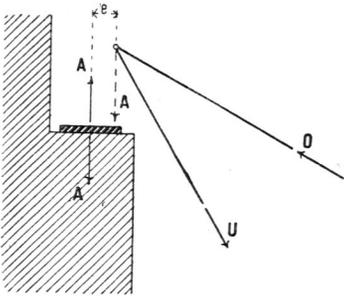


Fig. 533.

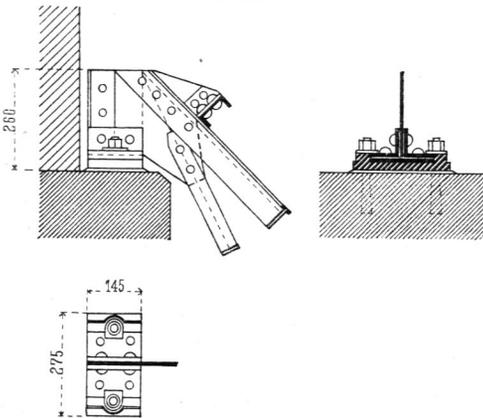


zur Ausfeilung lothrechte Winkeleisen angeordnet (Fig. 534). Besser setzt man diese über die Auflagermitte. Auch hat man die Enden der Winkeleisen, bzw. **E**-Eisen, welche den Querschnitt der oberen Gurtung bilden, gebogen, so dafs sie an ihren Enden eine lothrechte Tangente haben (Fig. 529 u. 530<sup>234</sup> 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

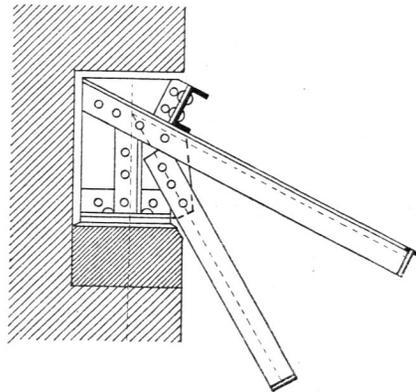
194.  
Obere  
Auflager-  
Knotenpunkte  
bei  
Pultdächern.

Fig. 534.



Vom Bahnhof zu Hainholz.

Fig. 535.



Entwurf.

1/20 n. Gr.

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  $\delta$  (in Centim.) die gefamnte Stabdicke auf dem Bolzen ist,

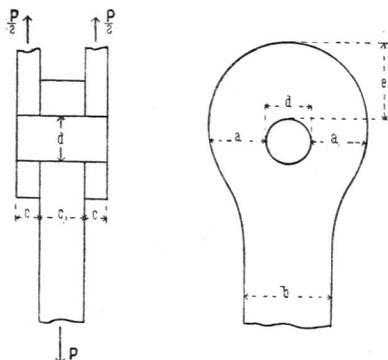
$$1,5 K d \delta \geq P \quad \text{fein, woraus} \quad d \geq \frac{P}{1,5 K \delta}$$

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  $\delta$  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  $\delta$ , 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 Abscheren beansprucht, sondern sie erleiden eine zusammengesetzte Beanspruchung auf Biegung und Abscheren. 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 Abscheren, auch unter Zugrundelegung der Biegebungsbeanspruchung 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 Biegebungsbeanspruchung in diesem Querschnitt

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

Soll  $\sigma_{max}$  die zuläffige Beanspruchung  $K$  nicht überschreiten, so mufs

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

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

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

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

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

nach Formel 30:  $d = 1,72 \sqrt[3]{f c}$  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  $\delta$  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  
 $\delta(D - d) = 1,40 b \delta$ , d. h.  $D = d + 1,40 b$   
 und bei einem auf  $\delta_1$  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.

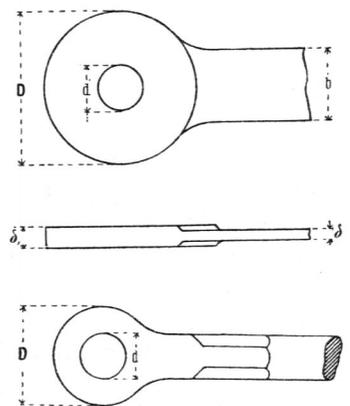
Beispiel. Im vorhergehenden Beispiel war  $P_{max} = 22000$  kg,  $f = 27,5$  qcm und  $d = 7,5$  cm; es genügte also ein Rundeisen von 6 cm Durchmesser. Man erhält aus obigen Formeln  $D = d + 1,4 \frac{27,5}{\delta_1}$ ; ist  $\delta_1 = 6,0$  cm, so wird  $D = 7,5 + 1,4 \frac{27,5}{6,0} = 13,94$ 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



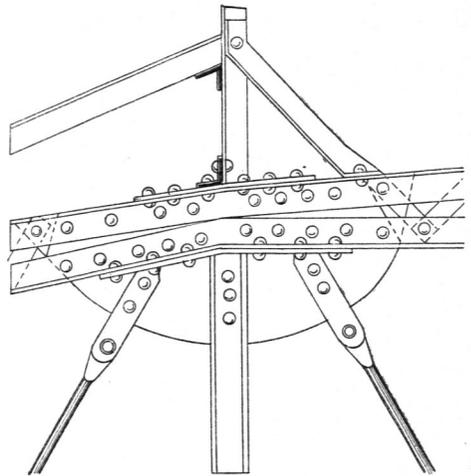


Bei den auf Druck beanspruchten Stäben ist hier zu beachten, daß die eingelegten Bleche gegen Ausbeulen, bzw. Ausknicken stark genug fein müssen.

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. 538<sup>238)</sup>, 539<sup>234)</sup> u. 541<sup>239)</sup> 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. 540<sup>239)</sup> vorgeführt; bei derselben kommt man häufig zu großen Bolzenlängen; die Momente, welche im Bolzen Biegungs-

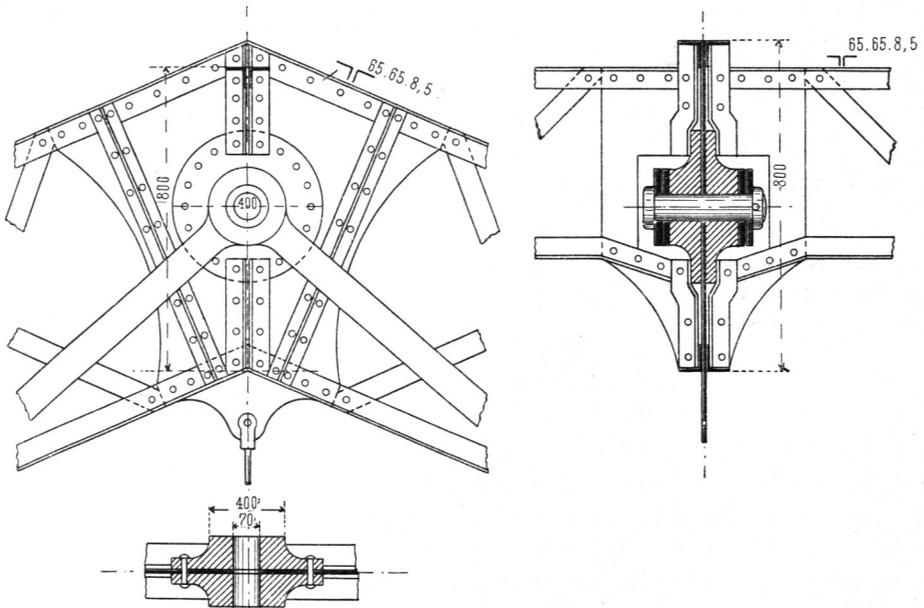
Fig. 542.



Vom früheren Empfangsgebäude der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zu Berlin<sup>240)</sup>.

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

Fig. 543.



Von der Bahnhofshalle zu Neapel<sup>241)</sup>.

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

<sup>238)</sup> Nach: WIST, a. a. O., Bd. I. Taf. 28.

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

<sup>240)</sup> Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1870, Bl. 33.

<sup>241)</sup> 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. 542<sup>240)</sup> u. 543<sup>241)</sup> 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 einführen<sup>242)</sup>:

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.

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