassers Abhandlung in: Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Brückenbau, II. Abth. 2. Aufl. S. 33.

verbunden wird. Je nachdem sich der obere Theil gegen den unteren bewegen kann oder nicht, hat man ein bewegliches oder ein festes Auflager; beide unterscheiden sich hierdurch allein. Man kann ein bewegliches Lager durch Anordnung einer Nafe, einer Schraube und dergl. leicht zu einem festen machen, eben so umgekehrt durch Befeitigung des Hemmmittels ein festes Auflager zu einem beweglichen. Wir werden deshalb beide Arten der Auflager gemeinsam besprechen können; nur die Rollenlager werden besonders behandelt.

Ueber dem Obertheil, unter dem Binderende, ist meistens noch eine Blechplatte angeordnet; eben so soll man stets zwischen dem Untertheil und dem Auflagerstein eine Zwischenlage, aus Blei oder Cement, anordnen; die Bleiplatte macht man 3 bis 4 mm und die Cementschicht 10 bis 15 mm stark. Diese Zwischenlage soll für eine möglichst gleichmäßige Uebertragung des Druckes auf die ganze Fläche des

Fig. 545.



Schnitt I-I.

Vom Bahnhof zu Hildesheim.

 $\frac{1}{15}$ n. Gr.

Auflagersteines Gewähr leisten. Das Lager muß ferner so gestaltet sein, daß es eine Bewegung des Binders auch in der Richtung senkrecht zur Binderebene verhindert.

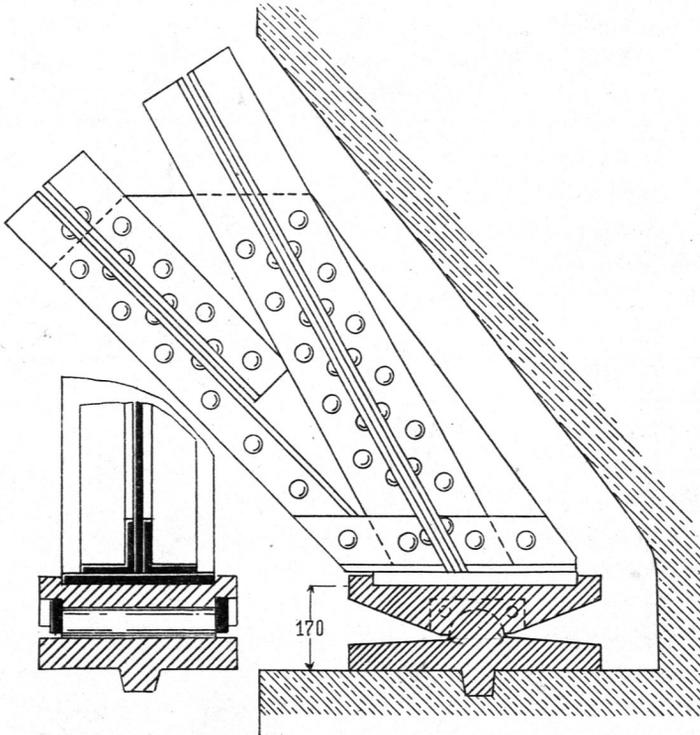
205.
Flächenlager.

Bei den älteren Dachbindern und auch heute noch bei kleinen Bindern überträgt der Dachbinder seinen Druck auf das Lager mittels einer ebenen Berührungsfläche. Die nicht ganz glücklich gewählte Bezeichnung dieser Lager ist Flächenlager. Sie haben den Nachtheil, daß bei einer Durchbiegung des Binders die der Innenkante nahe liegenden Theile der Auflagerfläche viel stärker beansprucht werden, als die nahe der Außenkante liegenden Theile; die letzteren erhalten unter Umständen gar keinen Druck. So verlegt sich die Mittelkraft aller Drücke, d. h. der Auflagerdruck, weit nach vorn, nach der Innenkante zu, und hierdurch wird das Seitenmauerwerk ungünstig beansprucht. Solche Auflager zeigen Fig. 504, 528, 529, 534, 535 u. 545.

Die Kipplager sind wesentlich besser; sie gestatten das Kippen des oberen Auflagertheiles gegen den unteren und damit zugleich das Durchbiegen des Binders, ohne dass die Lage des Auflagerdruckes sich merklich verschiebt. Man unterscheidet Zapfen-Kipplager und Tangential-Kipplager.

Bei den Zapfen-Kipplagern findet die Berührung in einem Zapfen statt, welcher gewöhnlich am Untertheile sitzt (Fig. 546); der Obertheil des Auflagers enthält die zugehörige Pfanne. Meistens haben Zapfen und Pfanne gleichen Durchmesser; doch kann man auch die Pfanne mit einem größeren Durchmesser herstellen, als den Zapfen. Wenn der Zapfen im Querschnitt einen Halbkreis bildet, an welchen sich

Fig. 546.



Vom Erbgrofsherzoglichen Palais zu Karlsruhe²³⁷).

$\frac{1}{15}$ n. Gr.

der Untertheil berührend anschliesst, so darf man die Pfanne nicht mit einem vollen Halbkreis von gleichem Durchmesser construiren, weil sich dann bei einer Drehung beide Theile in einander »fressen«.

Bei den bisher besprochenen Zapfen-Kipplagern war der Zapfen aus Gusseisen; man verwendet vielfach auch Zapfen aus Schweisseisen, Flusseisen oder Stahl und bildet dann sowohl Obertheil, als auch Untertheil des Lagers als Pfanne aus. Ein Beispiel zeigt Fig. 547; die Auflager-Knotenbleche sind durch aufgelegte Bleche und aufgeschraubte Gufsstücke verstärkt; sie übertragen ihren Druck auf den im gusseisernen Untertheil gelagerten Stahlbolzen von 80 mm Durchmesser. Wenn der Untertheil des Kipplagers wie in Fig. 547 fest mit dem Mauerwerk verbunden ist, so hat man ein festes Auflager; soll das Auflager ein bewegliches sein, so setzt man den Untertheil auf einen Rollenwagen. Dann bildet gewissermassen das ganze oberhalb

cylindrisches Loch des Obertheiles reicht. Verschiebung des Trägers gegen das Auflager wird hierdurch verhindert; Durchbiegung des Trägers ist aber möglich, da genügender Spielraum zwischen dem abgestumpften Kegel und dem cylindrischen Loch vorhanden ist. Fig. 549 zeigt ein solches Lager.

Befonders möge noch auf das in Fig. 531 dargestellte Auflager hingewiesen werden, welches von *Schwedler* construirt ist und zu den Tangential-Kipplagern gerechnet werden kann. Es empfiehlt sich jedoch, den am Binderende angeschraubten Obertheil des Lagers unten durch eine Cylinderfläche (statt durch eine Ebene) zu begrenzen, um allzu grofsen Druck auf die Flächeneinheit an der Innenkante der Druckfläche zu verhüten.

Nennt man den Halbmesser der Cylinderfläche R (in Centim.) und die Breite derselben senkrecht zur Binderebene b (in Centim.), so kann man

$$R = \frac{90 (A_{max})^2}{b^2} \dots \dots \dots 32.$$

wählen, wobei A_{max} wieder in Tonnen einzuführen ist.

Zu den Tangential-Kipplagern gehören auch diejenigen Anordnungen, bei denen Zapfen und Hohlcyliner verschiedene Halbmesser haben; der Hohlcyliner hat den gröfseren Halbmesser, und auch hier findet Abrollen statt. Der Fall in Fig. 549 ist nur ein Sonderfall dieser Constructure, wobei der Halbmesser des Hohlcyliners unendlich grofs ist.

Fig. 549.

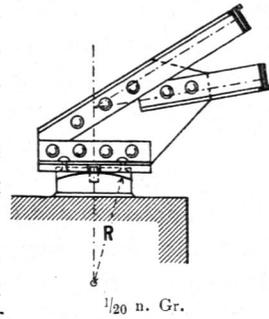
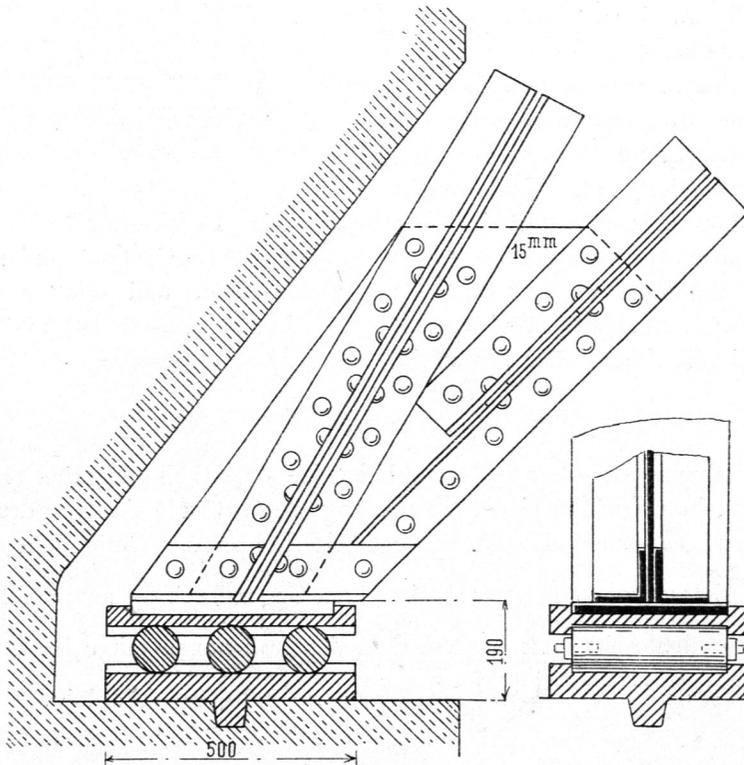


Fig. 550.



Vom Erbgrofsherzoglichen Palais zu Karlsruhe²³⁷⁾.

1/15 n. Gr.

208.
Rollenlager.

Bei den Rollenlagern befindet sich zwischen Ober- und Untertheil ein sog. Rollenwagen; demnach sind hier drei Theile vorhanden (Fig. 550):

1) Der Untertheil, gewöhnlich eine gusseiserne, über einem Cementbette auf dem Lagerstein befestigte Platte; die Befestigung geschieht mittels Steinschrauben, welche 25 mm stark und 12,5 bis 15 cm lang zu wählen sind.

2) Der Rollenwagen.

3) Der Obertheil, entweder ebenfalls eine einfache, am Binderfuß befestigte Gufseisenplatte oder ein Kipplager. Eine einfache Gufsplatte zeigt Fig. 530. Dieselbe hat oben einen ringsum laufenden Vorsprung, welcher eine Verschiebung des Binderendes gegen die Platte verhindert; Schrauben, deren untere Köpfe in ausgeparten Löchern Platz finden, verbinden Platte und Binderfuß. Ein Rollenlager mit Kipplager als Obertheil zeigt Fig. 548²⁴⁶⁾.

209.
Rollenwagen.

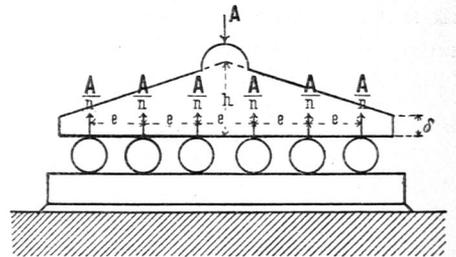
Die Rollen werden durch einen einfachen Rahmen zu einem Ganzen zusammengefaßt; im Rahmen sind die Rollen durch Zapfen an jedem Ende gelagert. Bei den Dachbindern sind die Rollen gewöhnlich aus Gufseisen und haben 40, 50, 60 bis 80 mm Durchmesser. Die Zahl der Rollen beträgt 3 bis 8, ausnahmsweise auch wohl nur 2. An ihren Enden erhalten die Rollen Vorsprünge, welche die seitliche Verschiebung derselben gegen den Obertheil, bezw. den Untertheil verhindern sollen. Die Länge der Rollen richtet sich nach der Breite des Obertheiles des Auflagers. Besteht dieser aus einer Gufsplatte nach Fig. 530, so nutzt es wenig, wenn man diese Platte viel breiter macht, als den Binder: man kann nicht annehmen, daß der Druck sich gleichmäßig über eine Platte vertheilt, die sehr viel breiter ist, als die Platte, welche den Druck vom Binder aus auf die erstere überträgt. Man wähle die Plattenbreite etwa als das 1,3- bis 1,5-fache der Binderbreite. Kann man nach der Construction eine gleichmäßige Vertheilung des Druckes auf die Rollen annehmen, nennt man die Zahl der Rollen n , ihre Länge b (in Centim.) und ihren Halbmesser r (in Centim.), so läßt sich für Gufseisenrollen und -Platten nach Weyrauch²⁴⁷⁾ $n b r = 45 A$ bis $20 A$ setzen. Ist $A = 20 t$, $b = 30$ cm und $r = 3$ cm, so ergibt sich die Anzahl der Rollen im Mittel zu

$$n = \frac{30 A}{b r} = \frac{30 \cdot 20}{30 \cdot 3} = 7.$$

Die Berechnung des Obertheiles und der den Untertheil bildenden Platte erfolgt unter der Annahme gleichmäßiger Vertheilung des größten Auflagerdruckes A_{max} auf alle Rollen, bezw. auf die ganze Auflagerfläche an der Unterfläche des Untertheiles. Jede der n Rollen (Fig. 551) übt einen Gegendruck $\frac{A}{n}$ aus; im Mittenquerschnitt des Obertheiles ist, falls der Abstand der Rollenachsen mit e bezeichnet wird,

$$M_{mitte} = \frac{A}{2} \frac{n e}{4} = \frac{A n e}{8}, \text{ wenn } n \text{ eine gerade Zahl ist;}$$

Fig. 551.



²⁴⁷⁾ Siehe: WEYRAUCH. Ueber die Berechnung der Brücken-Auflager. Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 142.

$$M_{\text{mitte}} = \frac{Ae}{8} \left(\frac{n^2-1}{n} \right), \text{ wenn } n \text{ eine ungerade Zahl ist.}$$

Man erhält für

$n =$	2	3	4	5	6	7	8
$M_{\text{mitte}} =$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{6}{7}$	1
	$\cdot Ae$						

Bei vollem Rechteckquerschnitt von der Breite b und Höhe h muß

$$\frac{b h^2}{6} = \frac{M_{\text{mitte}}}{k}$$

sein. Für Gußeisen ist k mit 250 kg oder 0,25 t für 1 qcm einzusetzen, also, wenn M in Tonnen-Centim. eingeführt wird:

$$\frac{b h^2}{6} = 4 M_{\text{mitte}} \quad \text{und} \quad h^2 = \frac{24 M}{b};$$

hierin ist b in Centim. einzusetzen und man erhält h in Centim.

Beispiel. Es sei $A_{\text{max}} = 20$ t, $b = 30$ cm, die Zahl der Rollen $n = 7$ und $e = 6,5$ cm; alsdann ist $M_{\text{mitte}} = 20 \cdot 6,5 \cdot \frac{6}{7} = 112$ Tonnen Centim., und es ergibt sich $h^2 = \frac{24 \cdot 112}{30} = 89,6$, woraus $h = 9,5$ cm. Dafür ist abgerundet $h = 10$ cm zu setzen.

Man kann leicht auch für jede Stelle des Obertheiles das Moment berechnen und daraus die erforderliche Stärke bestimmen. Nimmt man an, daß im Grenzfall die Last einen gleichmäßigen über die Unterfläche vertheilten Gegendruck erzeuge,

der auf die Längeneinheit die Größe $p = \frac{A}{2l}$ habe (wenn $2l$ die Länge des Obertheiles ist), so ist an beliebiger Stelle im Abstände x von der Mitte das Moment $M_x = \frac{p(l-x)^2}{2}$, und die erforderliche Stärke z ergibt sich aus der Gleichung

$$\frac{b z^2}{6} = \frac{p(l-x)^2}{2k} = \frac{A(l-x)^2}{4lk}.$$

Für $k = 0,25$ t ist, wenn A in Tonnen eingeführt wird,

$$\frac{b z^2}{6} = \frac{A(l-x)^2}{l} \quad \text{und} \quad z = (l-x) \sqrt{\frac{6A}{lb}},$$

d. h. die Endpunkte von z liegen auf einer Geraden. Für $x = 0$ ist

$$z_{\text{mitte}} = l \sqrt{\frac{6A}{bl}} = h;$$

für $x = l$ wird $z = 0$. Wegen der in der Rechnung nicht berücksichtigten Querkkräfte und aus Herstellungsrücksichten kann man die Stärke nicht in Null auslaufen lassen. Man macht die Stärke der Platte am Ende $\delta = 25$ bis 30 mm und verbindet den Endpunkt von δ mit demjenigen von h durch eine Gerade.

Die Unterplatte mache man 25 bis 50 mm stark.

Braucht man für beide Theile eine größere Höhe, so ordnet man Rippen an (Fig. 548, S. 270), welche 20 bis 40 mm stark gemacht werden. Bei der Berechnung ist der sich dann ergebende Querschnitt zu Grunde zu legen.

Die Rollen werden fast stets aus Gußeisen hergestellt; die beiderseitigen Zapfen (20 mm stark) aus Schweisseisen werden eingesetzt; sie können auch eingeschraubt werden. Alle Rollenzapfen finden jederseits ihr Lager in einem hochkantig gestellten Flacheisen (8 bis 10 mm stark); die beiden Flacheisen werden durch zwei

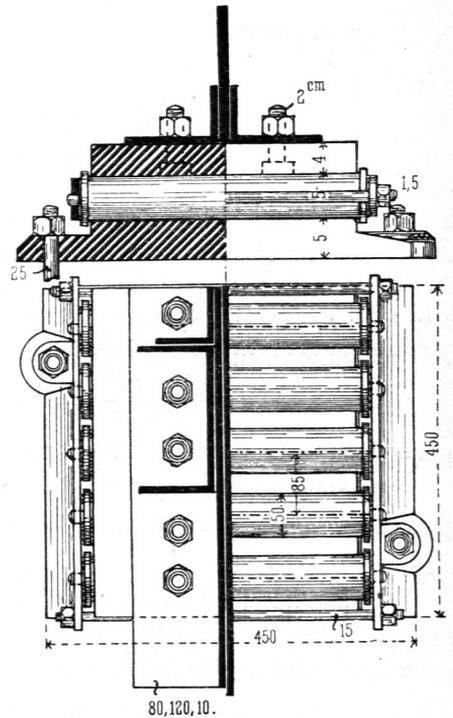
Rundeisen (Fig. 552) von 13 bis 15 mm Durchmesser oder auf andere Weise mit einander verbunden. Man hat auch wohl die beiden äußersten Rollen mit durchgehenden Rundeisen versehen, welche in dieser Weise gleichzeitig als Zapfen der betreffenden Rollen dienen (Fig. 548, S. 270).

Der Rollenweg hängt vom möglichen Unterschied der höchsten, bezw. kleinsten Temperatur gegenüber der mittleren, bezw. Aufstellungstemperatur ab. Wird die Wärmeausdehnungsziffer des Eisens α genannt, die Stützweite l und die Anzahl Grade C., um welche sich die höchste, bezw. niedrigste Temperatur von der mittleren unterscheidet $\pm t$, so ist der Weg nach jeder Seite $\Delta = \alpha t l$. Es ist $\alpha = 0,000118$ und $t = 30$ Grad C., also $\Delta = 0,00035 l$; der mögliche Weg ist also $0,0007 l$; statt dessen läßt man zweckmäÙig einen etwas größeren Spielraum und wählt

$$s = 0,001 l, \dots 33.$$

d. h. für jedes Meter der Stützweite rechnet man 1 mm Weg.

Fig. 552.



Vom Bahnhof zu Hildesheim.

$\frac{1}{10}$ n. Gr.

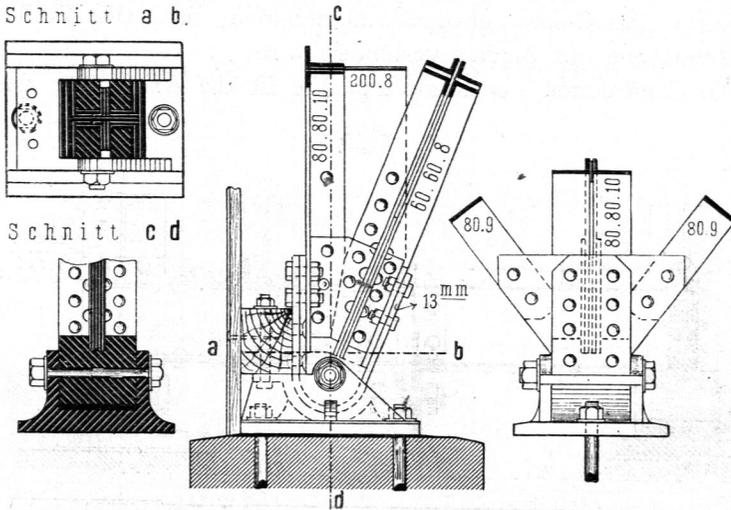
6) Kämpfer- und Scheitelpunkte der Gelenkdächer.

210.
Kämpfergelenke.

Die Kämpfer der Gelenkdächer sind eine besondere Form der Auflager; sie sollen feste Punkte darstellen, also weder lothrecht, noch wagrecht verschieblich sein. Allerdings kommen auch Kämpfer mit geringer, in sehr engen Grenzen möglicher Verschieblichkeit vor, und zwar bei den Sprengwerkdächern mit Durchzügen. Die an den Kämpferpunkten auf das stützende Mauerwerk übertragenen Kräfte können in der Kräfteebene — also in der Binderebene — beliebige Richtung haben: sie können sowohl Druckkräfte, wie unter Umständen auch Zugkräfte sein, so daß oft eine ausgiebige Verankerung der BinderfüÙe vorgenommen werden muß (Fig. 555). Meistens treffen im Kämpferpunkte zwei Gurtungsstäbe zusammen; die Spannungen dieser müssen mit der Kämpferkraft im Gleichgewicht sein, also sich mit dieser in einem Punkte schneiden. Da die Kraft aber die verschiedensten Richtungen annehmen kann und nur an die Bedingung gebunden ist, stets durch den Kämpferpunkt zu gehen, so folgt: Die Axen der beiden am Kämpfer zusammentreffenden Stäbe müssen sich im theoretischen Kämpferpunkte schneiden.

Soll ferner das Gelenk als solches wirksam sein, so muß die Drehung der betreffenden Binderhälfte um den Kämpfer möglich sein; sie darf nicht durch das am Kämpfer auftretende Reibungsmoment verhindert werden. Demnach ist der etwa anzuordnende Kämpferzapfen mit möglichst kleinem Durchmesser zu construieren, da das Reibungsmoment mit dem Zapfendurchmesser in geradem Verhältniß wächst, wobei allerdings die zulässigen Druckbeanspruchungen am Zapfenumfang nicht überschritten werden dürfen. Am besten sind diejenigen Constructionen, bei welchen

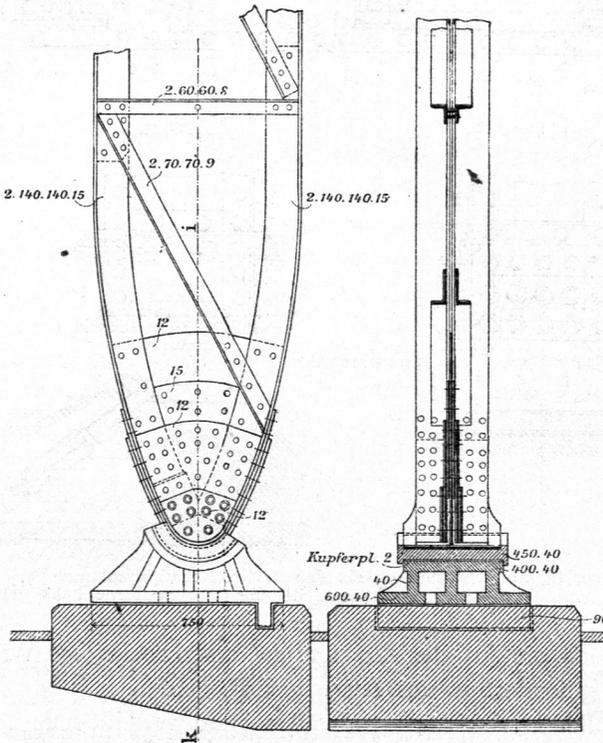
Fig. 553.



Vom Schuppen für den Bochumer Hammer²⁴⁸⁾.

$\frac{1}{15}$ n. Gr.

Fig. 554.



Von der Markthalle zu Hannover²⁴⁹⁾.

$\frac{1}{30}$ n. Gr.

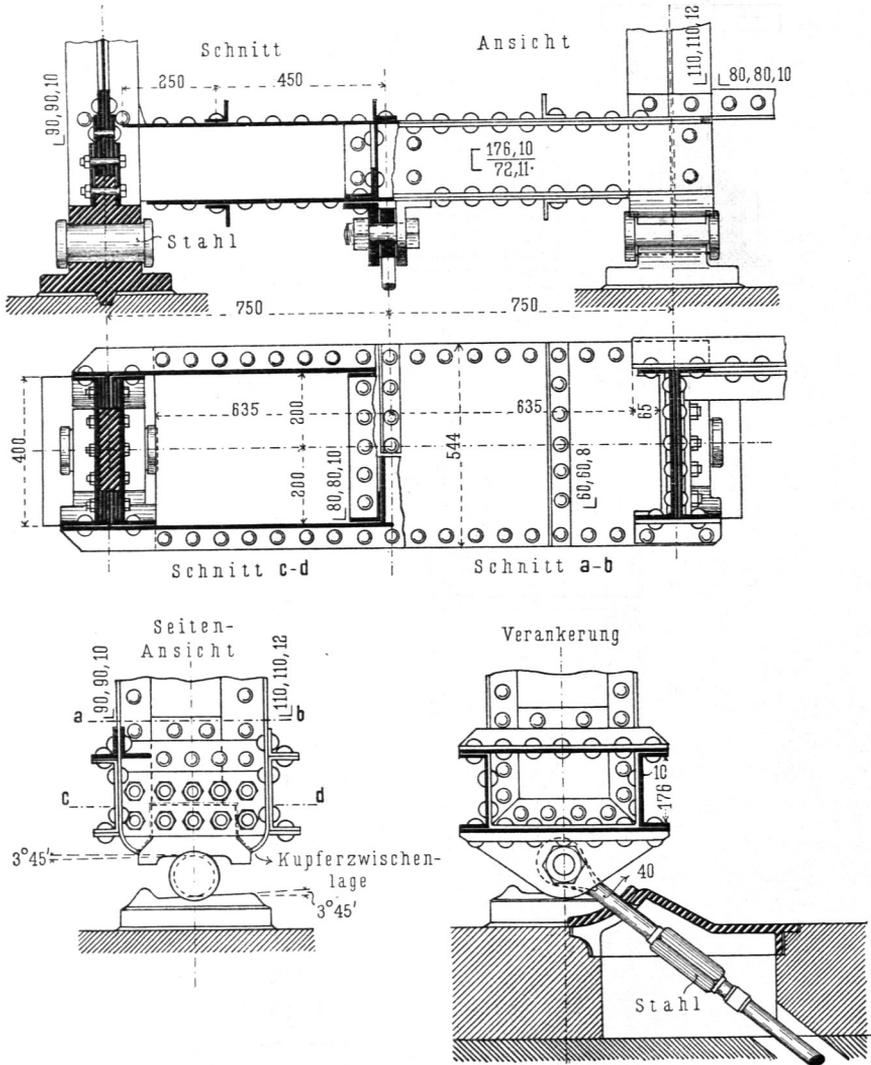
²⁴⁸⁾ Nach: Zeitchr. f. Bauw. 1869, Bl. 62.

²⁴⁹⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, Bl. 11.

der eine Theil auf dem anderen nicht gleitet, sondern rollt, wenn Drehung um den Zapfen eintritt. Das Gelenk ist derart auszubilden, dass eine Verschiebung senkrecht zur Mittelebene des Binders verhindert wird.

Für die Construction der Kämpferpunkte ist die Anordnung des Endknoten-

Fig. 555.



Vom Bahnhof Alexanderplatz der Berliner Stadteisenbahn²⁵⁰⁾.

$\frac{1}{20}$ n. Gr.

punktes einerseits und die Art der Auflagerung andererseits von Wichtigkeit. Beide Rückfichten sollen gefondert in das Auge gefasst werden.

Bei der Ausbildung des Endknotenpunktes sind verschiedene Lösungen möglich, um die hier zusammentreffenden Stabkräfte zu vereinen:

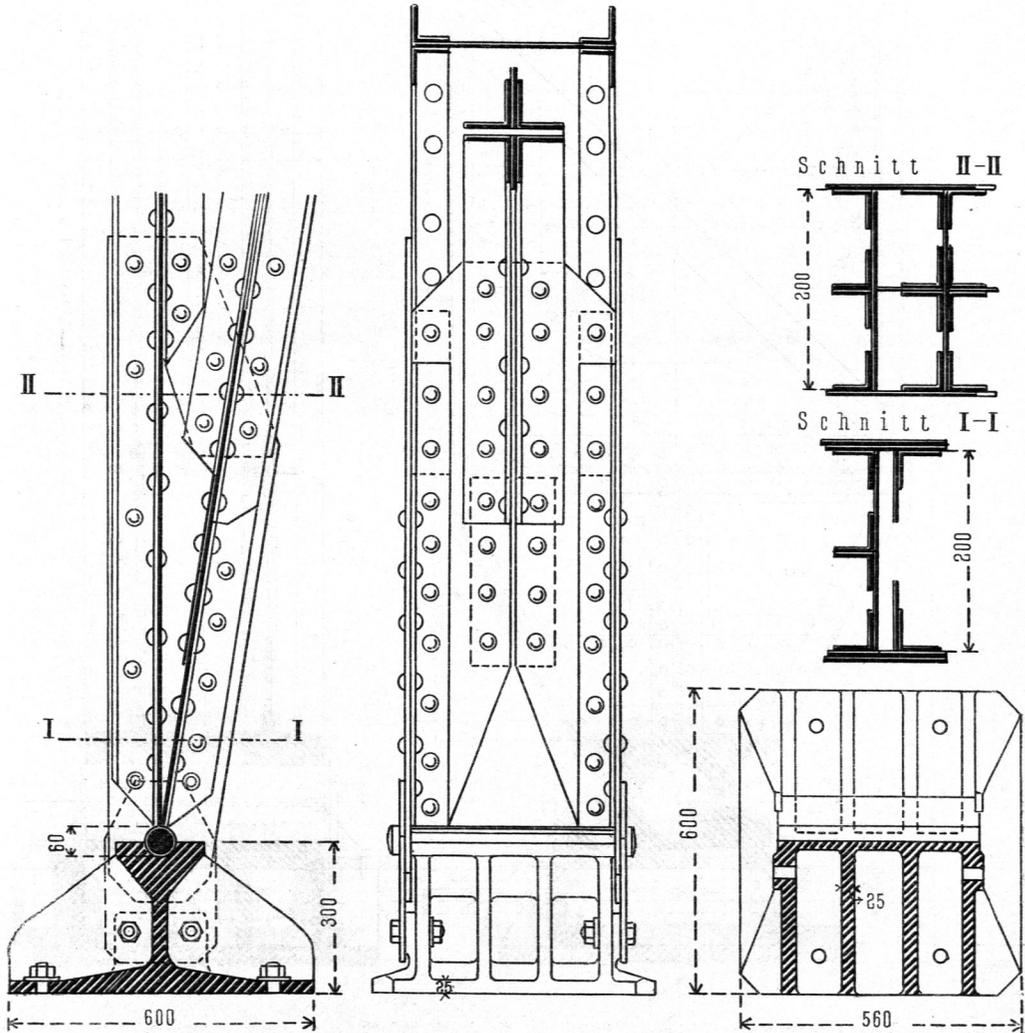
1) Man führt die Endstäbe der beiden Gurtungen geradlinig zusammen und confruit den Endknotenpunkt, wie die anderen Knotenpunkte (Fig. 553²⁴⁸⁾).

211.
Ausbildung
des
Endknoten-
punktes.

²⁵⁰⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1885, Bl. 16.

- 2) Man ordnet die Endstäbe der Gurtungen als gekrümmte Stäbe an (Fig. 554²⁴⁹).
- 3) Man bildet das Kämpferende des Binders vollwandig aus, etwa mit dem Querschnitte eines Blechträgers. Diese Anordnung wird besonders dann gern gewählt, wenn aus anderen Gründen die beiden Gurtungen schon in größerem Abstände vom Kämpfer nahe an einander liegen (Fig. 555²⁵⁰).

Fig. 556.



Von der Personenhalle auf dem Centralbahnhof zu Mainz²⁵¹).

$\frac{1}{15}$ n. Gr.

Bei den Anordnungen 1 und 2 verwendet man zweckmäÙig am Knotenpunkte ein kräftiges, gemeinsames Knotenblech; dieses muß bei der gekrümmten Form der Endstäbe (2) die radial wirkenden Kräfte aufnehmen können.

Fig. 553 giebt ein Beispiel für die Anordnung unter 1 und Fig. 554 ein solches für die Anordnung unter 2. Wenn die dritte Constructionsweise gewählt wird, so ist

²⁵¹) Nach freundlicher Mittheilung des Herrn General-Director Rieppel zu Nürnberg.

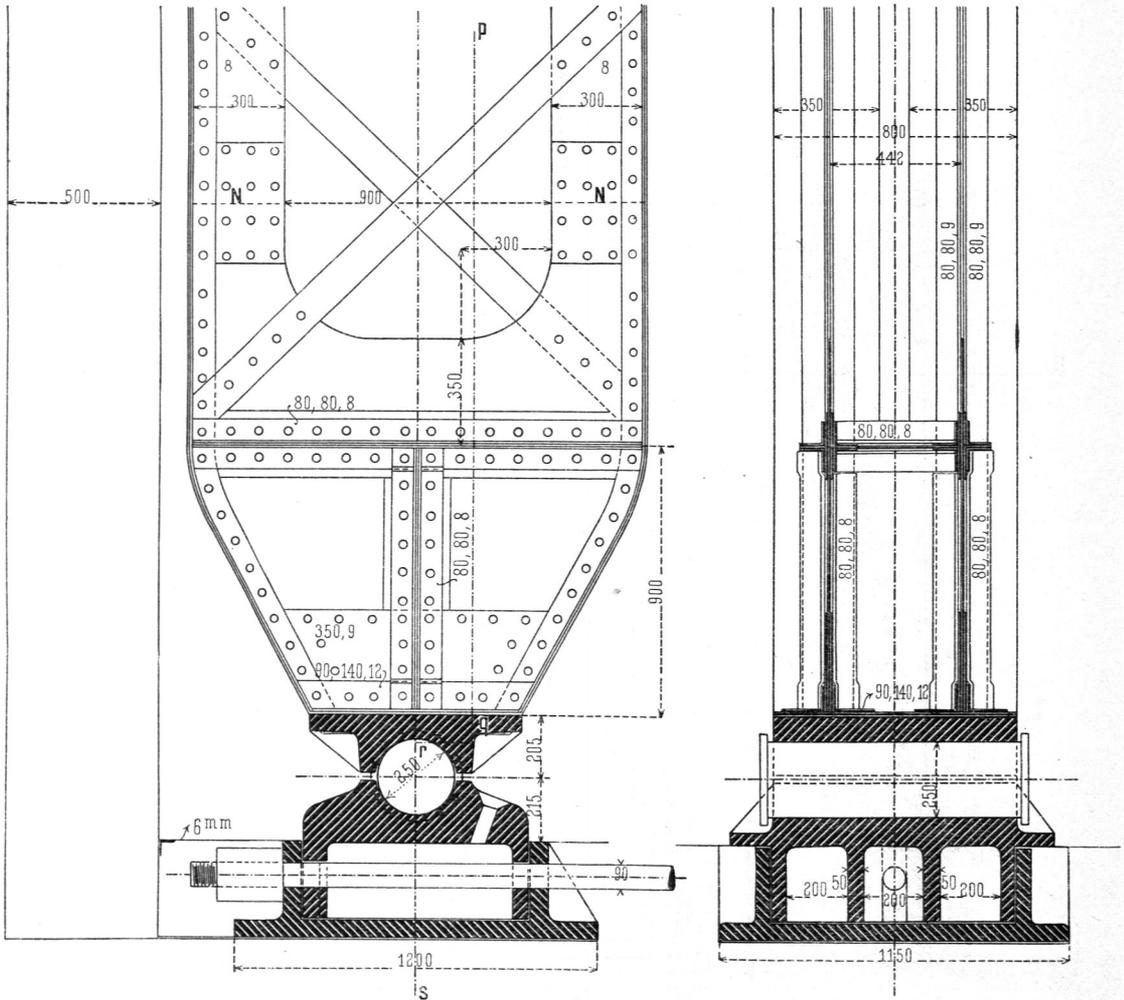
auf genügende Versteifung der Blechwand zu achten, damit dieselbe den großen örtlichen Druck ohne Beulen aufnehmen kann. Ein Beispiel zeigt Fig. 555.

212.
Auflagerung
des Kämpfer-
gelenkes.

Auch bei der Auflagerung des Kämpfergelenkes kann man drei verschiedene Lösungen der Aufgabe unterscheiden.

Bei der ersten ist ein Gufseisenstück am Kämpfer-Knotenpunkt des Binders

Fig. 557.



Vom Gebäude der schönen Künste auf der Weltausstellung zu Paris 1889²⁵²⁾.

1/25 n. Gr.

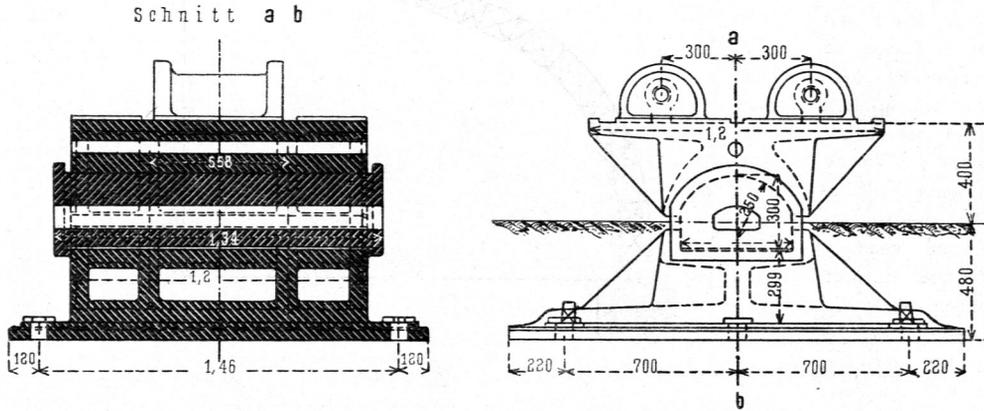
befestigt und in einer mit dem Mauerwerk verankerten Gufseisenpfanne drehbar gestützt. Diese Anordnung zeigt Fig. 553. Dies ist eine ältere, von *Schwedler* erfundene Construction bei einer der ersten Anwendungen der Gelenkdächer. Gute Verbindung der Binderstäbe mit dem Gufstück wird durch ein 13 mm starkes, schmiedeeisernes Blech hergestellt, welches um den Gufsklotz greift. Der 26 mm starke Bolzen zur Verbindung von Binderfuß und Lagerfchale nimmt nicht den Kämpfer-

²⁵²⁾ Nach: *Nouv. annales de la const.* 1889, Pl. 31, 32, 33, 42-43.

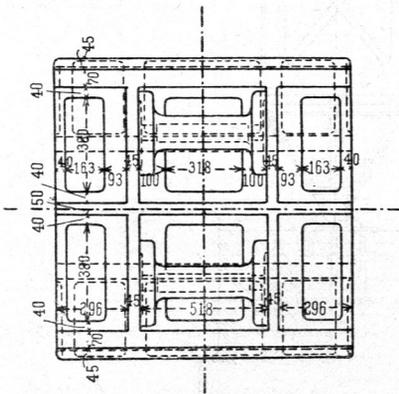
druck auf; derselbe wird vielmehr durch das abgerundete Ende des Binderfusses auf die Lagerchale übertragen.

Eine ähnliche Anordnung zeigt Fig. 554²⁴⁸). Die abgerundeten, mit aufsen aufgelegten Blechlamellen versehenen Binderenden ruhen in kräftigen, auf Granitunterlagen gestellten, gusseisernen Lagerkörpern, in welche gusseiserne Lagerchalen eingelegt sind. Der guten Druckübertragung wegen ist zwischen Lagerchale und Binderfuss 2 mm starkes Kupferblech gelegt.

Fig. 558.



Grundriss des Obertheils.



Von der Maschinenhalle

auf der Weltausstellung zu Paris 1889²⁵²).

$\frac{1}{40}$, bzw. $\frac{1}{30}$ n. Gr.

Man kann auch die Abscherungsfestigkeit eines Bolzens für die Kraftübertragung am Kämpfer in Anspruch nehmen, insbesondere für etwaige Zugkräfte, welche das Abheben des Binders vom Kämpfer erfordern. Ein Beispiel solcher Kämpferauflagerung zeigt Fig. 556²⁵¹). Der Druck wird von den Endstäben unmittelbar auf den 60 mm starken Bolzen übertragen; außerdem umfassen denselben die beiden 10 mm starken Knotenbleche, welchen zwei am Gusseisenfuss angeschraubte, gleich starke Bleche entsprechen.

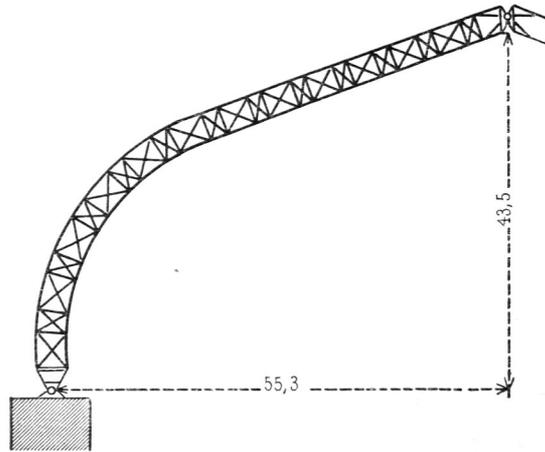
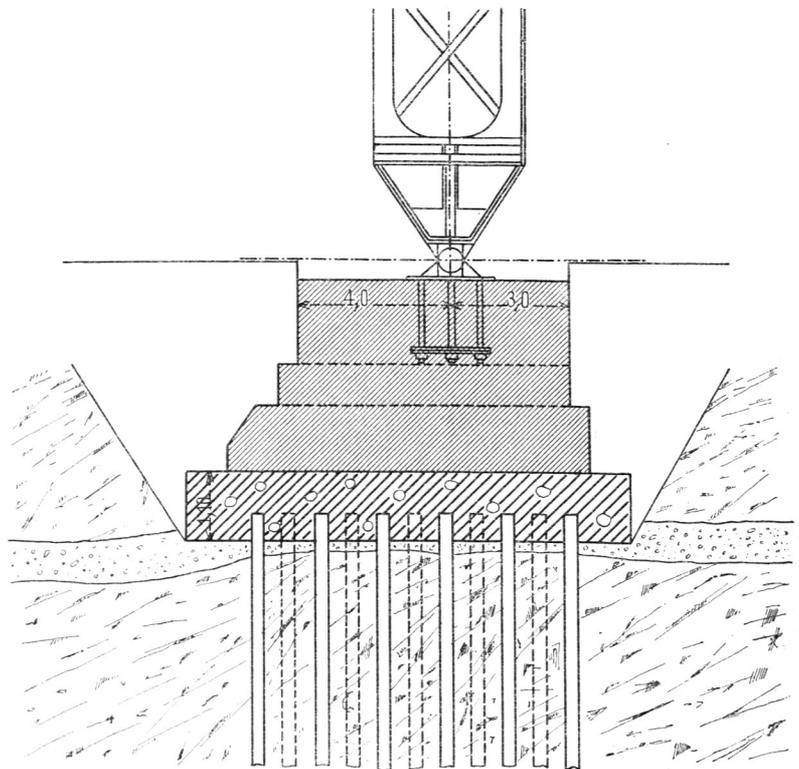
Ganz freie Auflagerung auf einem Zapfen, bei welcher Reibungsmomente vermieden sind, weist das Hallendach auf dem Bahnhof Alexanderplatz der Stadtbahn zu Berlin (Fig. 555²⁵⁰) auf. Das Binderende rollt auf dem Zapfen ab, wenn die Binder-

hälfte sich dreht. Da aber der Kämpferpunkt ein fester Punkt sein muß und unter Umständen auch Zugkräfte vom Binder auf das Mauerwerk übertragen werden müssen, so ist noch eine besondere Verankerung erforderlich.

In Fig. 555 ist zunächst die am Binderende angeordnete Blechwand gehörig ausgesteift. Diese Aussteifung ist dadurch erreicht, daß jederseits auf die Blechwand zuerst zwischen die

Winkelleiseneisenwinkel ein Verstärkungsblech gelegt ist, darauf über dieses und die Winkelleiseneisenwinkel jederseits ein zweites; am Ende sind dann 5 Bleche über einander vorhanden. Der so ausgesteifte Binderfuß ist auf ein Gußstück gesetzt und mit demselben durch beiderseits aufgelegte Blechplatten verschraubt. Zwischenlagen aus Kupfer sichern gute Druckübertragung auf das Gußstück. Dieses ruht nunmehr auf einer Stahlwalze von 100 mm Durchmesser und 196 mm Länge. Bisher ist dieses Auflager noch ein bewegliches Auflager, also noch nicht geeignet, als Kämpferlager zu dienen; deshalb ist die in Fig. 555 dargestellte Verankerung angeordnet. Jeder Binder besteht aus zwei Einzelbindern, welche um 1,5 m von einander abstehen; in der Mitte zwischen den beiden Einzelbindern befindet sich ein 40 mm starker Anker aus Stahl (Rundeisen), welcher an einem kräftigen Kastenträger angreift.

Fig. 559.

 $\frac{1}{800}$ n. Gr. $\frac{1}{200}$ n. Gr.

Von der Maschinenhalle auf der Welt-

Genaueres Einstellen des Ankers ist durch ein Schloß mit Rechts- und Linksgewinde möglich. Der Anker ist durch den ganzen Viaductpfeiler geführt und mit diesem verankert; die ganze Bahnhofhalle steht auf einem Viaduct. Zur Aufnahme der möglichen, nach innen wirkenden Horizontalkraft hätte eine zweite, nach außen gerichtete Ankerstange angebracht werden müssen; da sich dies hier durch die örtlichen Verhältnisse verbot, hat man die obere Fläche der Lagerplatte für den Zapfen nach der Halle zu steigend angeordnet. Die Neigung bestimmte man so, daß die Lagerfläche senkrecht zu der ungünstigsten Resultante des Kämpferdruckes gerichtet ist; gleiche Neigung hat auch die Unterfläche des Gußstückes am Binderfuß erhalten. Der Winkel gegen die Wagrechte beträgt $3^{\circ}45'$. Seitliche Verschiebung des Binderfußes gegen die Walze, bzw. letzterer gegen die Lagerplatte wird durch Vorsprünge an den Kopfenden der Walze verhindert.

Fig. 560.

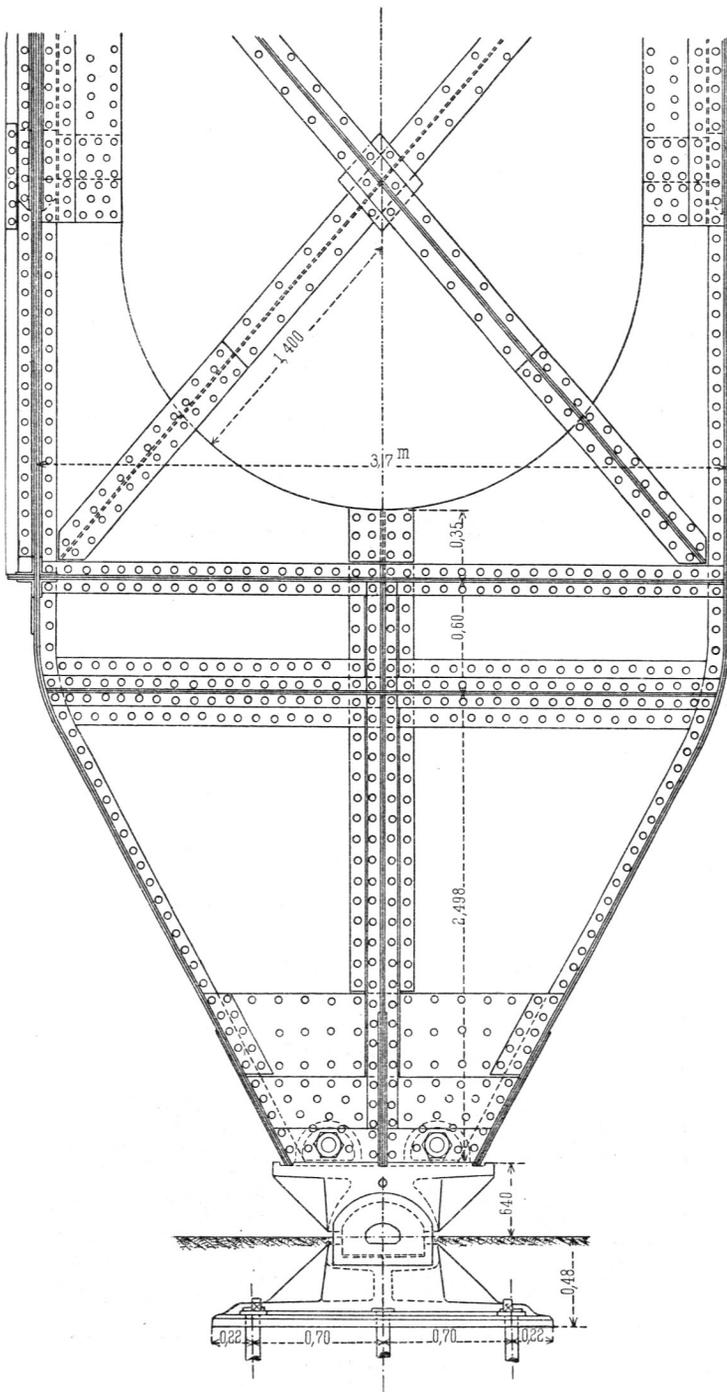


Fig. 557²⁵²⁾ zeigt den Fußpunkt der Gelenk-Dachbinder vom Gebäude der schönen Künfte bei der Pariser Weltausstellung 1889.

Die Stützweite der Binder betrug 51,8 m, und der Binderabstand 18,1 m; der Höhenunterschied zwischen Kämpfer- und Scheitelgelenken war 28,2 m. Ein Zugband (Rundeisen) von 90 mm Durchmesser (mit 3 Schloßern versehen) verband unter dem Fußboden die beiden Kämpfergelenke; die Gelenkwalze aus Stahl hat 800 mm Länge und 250 mm Durchmesser; die Pfannen sind aus Gußeisen; dieselben haben einen etwas größeren Durchmesser erhalten, als die Walze.

Nach den gleichen Grundsätzen, aber in wesentlich größeren

Abmessungen, ist der Binderfuß der großen Maschinenhalle von der Pariser Weltausstellung 1889 konstruiert; derselbe ist in Fig. 558 bis 560²⁵²⁾ dargestellt.

Die Halle hat 110,6 m Stützweite, zwischen den Gelenkachsen gemessen, 44,9 m Höhenunterschied zwischen Kämpfer- und Scheitelgelenken und 21,8 m Binderabstand (Fig. 559 u. 560). Dieses Kämpfergelenk besteht aus folgenden Theilen, welche der Reihe nach vom Fundamente aus auf einander folgen (vergl. Fig. 558):

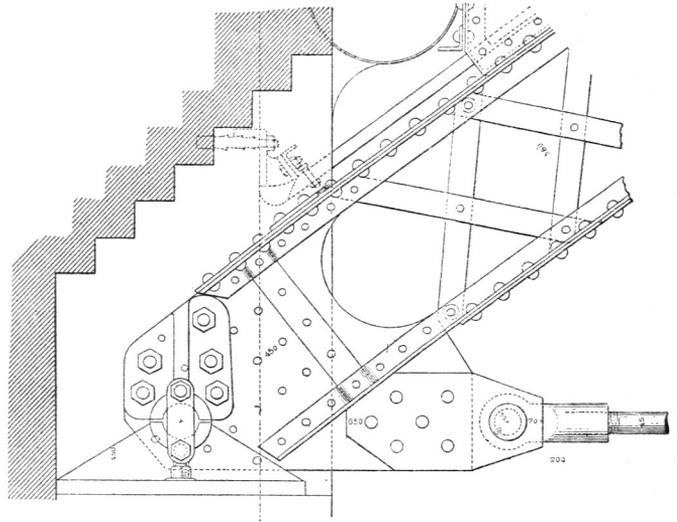
1) Einer Unterlagsplatte, 70 mm stark, 1,85 m lang, 1,7 m breit, welche durch 6 Bolzen von je 60 mm Durchmesser mit dem Fundament-Mauerwerk verankert ist.

2) Einem Gußstück zur Aufnahme des eigentlichen Gelenkes. Dieses mit der Unterlagsplatte durch Stahlklammern verbundene Gußstück ist 1,2 m lang, unten 1,3 m und oben 0,59 m breit, mit 50 mm, bezw. 80 mm starken Rippen versehen.

3) Dem Gelenk aus Gußeisen, welches unten eine ebene und oben eine cylindrische Begrenzung hat. Dasselbe ist 1,34 m lang, hat beiderseits vor Kopf 40 mm starke Vorsprünge, welche die Gußstücke (das untere und das obere, vergl. unter 4) umfassen und eine Verschiebung senkrecht zur Binderebene verhüten. Die Cylinderfläche hat 250 mm Halbmesser; auf seine ganze Länge ist das Gelenk mit einer 180 mm breiten und 90 mm hohen Höhlung versehen.

4) Dem Obertheil, welcher auf dem Gelenke (drehbar) ruht und mit dem Binderfuß in sichere Verbindung gebracht ist. Auch dieser Theil ist 1,2 m lang; der Hohlzylinder hat gleichen Halbmesser (250 mm), wie das Gelenk; die Berührung findet in einem Bogen von (rund) 130 Grad statt, so daß die wirkame Druckübertragungsfläche etwa 0,68 Quadr.-Met. ausmacht. Das obere Ende dieses Gußstückes dient zur Aufnahme des Binders, bildet ein Quadrat von 1,2 m Seitenlänge und hat drei über

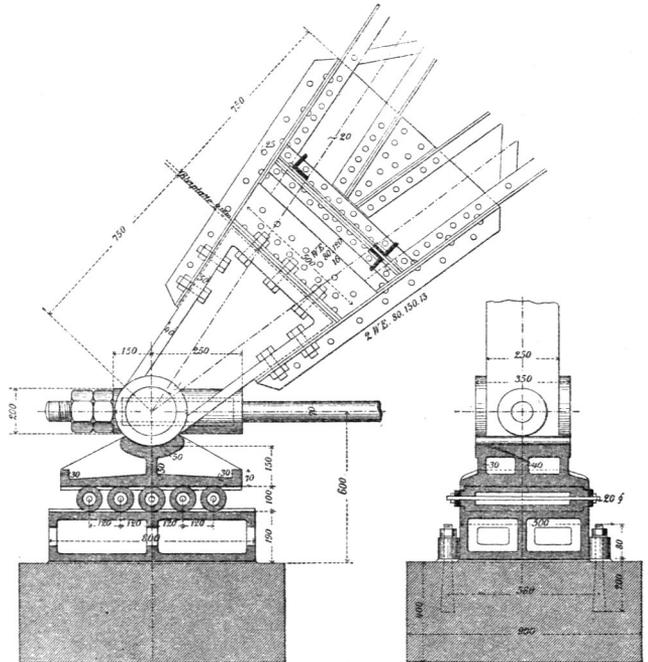
Fig. 561.



Von der Bahnhofshalle zu Magdeburg²⁵³⁾.

1/15 n. Gr.

Fig. 562.



Von der Personenhalle auf dem Anhalter Bahnhof zu Berlin²⁵⁴⁾.

1/30 n. Gr.

²⁵³⁾ Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1879, Bl. 33.

²⁵⁴⁾ Fac.-Repr. nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, Bl. 9.

die ganze Länge laufende Rillen von 70, 50 und 70 mm Breite, in welche Bleiplatten gelegt sind. Endlich hat man zwei starke, halbcylindrische Vorprünge von 520 mm Länge angeordnet, welche genau zwischen die Blechwände der Einzelbinder passen, in ihrer ganzen Länge durchbohrt sind und 60 mm starke Bolzen aufnehmen; diese Vorprünge sollen die erforderliche gute Verbindung des Binderfußes mit dem Obertheil sichern.

Fig. 563.

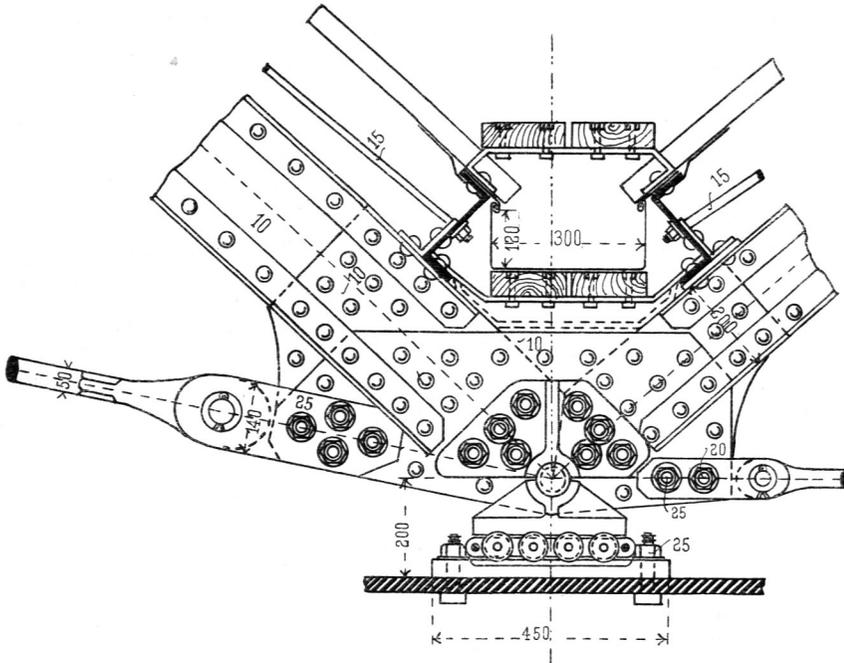
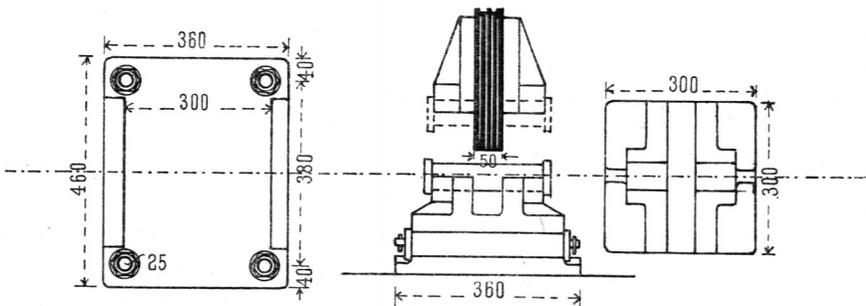


Fig. 564.



Von der Bahnhofshalle zu Oberhausen.

$\frac{1}{15}$ n. Gr.

Endlich möge noch auf die Constructionen der Bahnhofshalle zu Frankfurt a. M. hingewiesen werden, worüber die unten angeführte Zeitschrift²⁵⁵⁾ Aufschluss giebt.

Ueber die Bogen-Dachbinder mit Durchzügen ist in Art. 151 (S. 209) das Erforderliche gesagt; die Durchzüge schliessen wagrecht (Fig. 561) oder steigend an die Kämpfer-Knotenpunkte an. Für die stützenden Seitenmauern sind die Auflager, wie diejenigen eines Balken-Dachbinders zu behandeln, d. h. ein Auflager ist fest,

^{213.}
Kämpfergelenke
für Bogen-
dächer mit
Durchzügen.

²⁵⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1891, Bl. 29—30.

das andere beweglich anzuordnen (meist auf Rollenwagen); dabei muß aber auch die Drehung um das Gelenk möglich sein.

Ein gutes, älteres Beispiel ist in Fig. 561²⁵³⁾ vorgeführt.

Zwischen die Winkeleisen des Gitterbogens ist am Auflager ein 20 mm starkes Knotenblech gelegt, an welches der 45 mm im Durchmesser starke, wagrechte Durchzug aus Stahl mittels beiderseits aufgelegter, 10 mm starker Laschen und einer Muffe mit Oese befestigt ist. Die Verstärkung des Knotenbleches ist durch jederseits aufgelegte Bleche von 8, bezw. 10 mm Stärke und aufgeschraubte Gußstücke erreicht. Die Gefammtblechstärke zwischen den Gußstücken beträgt 56 mm. In die 5 Blechlagen ist für den 70 mm starken Gelenkbolzen das erforderliche Loch dort gebohrt, wo Mittellinie des Bogens und Zugankeraxe einander schneiden. Der Bolzen aus Stahl ist in einem passend geformten Gußstück gelagert, welches mit der Seitenmauer des Gebäudes verankert ist. Abheben durch Winddruck wird durch seitlich angebrachte Flacheisen verhindert, welche Bogenfuß und Grundplatte verbinden.

Eine verwandte Construction zeigt das Auflager der Bahnhofshalle zu Hannover, mit steigendem Durchzug (Fig. 547 u. 548, S. 270).

In Fig. 562²⁵⁴⁾ ist das Gelenkaulager der großen Halle vom Anhalter Bahnhof zu Berlin dargestellt; die Gefammtanordnung der 62,5 m weiten Binder zeigt Fig. 441 (S. 211).

Die beiden Gurtungen des Bogens übertragen ihre Spannungen am Auflager in ein trapezförmiges Knotenblech von 20 mm Stärke und 750 mm Länge; an seinem Fußpunkte wird dasselbe durch 2 Winkeleisen von $80 \times 120 \times 16$ mm gefäumt. So setzt sich der Binderfuß mit 180 mm Breite auf den gußeisernen Lagerklotz und wird mit diesem hier durch 6 Schraubbolzen verbunden; zwischen Binderfuß und Lagerklotz ist eine 2 mm starke Bleiplatte. Fernere Verbindung zwischen Binderfuß und Lagerklotz stellen 4 Winkeleisen ($80 \times 150 \times 13$ mm) her, 2 oben und 2 unten, welche einerseits mit dem Knotenblech vernietet, andererseits mit dem Gußklotz verschraubt sind. Der Gußklotz ist durchbohrt, nimmt die 70 mm starke, stählerne Zugstange auf und ist auf der einen Seite auf ein Rollenlager gesetzt.

Ein gemeinsames Gelenkaulager zweier benachbarter Binder von bezw. 18,8 m und 11,4 m Stützweite bei 8,5 m Binderabstand zeigen Fig. 563 u. 564.

Die Binder sind Zweigelenkbogen mit Durchzügen. Bei der Berechnung wurde die Annahme gemacht, daß jeder Binder am Auflager für sich drehbar sei; diese Annahme ist nicht erfüllt, da die beiderseits aufgelegten gemeinsamen Knotenbleche die Bewegungen beider Binder von einander abhängig machen.

Endlich ist in Fig. 565²⁵⁷⁾ das Gelenkaulager von der Halle des Schlesiſchen Bahnhofes der Berliner Stadteisenbahn dargestellt. Diese Gelenk-Construction ist sehr klar.

Zwei gleiche Gußstücke sind mit den Stäben des Bogenfußes, bezw. der Pendelstütze, auf welche sich der Bogen stützt, verschraubt und umfassen einen 84 mm starken Stahlbolzen, den Gelenkbolzen. Zwischen die Gußstücke und die Schmiedeeisenteile sind 2,5 mm starke Lagen von Kupferblech gelegt. Jederseits greift am Bolzen ein Flacheisen an, unter dem Kopf, bezw. der Mutter des Bolzens, wie aus Schnitt $b_1 b_2$ der Abbildung zu ersehen ist; in der Ansicht sind diese Flacheisen, der größeren Deutlichkeit halber, fortgelassen.

Auch das in Fig. 557 (S. 278) dargestellte Fußaulager vom Ausstellungsgebäude der schönen Künste in Paris 1889 kann hierher gerechnet werden.

214.
Scheitelgelenke.

Die Bildung des Scheitel-Knotenpunktes an jeder Seite des Gelenkes stimmt mit derjenigen des Kämpfer-Knotenpunktes überein. Bezüglich der Gelenkbildung ist besonders zu berücksichtigen, daß die von der einen Binderhälfte auf die andere hier zu übertragende Kraft im Allgemeinen sowohl eine wagrechte, wie eine lothrechte Seitenkraft hat. Beide müssen sicher übertragen werden können; außerdem soll auch Gelenkwirkung, also Drehung möglich sein.

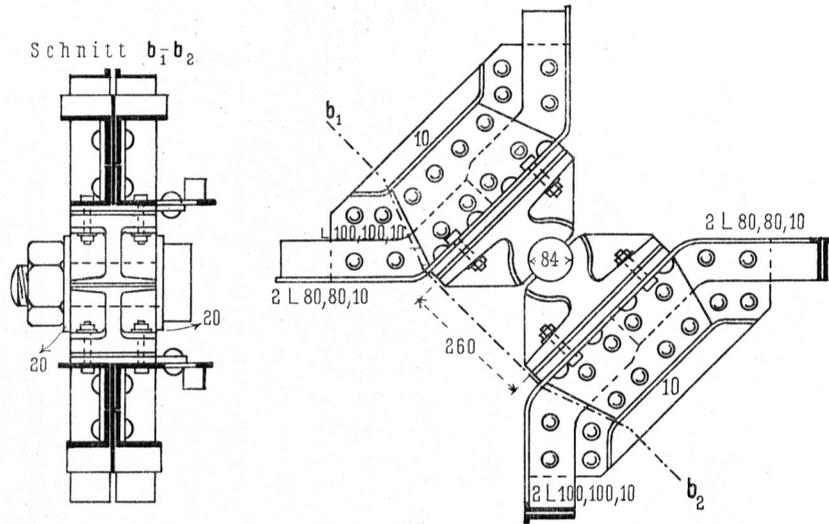
Folgende Anordnungen kommen vor:

1) Beide Bogenhälften stützen sich im Scheitel gegen einen Zapfen, den jede nahezu halb umfaßt (Fig. 566 u. 567^{248 u. 257)};

²⁵⁶⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, Bl. 16.

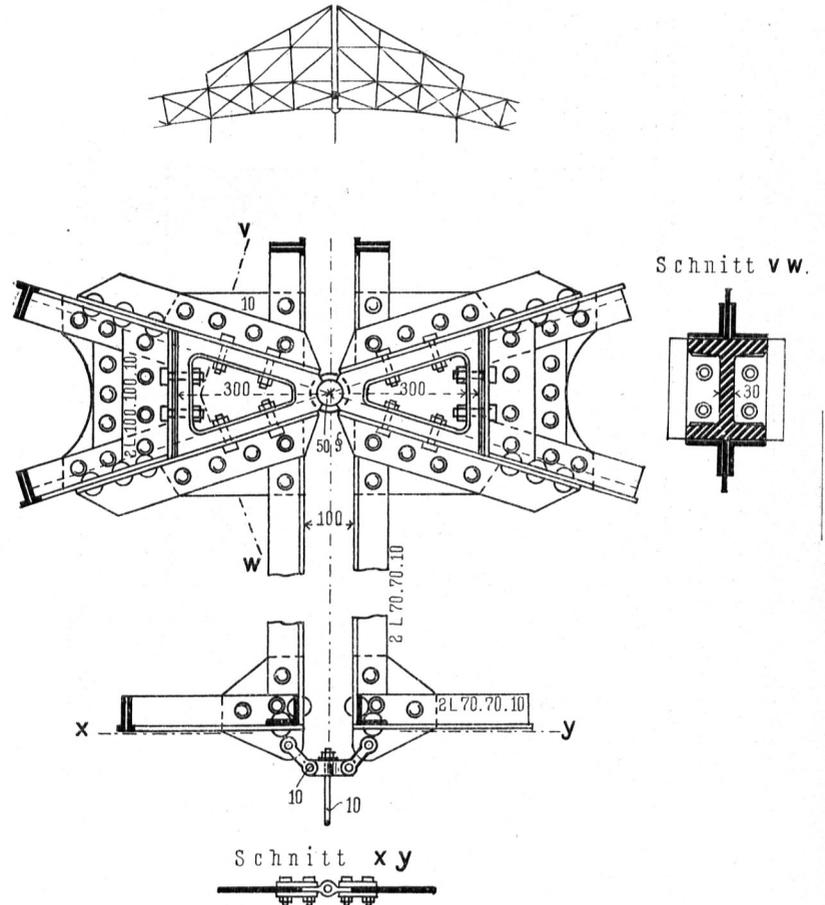
²⁵⁷⁾ Nach: Die Bauwerke der Berliner Stadteisenbahn. Berlin 1886. Bl. 20 u. S. 83.

Fig. 565.



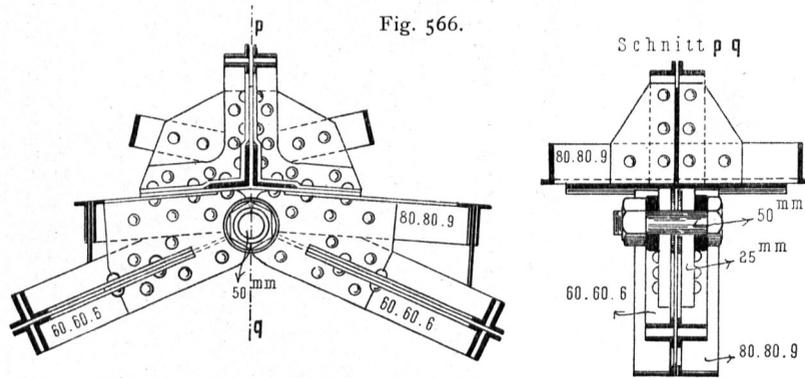
Von der Halle des Schleifischen Bahnhofes der Berliner Stadteisenbahn²⁵⁷.
 $\frac{1}{15}$ n. Gr.

Fig. 567.



Von der Halle des Schleifischen Bahnhofes der Berliner Stadteisenbahn²⁵⁷.
 $\frac{1}{15}$ n. Gr.

Fig. 566.

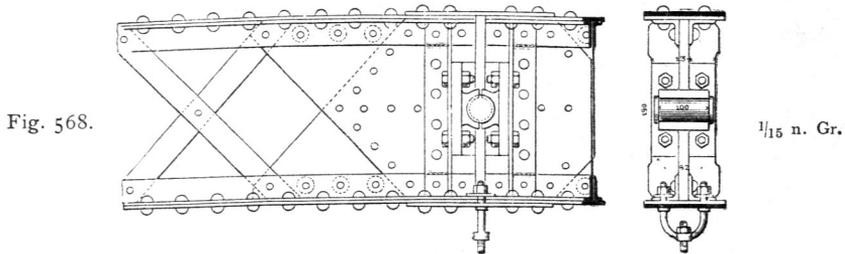


Vom Schuppen für den Hammer zu Bochum²⁴⁸). — $\frac{1}{15}$ n. Gr.

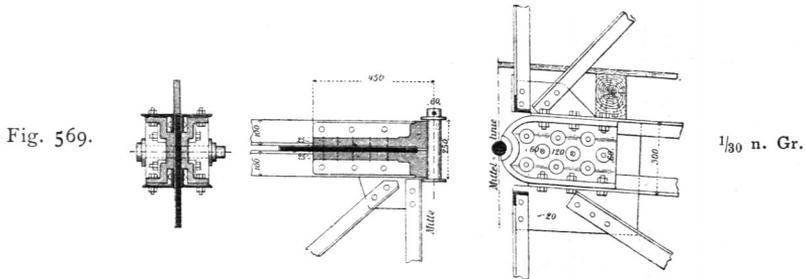
- 2) beide Bogenhälften umfassen den Scheitelbolzen ganz (Fig. 570 u. 571);
 3) für die wagrechte und für die lothrechte Seitenkraft wird je ein besonderes Constructions-glied angebracht (Fig. 573).

Bei der Construction nach 1 werden an beide Bogenenden gewöhnlich Gufsstücke angefrachtet. Ein Beispiel giebt Fig. 567.

Zwischen die Gurtungs-Winkleifen ist ein Knotenblech (10 mm) eingelegt, durch aufgelegte Bleche verstärkt, und dann sind vor Kopf 2 Winkleifen (100 × 100 × 10 mm) angebracht, welche mit einem Gufsstück verschraubt sind; zwischen beide Theile kommt eine Lage von Kupferblech. Zur weiteren Verbindung des Gufsstückes mit dem Bänderende dienen je 2 Winkleifen oben und unten, die, mit dem Bänder vernietet, mit dem Gufsstück verschraubt sind. Die beiden Gufsstücke umfassen einen Stahlbolzen von 50 mm Durchmesser und 160 mm Länge, je zu etwa ein Drittel. In der Abbildung ist auch dargestellt, wie die in der Lothrechten des Scheitelgelenkes angebrachte Hängefange befestigt ist, ohne daß die Beweglichkeit leidet.



Von der Personenhalle auf dem Centralbahnhof zu Magdeburg²⁵⁸⁾.



Von der Personenhalle auf dem Anhalter Bahnhof zu Berlin²⁵⁹⁾.

Aehnlich ist die in Fig. 568²⁵⁸⁾ dargestellte Construction vom Bahnhof zu Magdeburg.

Der Bogenbinder — ein Gitterbogen — ist 380 mm hoch; Knotenbleche, Winkleifen, Gufsstücke sind dem Früheren entsprechend; der Scheitelbolzen ist aus Stahl, hat 45 mm Durchmesser und 100 mm Länge. Nach Beendigung der Aufstellung des Bogens verband man beide Bogenhälften durch zwei Laschen aus 8 mm starkem Blech, je eine auf der oberen, bezw. unteren Gurtung; dabei wurden die Laschen-Nietlöcher genau denjenigen des Binders entsprechend gebohrt. Für die nachher auftretenden Belastungen (Wind, Schnee u. f. w.) wirkt der Bogen also eigentlich wie ein Zweigelenkbogen; nur die dem Eigengewicht entsprechenden Spannungen bestimmen sich aus dem Dreigelenkbogen. Auch hier hat man das Hängeeisen so befestigt, daß es eine Bewegung der Bogenhälften gegen einander nicht behindert.

Beim Scheitelgelenk des Anhalter Bahnhofes zu Berlin (Fig. 569²⁵⁹⁾ sind beiderseits an das Knotenblech des Scheitels Gufsstücke geschraubt, welche sich gegen den Gelenkbolzen lehnen.

²⁵⁸⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1879, Bl. 33.

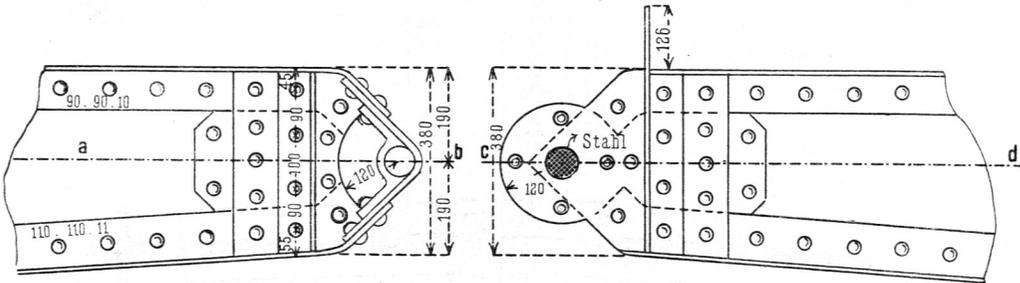
²⁵⁹⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, Bl. 9.

Wenn die Scheitelkraft wenig von der Wagrechten abweicht, so wirkt die Construction 1 gut; je mehr aber die Scheitelkraft sich der Lothrechten nähern kann, desto weniger empfehlenswerth ist diese Construction: die wirkfame Druckfläche am Umfange des Gelenkbolzens ist für steile Scheitelkraft gering.

Die Construction 2 hilft diesem Uebelstande ab; die Scheitelkraft kann bei beliebiger Richtung sicher übertragen werden. Ein Beispiel zeigt Fig. 570²⁵⁷⁾.

Das Scheitelende der linken Hälfte ist gegabelt; dasjenige der rechten Hälfte bleibt in der lothrechten Mittelebene des Binders und ist in dieser genügend verstärkt; es paßt genau zwischen das gegabelte Ende der linken Hälfte und ist mit diesem durch einen 60 mm starken Stahlbolzen verbunden. Auf der rechten Hälfte ist die Blechwand durch 4 aufgenietete Bleche bis auf eine gefamnte Dicke von 73 mm verstärkt; die vordere Begrenzung ist nach einem Kreisbogen von 120 mm Halbmesser gebildet; dieser

Fig. 570.



Schnitt a b.

Schnitt c d.

Vom Bahnhof Alexanderplatz der Berliner Stadteifenbahn²⁵⁷⁾.

$\frac{1}{15}$ n. Gr.

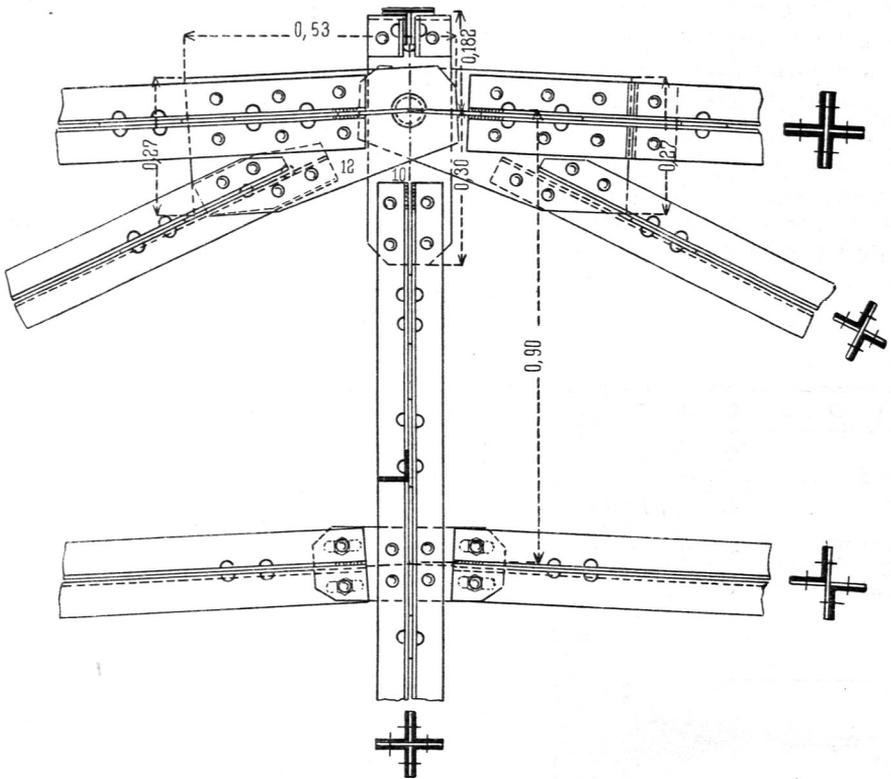
Theil paßt genau in einen Hohlraum auf der linken Hälfte, der nach gleichem Halbmesser ausgechnitten ist. Es scheint, daß auf eine Uebertragung des Scheiteldruckes am Umfange dieser Cylinderfläche gerechnet ist, außerdem wohl auch auf eine solche durch den Bolzen. Auf der linken Seite sind Bänder aus Flach-eisen auf die Gurtungs-Winkeleisen genietet, und diese Bänder umfassen den Bolzen außen und innen. Man kann hier mit Sicherheit darauf rechnen, daß jede Scheitelkraft, sie mag beliebige Richtung haben, übertragen werden kann.

Eine sehr klare Anordnung des Scheitelgelenkes nach 2 zeigt Fig. 571²⁵¹⁾.

In der lothrechten Mittelebene des Bogenträgers liegt zunächst ein Knotenblech zum Anschluß des Pfofens; darüber greift ein doppeltes Knotenblech, an welchem der von rechts kommende Gurtungsstab befestigt ist. Diese 3 über einander liegenden Bleche nehmen den Gelenkbolzen auf, auf welchen sich der von links kommende Gurtungsstab mittels zweier außerhalb liegender Knotenbleche setzt. Für den Windverband sind zwischen die wagrechten Schenkel der kreuzförmig angeordneten Gurtungs-Winkeleisen 10 mm starke Bleche eingelegt, wegen deren auf die Erläuterungen zu Fig. 540 u. 541 (S. 265) verwiesen wird. Die unteren Gurtungsstäbe sind an den Pfofen mittels länglicher Löcher und Schraubenbolzen beweglich angegeschlossen.

Fig. 571.

Ansicht.



Grundriss.

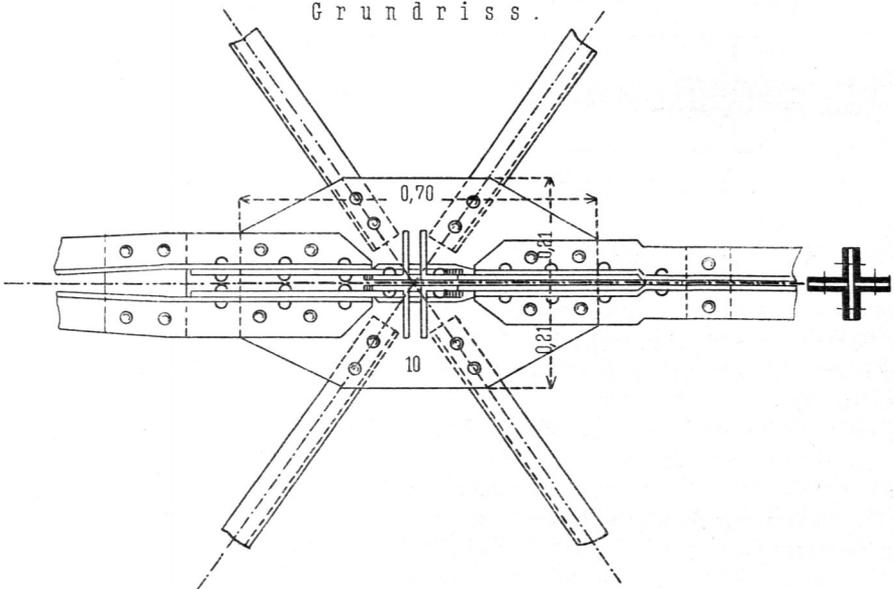
Von der Personenhalle auf dem Centralbahnhof zu Mainz ²⁵¹). $\frac{1}{15}$ n. Gr.

Fig. 572.

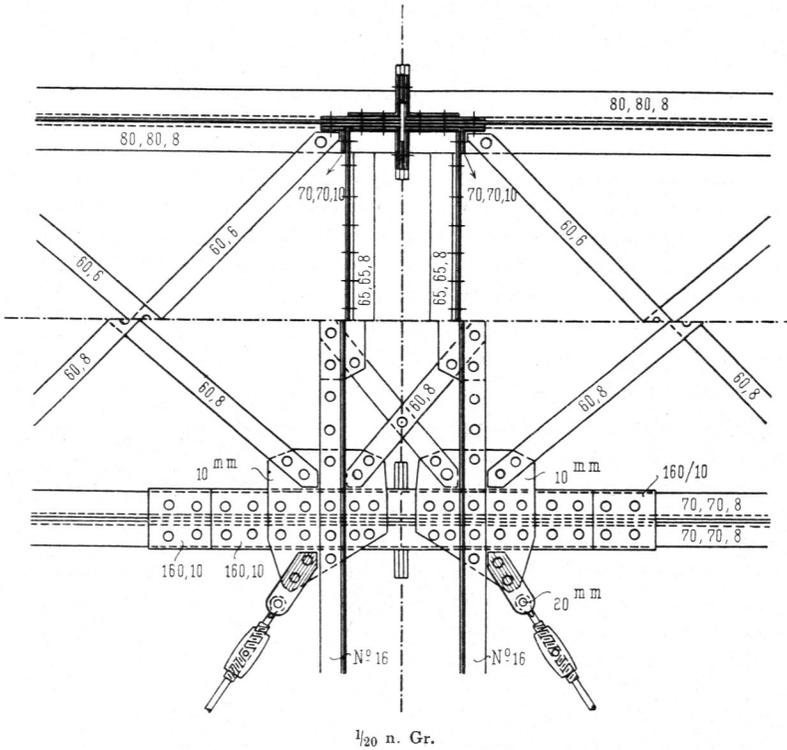
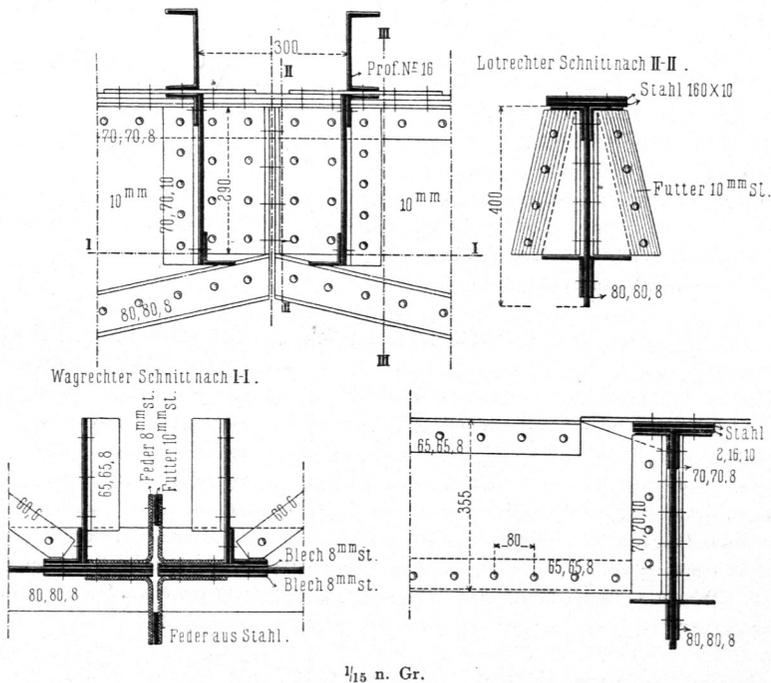


Fig. 573.



Scheitelgelenk der Perfonenhallen auf dem Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M.²⁶⁰).

Für die Construction 3 bieten Fig. 572 u. 573²⁶⁰⁾ ein Beispiel, das Scheitelgelenk von der Halle des Hauptbahnhofes zu Frankfurt a. M.

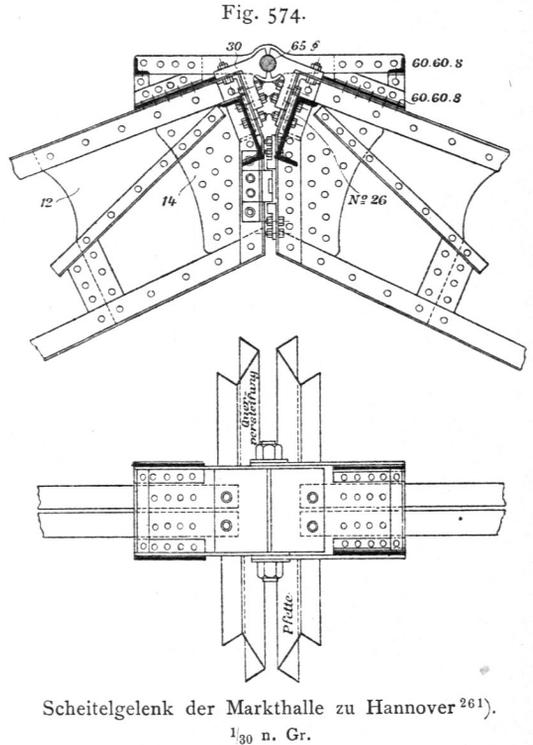
Die wagrechten und lothrechten Seitenkräfte der Scheitelkraft werden gefondert übertragen. Für die wagrechte Seitenkraft sind auf die obere Gurtung zwei biegbare Stahlplatten von je 160×10 mm genietet, welche mit 2500 kg für 1 qcm meistbeansprucht werden; damit diese die für einen Bogenträger mit drei Gelenken erforderliche Winkeländerung gestatten, durften sie auf eine Länge von 11,5 cm nicht mit den Gurtungen vernietet werden. Für die Uebertragung der lothrechten Seitenkraft hat man winkelförmig gestaltete Stahlbleche verwendet (vergl. den Grundriss in Fig. 572); die abtastenden Schenkel dieser Stahlbleche (8 mm stark) sind unter Einlage von Futterstücken mit einander vernietet, so daß durch die Nieten die lothrechte Seitenkraft von einer Hälfte auf die andere übertragen werden kann. Die abtastenden Enden sind trapezförmig gestaltet, so daß die Stahlwinkel das Oeffnen und Schließen der Scheitelfuge, also die erforderlichen Winkeländerungen gestatten. (Siehe auch Fig. 573.)

Bei der Markthalle zu Hannover (Fig. 574²⁶¹⁾ werden ebenfalls lothrechte und wagrechte Seitenkräfte durch besondere Constructionstheile übertragen.

Ein Stahlbolzen von 65 mm Durchmesser wird in der Binderbreite von gußeisernen Lagerstücken umfaßt, welche an die Binderenden geschraubt sind. Ueber die vorstehenden Bolzenenden sind jederseits zwei Flacheisen mit runden Augen geschoben, von denen jedes mit einer Binderhälfte vernietet ist. Lothrechte Verschiebungen sollen durch gußeiserne Einsatztücke verhindert werden, welche zwischen die lothrechten Binderflächen im Scheitel geschoben sind.

Befondere Schwierigkeiten bot die Construction der Scheitelgelenke beim Bahnhof Friedrichstraße der Berliner Stadtbahn (Fig. 575²⁶²⁾.

Dieser Bahnhof liegt in einer scharfen Krümmung; das Hallendach wird von 16 Binderpaaren getragen, von denen jedes aus zwei Einzelbindern besteht. Man war befreit, für die gleichwerthigen Theile der einzelnen Binder, Pfetten u. f. w. gleiche Abmessungen zu erhalten, um die Herstellungskosten zu vermindern. Die Axen der zu einem Binderpaare gehörigen Bogenhälften liegen nicht in derselben lothrechten Ebene, sondern sie bilden im Grundriss einen von 180 Grad verschiedenen Winkel mit einander (Fig. 575). Die Entfernung der Fußpunkte ist bei sämtlichen Binderpaaren auf jeder Kämpferseite gleich groß, aber auf der einen (Nord-) Seite kleiner, als auf der anderen (Süd-) Seite. Die bezüglichen Abstände sind 1,001 und 1,972 m. Die Felder zwischen je zwei Binderpaaren haben überall die gleiche Breite, was für die Herstellung der Pfetten und Zwischenconstructions wichtig war; die ganze Unregelmäßigkeit ist zwischen die Einzelbinder gelegt. Die Einzelbinder stoßen in Folge dieser Anordnung im Scheitel nicht genau auf einander, wenn auch die Abweichung im ungünstigsten Falle nur 27 mm beträgt. Man gab deshalb nicht jedem Einzelbinder ein besonderes, sondern ordnete für jedes Binderpaar ein gemeinschaftliches Scheitelgelenk an. Dasselbe liegt im Schnittpunkt der Axen beider Binderpaarhälften und ist als Kugelgelenk ausgebildet, weil die Axen der beiden Binderfußgelenke nicht genau gleich liegen (Fig. 575). Wegen ausführlicher Beschreibung und besonderer Einzelheiten dieser sehr bemerkenswerthen Construction wird auf die unten angegebenen Quellen²⁶²⁾ verwiesen.



²⁶⁰⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1891, S. 332.

²⁶¹⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 120.

²⁶²⁾ Nach: Die Bauwerke der Berliner Stadteisenbahn. Berlin 1886. — Zeitschr. f. Bauw. 1885, S. 499 u. ff.