

Bei den Apfiden ergeben sich halbe Zeldächer. Da der eigentliche Binder etwa 1,40 m hinter dem Anfallspunkt liegt, so ist die Firftpette über den letzten Binder hinaus bis zum Anfallspunkt vorgestreckt, durch ein Kopfband unterstützt und mit einem eisernen Bügel belastet, der eine eiserne Scheibe trägt. In diese Scheibe sind die von den einzelnen Halbbindern ausgehenden Zugbänder (Rundeisen) geführt; der hier angefammelte Zug ist noch weiter nach den beiden nächsten Bindern geleitet. Die umlaufende Zwischenpette ist in jedem Halbbinder durch eine Strebe gestützt, die durch eine Doppelzange gefasst wird; an der Innenseite der umlaufenden Zwischenpette ist ein eiserner Ring angeordnet, welcher dieselbe auch zur Aufnahme von Zugspannungen befähigt. Die Gratsparren der Halbbinder werden durch die umlaufenden Pfetten (Zwischen- und Fufspetten) getragen; gegen dieselben lehnen sich die Schifter; für den mittelften Sparren ist in jedem Felde ein Wechsel angebracht. Die Sparrenlage ist bei der Apfis des einen Querschiffes im Grundriß der Abbildung gezeichnet.

29. Kapitel.

Eiserne Sattel-, Tonnen- und Pultdächer.

Unter der Gesammtbezeichnung »Eiserne Dächer« sollen nicht nur diejenigen Dach-Constructions vorgeführt werden, welche in ihren tragenden Theilen ausschließlich aus Eisen hergestellt sind, sondern auch solche Dächer, bei denen Pfetten und auch Theile der Binder aus Holz bestehen. Die Dachbinder mit hölzernen und eisernen Stäben, oder die »Dachbinder aus Holz und Eisen« sind älter, als die rein eisernen Binder; sie bilden in der Entwicklung der Dach-Constructions das Uebergangsglied vom Holzdach zum Eisendach. Dennoch erscheint es zweckmäsig, zunächst die rein eisernen und danach erst die gemischt eisernen Dächer zu besprechen.

143.
Einleitung.

a) Gesammtanordnung der eisernen Dachbinder.

Die eisernen Dächer sind fast ausschließlich Pfettendächer: die Binder tragen die Pfetten, diese die Sparren, die Sprossen und die Dachdeckung. Die Binder sind Träger, und zwar je nach der Art ihrer Auflagerung: Balkenträger, Sprengwerksträger, Auslegerträger.

144.
Vor-
bemerkungen.

Neuerdings ist von *Foeppl* vorgeschlagen worden, die Dächer aus Flechtwerk herzustellen; auf diesen Vorschlag, der ganz neue Gesichtspunkte eröffnet, wird unter 7 näher eingegangen werden.

Bei den eisernen Dachbindern können die in der Berechnung gemachten Voraussetzungen nahezu vollständig erfüllt werden, sowohl bezüglich der Auflagerung, als auch bezüglich der Bildung der Knotenpunkte. Die Möglichkeit genauer Berechnung hat denn auch zu immer kühneren und weiter gespannten Constructions geführt. Hierher gehören insbesondere die neueren Bahnhofshallen und die großen Ausstellungsgebäude, Wunderwerke heutiger Constructions-kunft. Da die bei den Holz-Constructions vielfach noch unvermeidlichen Unklarheiten hier nicht vorhanden zu sein brauchen, so soll man sie auch nicht auf die Eisen-Constructions übertragen; jede Eisen-Construction, welche nicht genau berechnet werden kann, ist unberechtigt und sollte vermieden werden. Hierhin rechnen wir vor Allem solche Stabwerke, welche bei gelenkigen Knotenverbindungen wegen fehlender Stäbe unstabil sein würden und welche nur durch die starre Verbindung der Stäbe an den Knotenpunkten standfähig sind. Solche Anordnungen werden besser vermieden, falls nicht besondere Gründe praktischer Art für dieselben sprechen. Auch bilde man die

Binder möglichst als statisch bestimmte Fachwerke; die Berechnung derselben ist einfach, kann leicht vorgenommen werden und wird deshalb auch wirklich durchgeführt. Bei statisch unbestimmten Fachwerken dagegen bleibt selbst bei sorgfältiger Berechnung Manches Schätzungen (wie die Größe der Elastizitätsziffer) oder Annahmen überlassen, die schwer zu prüfen sind (z. B. beim Bogen mit zwei Gelenken die Unverrückbarkeit der Kämpferpunkte). Statisch bestimmte Fachwerke sind den statisch unbestimmten meistens vorzuziehen.

Die für die Erkenntnis und den Aufbau des statisch bestimmten Fachwerkes wichtigsten Ergebnisse sind bei der Besprechung der Holzdächer (Kap. 25) vorgeführt, und darauf kann hier verwiesen werden. Bemerkt werden möge, daß die Binder fast ausnahmslos als Fachwerk hergestellt werden.

Obwohl grundsätzlich die Dachbinder mit zwei, drei und vier Auflagern gemeinsam behandelt werden können, soll die Behandlung aus praktischen Gründen gefondert erfolgen; eben so gefondert diejenige der Balken-, Sprengwerks- und Ausleger-Dachbinder.

1) Balken-Dachbinder.

Die Balken-Dachbinder auf zwei Stützpunkten sind die bei Weitem am meisten angewendeten, sowohl für Satteldächer, wie für Tonnen- und Pultdächer. Vieles, was für diese gilt, hat auch Bedeutung für die Dachbinder auf mehr als zwei Stützpunkten.

Man macht stets das eine Auflager fest und das andere gegen die Unterlage beweglich. Dann ist die Zahl der Auflager-Unbekannten $n = 2 + 1 = 3$, und die Stabzahl s des statisch bestimmten Fachwerkes muß, wenn, wie oben, k die Zahl der Knotenpunkte bedeutet, $s = 2k - 3$ sein. Außerdem muß das Fachwerk geometrisch bestimmt sein.

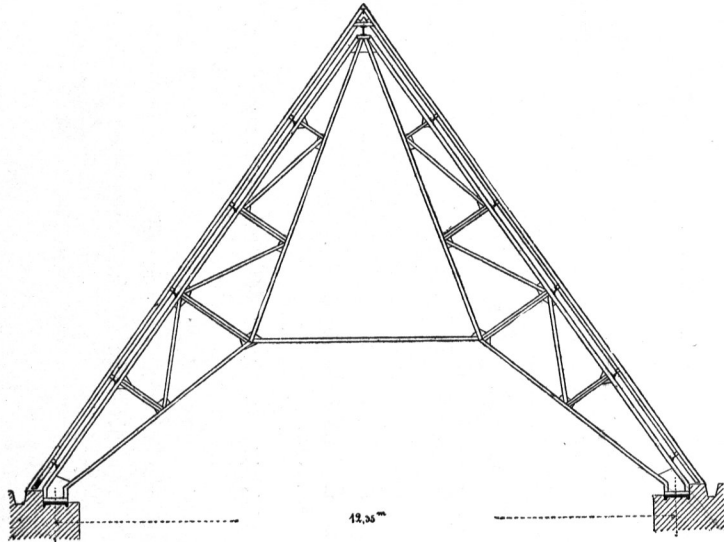
Das einfachste statisch bestimmte Fachwerk wird hier erhalten, indem man Dreieck an Dreieck reiht oder, vom einfachen Dreieck ausgehend, an dieses zwei einander in einem neuen Knotenpunkt schneidende Stäbe fügt, an die so gebildete Figur wieder zwei neue Stäbe mit einem neuen Knotenpunkte setzt u. f. w. Beispiele zeigen Fig. 267, 270, 272, 273, 275 u. a.

Eine vielfach verwendete Dachbinderform ist durch Zusammenfassung zweier einfacher Fachwerke gebildet. Setzt man zwei aus Dreiecken bestehende statisch bestimmte Stabsysteme derart zusammen, daß dieselben einen gemeinsamen Knotenpunkt haben, so muß man, um ein statisch bestimmtes Balkendach zu erhalten, einen neuen Stab zufügen, der einen Knotenpunkt des einen mit einem Knotenpunkt des anderen Systems verbindet. Der erhaltene Dachbinder ist als »*Polonceau-* oder »*Wiegmann-Dachbinder*« bekannt (Fig. 416). Jedes einzelne Stabsystem bezeichnet man wohl als Scheibe; die Untersuchung, wie man durch verschiedene Verbindungen von Scheiben und Stäben neue Träger schaffen kann, die ebenfalls statisch bestimmt sind, hat zu sehr fruchtbaren Ergebnissen geführt, wegen deren u. A. auf die unten angegebene Quelle verwiesen wird ²⁰⁷⁾.

Die Formen der Dachbinder sind sehr verschiedenartig: in erster Linie ist die Gestalt der oberen Gurtung, dann diejenige der unteren Gurtung, endlich die Anordnung des Gitterwerkes wichtig.

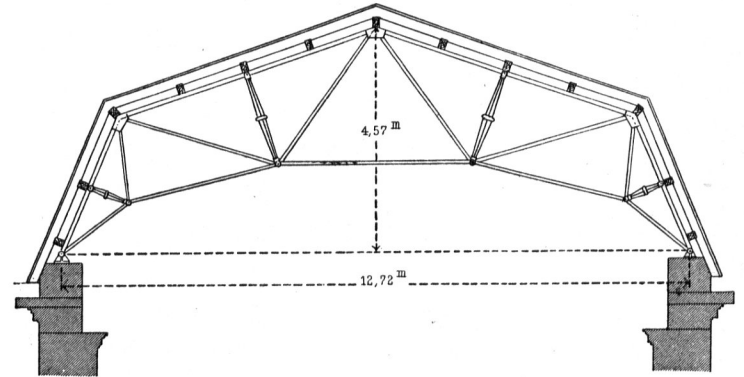
²⁰⁷⁾ LANDSBERG. Ueber Mittengelenkbalken. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, S. 629.

Fig. 416.



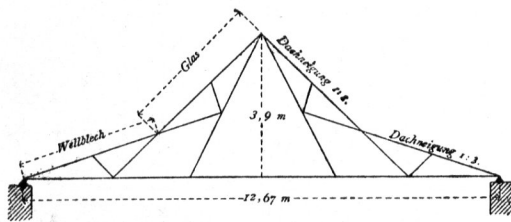
Von der Kirche zu Sachsenhausen.
1/150 n. Gr.

Fig. 417.



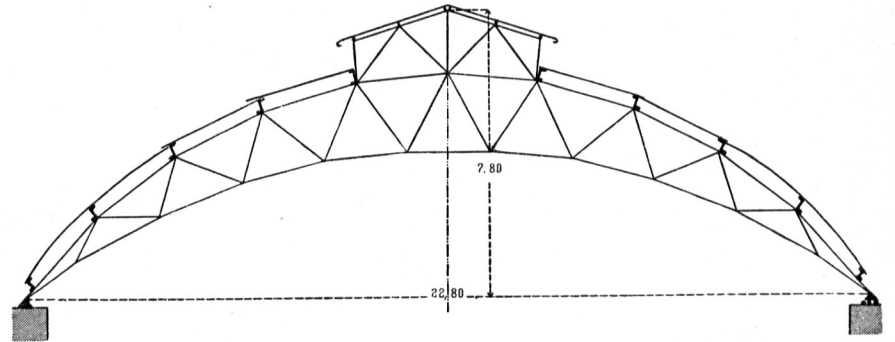
Von Abbey Mill's Pumping Station²⁰⁸).
1/150 n. Gr.

Fig. 418.



Von der Wagen-Reparaturwerkstätte
zu Hannover.
1/200 n. Gr.

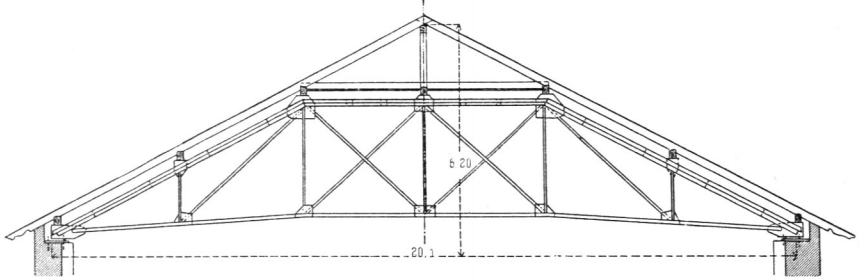
Fig. 419.



Vom Bahnsteigdach zu Elberfeld-Doepfersberg.
1/200 n. Gr.

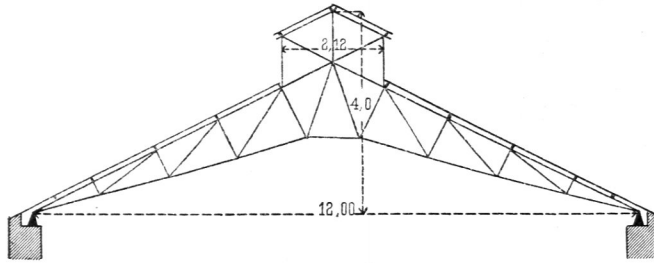
Die obere Gurtung der Dachbinder wird meistens in die Dachfläche, bezw. möglichst nahe der Dachfläche gelegt, sowohl bei Balken-, wie bei Sprengwerks- und Auslegerdächern. Diese Anordnung ist empfehlenswerth und im Allgemeinen der felteneren Binderform vorzuziehen, bei welcher der Binder als besonderer Träger ausgebildet wird, auf welchen die Pfettenlast durch lothrechte oder geneigte Pfosten

Fig. 420.



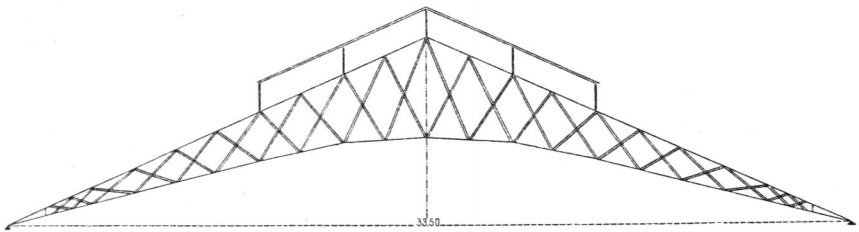
Vom Maschinenhaus der dritten Dresdener Gasanstalt²⁰⁹⁾.
 $\frac{1}{200}$ n. Gr.

Fig. 421.



Vom Retortenhaus auf dem Bahnhof zu Hannover.
 $\frac{1}{150}$ n. Gr.

Fig. 422.



Vom Dach über einem Ausstellungsgebäude²¹⁰⁾.
 $\frac{1}{300}$ n. Gr.

übertragen wird. Erstere (Fig. 416, 417, 419 u. a.) ist deshalb zweckmäßiger, weil sie eine gute Aussteifung der gedrückten Gurtung durch die Pfetten und die in den Dachflächen liegende Windverftreibung bietet; bei der anderen Anordnung fehlt diese Aussteifung. Für Beanspruchung auf Zerknicken können die Knotenpunkte der oberen Gurtung bei der ersten Construction als feste Punkte angesehen werden; bei

²⁰⁸⁾ Nach: HUMBER. *A complete treatise on cast and wrought iron bridge construction*. London 1866.

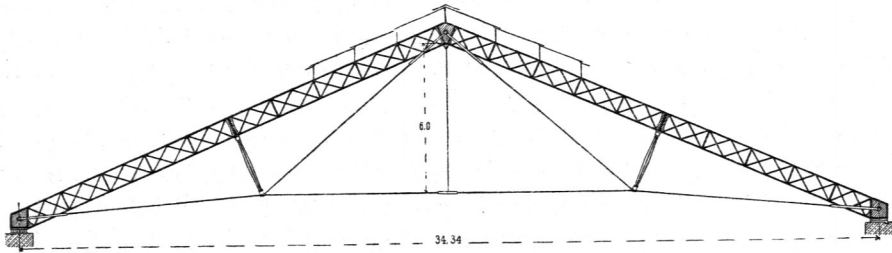
²⁰⁹⁾ Nach: *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1881, Bl. 859.

²¹⁰⁾ Nach: *Nouv. annales de la constr.* 1870, Bl. 23—24.

der anderen Construction sind diese Knotenpunkte wohl in der Binderebene fest, nicht aber gegen Ausbiegen aus dieser Ebene genügend gesichert.

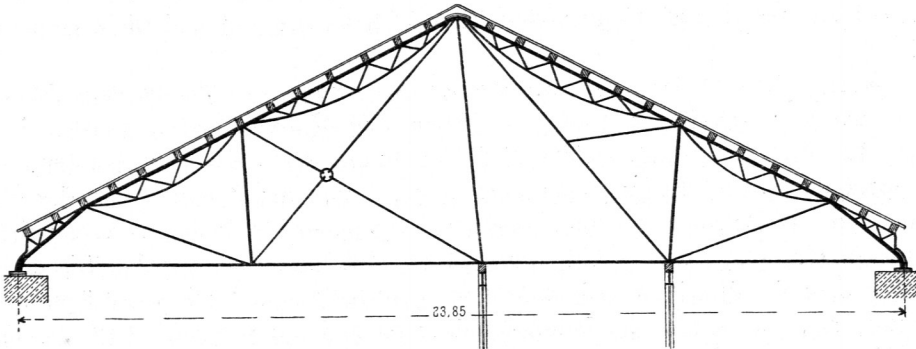
Wenn die obere Gurtung in der Dachfläche liegt, so ist dieselbe, entsprechend der Sattelform des Daches, ebenfalls meistens sattelförmig (Fig. 416); aber auch bei mehreren, verschieden geneigten Dachflächen kann man diese Binderanordnung

Fig. 423.



Von der Bahnhofshalle zu Neapel²¹¹⁾.
1/300 n. Gr.

Fig. 424.



Vom Dach über dem Stadtverordneten-Saal im Rathaus zu Berlin²¹²⁾.
1/200 n. Gr.

Fig. 425.

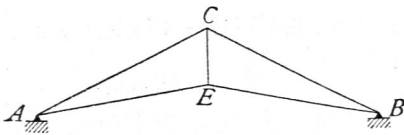
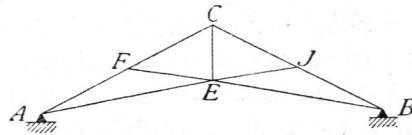


Fig. 426.



wählen. Ein Beispiel für einen auspringenden Winkel zeigt Fig. 417 und für einen einspringenden Winkel Fig. 418. Bei einer größeren Zahl verschieden geneigter Dachflächen erhält man das sog. Sieldach (Fig. 419); man kann auch den mittleren Theil des Dachbinders nach Fig. 420²⁰⁹⁾ mit wagrechter oberer Gurtung construiren, wodurch der Binder eine Art Trapezträger wird.

211) Nach ebendaf. 1875, Bl. 47, 48.

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

Die untere Gurtung ist entweder geradlinig und wagrecht, oder sie bildet eine gebrochene, meistens nach oben gekrümmte Linie (Fig. 419 u. 421); unter Umständen ist sie auch wohl nach unten gekrümmt.

Das Gitterwerk der Dachbinder wird zweckmässig aus zwei Scharen von Stäben gebildet; diese Scharen sind entweder beide geneigt (Fig. 419), oder eine derselben ist lothrecht, oder eine Schar steht senkrecht zur Dachfläche (Fig. 421). Für die letztgenannte Anordnung spricht, dass die gedrückten Gitterstäbe verhältnissmässig kurz werden, was wegen der Zerknickungsgefahr günstig ist. Es kommen auch wohl gekreuzte Stäbe zwischen den lothrecht oder senkrecht zur Dachfläche angeordneten Pfoften vor, und zwar dann, wenn man stets nur gezogene Schrägstäbe haben will. Dann wirken die gekreuzten Schrägstäbe wie Gegendiagonalen, über welche das Erforderliche in Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Statik der Hochbau-Constructionen) dieses »Handbuches« gesagt ist. Im Allgemeinen ist man neuerdings von der Anordnung der Gegendiagonalen — auch im Brückenbau — abgekommen und zieht es vor, die Stäbe auf Zug und Druck zu beanspruchen; die Rücksichtnahme auf die Zerknickungsgefahr ist leicht, die Querschnittsvergrößerung wegen derselben bei den Dachbindern nicht sehr bedeutend, so dass man in der That besser nur zwei Scharen von Gitterstäben anordnet und von den Gegendiagonalen absteht. Auch Binder mit mehrfachem Gitterwerk kommen wohl vor, wenn auch selten (Fig. 422²¹⁰); diese Construction ist statisch unbestimmt und nicht empfehlenswerth.

Lastpunkte zwischen den Knotenpunkten des Fachwerkes sollen vermieden werden; durch die Lasten zwischen den Knotenpunkten werden in den Stäben der oberen Gurtung, welche diese Belastungen nach den Hauptknotenpunkten zu übertragen haben, Biegemomente erzeugt, und damit entsteht in der oberen Gurtung eine ungleichmässige und ungünstige Spannungsvertheilung. Wenn sich aus besonderen Gründen Zwischenlastpunkte — also Pfetten — als zweckmässig ergeben, so ordne man für dieselben besondere Unterconstructionen, Fachwerksträger zweiter Ordnung, an, die von einem Knotenpunkt zum anderen reichen. Beispiele hierfür geben Fig. 423²¹¹ u. 424²¹². Die kleinen Träger können mit gekrümmten unteren Gurtungen als Parabelträger oder auch als Parallelträger construirt werden. Man erreicht hierdurch die Verwendung sehr einfacher Hauptträger, welche sich durch eine geringe Zahl von Knotenpunkten und grosse Klarheit auszeichnen. *Schwedler* hat mit Vorliebe diese Dachbinder verwendet.

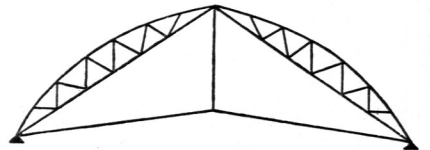
^{146.}
Verschiedenheit.

In Folge der geschichtlichen Entwicklung spielen einige Binderarten bei den Balkendächern eine besonders wichtige Rolle:

- α) das einfache Dreieckdach (Fig. 425);
- β) der deutsche Dachstuhl (Fig. 426);
- γ) der englische Dachbinder (Fig. 421);
- δ) der *Polonceau*- oder *Wiegmann*-Dachbinder (Fig. 416), und
- ε) der Sieldachbinder (Fig. 419).

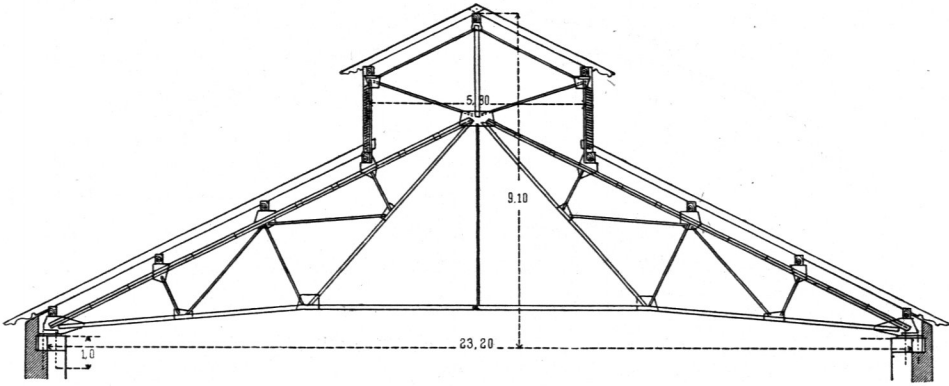
Die Anordnung dieser Binder ist in Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 424, S. 389²¹³) dieses »Handbuches« vorgeführt, worauf hier Bezug genommen werden kann. Die Abbildungen sind zum Theile der dortigen Besprechung entnommen.

Fig. 427.



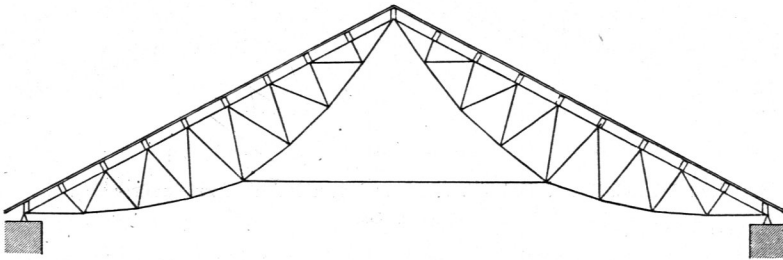
²¹³) 2. Aufl.: Art. 213, S. 196 u. 197.

Fig. 428.



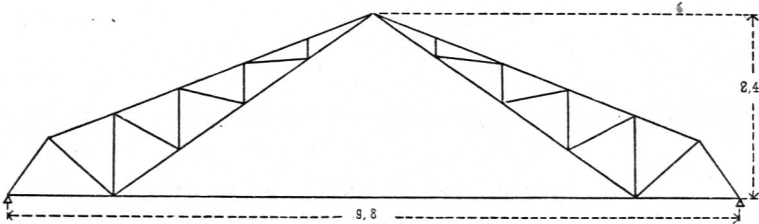
Vom Ofenhaus der dritten Dresdener Gasanstalt²¹⁴⁾.
 $\frac{1}{200}$ n. Gr.

Fig. 429.



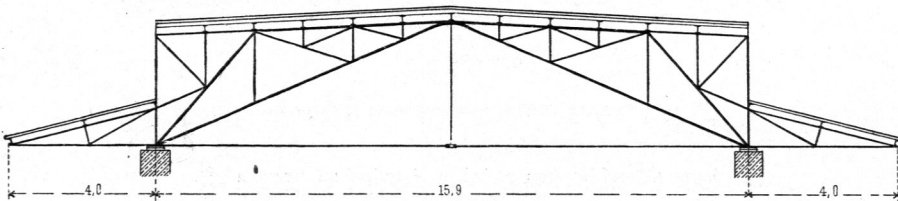
Dachbinder-System *Arajol*²¹⁵⁾.

Fig. 430.



Vom Güterfchuppen auf dem Bahnhof zu Hannover.
 $\frac{1}{100}$ n. Gr.

Fig. 431.

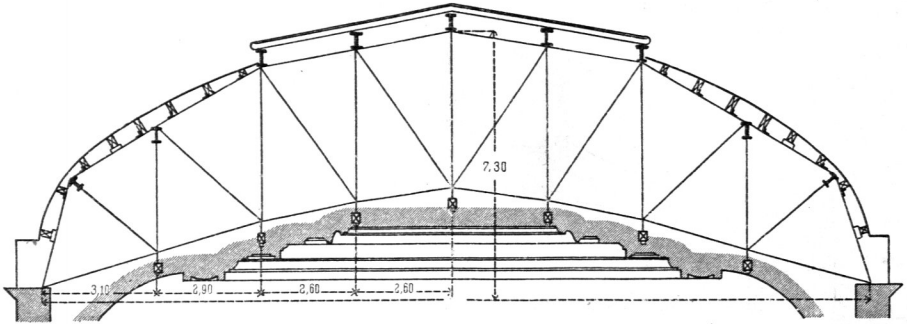


Vom neuen Packhof zu Berlin.
 $\frac{1}{200}$ n. Gr.

²¹⁴⁾ Nach: *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1881, Bl. 858.

²¹⁵⁾ Nach: *Nouv. annales de la confr.* 1892, Bl. 46-47.

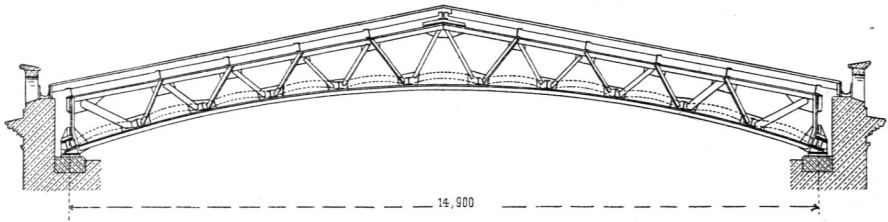
Fig. 432.



Vom großen Bölfenfaal zu Zürich²¹⁶⁾.

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

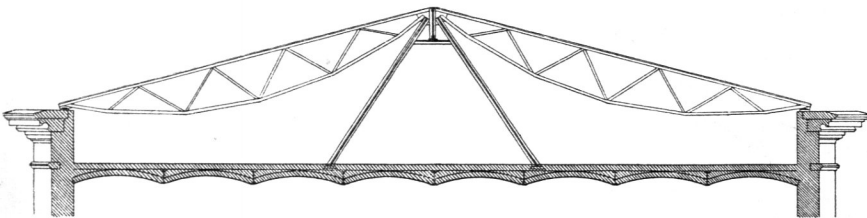
Fig. 433.



Vom Wartefaal III. und IV. Classe auf dem Bahnhof zu Bremen²¹⁷⁾.

$\frac{1}{150}$ n. Gr.

Fig. 434.



Von der Universitäts-Bibliothek zu Göttingen²¹⁸⁾.

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

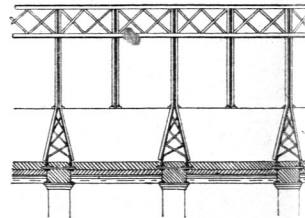
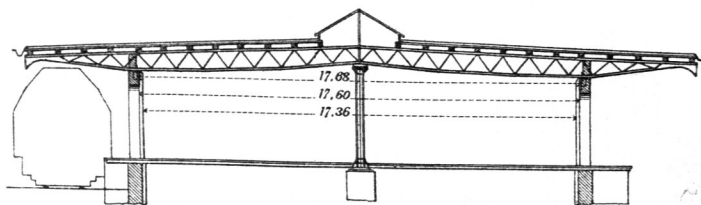


Fig. 435.



Vom Güterfchuppen auf dem Bahnhof zu Bremen²¹⁹⁾.

$\frac{1}{300}$ n. Gr.

²¹⁶⁾ Nach: Eisenbahn, Bd. 9, Beil. zu Nr. 8.

²¹⁷⁾ Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, Bl. 17.

²¹⁸⁾ Nach ebendaf. 1887, Bl. 5.

²¹⁹⁾ Facf.-Repr nach ebendaf. 1892, Bl. 25.

Beim einfachen Dreieckdach und beim deutschen Dachstuhl hat man vielfach Unterconstructionen angewendet. Ordnet man die Träger zweiter Ordnung beim einfachen Dreieckdach nach Fig. 427 an, so addiren sich die vom Hauptfytem in der oberen Gurtung vorhandenen Druckspannungen zu den im Träger zweiter Ordnung an derselben Stelle erzeugten Zugspannungen. Unter Umständen kann dadurch die Anordnung in Fig. 427 sehr vortheilhaft sein.

Beim englischen Dachbinder ist die eine Schar der Gitterstäbe meistens lothrecht oder senkrecht zur Dachfläche.

Der *Polonceau*- oder *Wiegmann*-Dachstuhl hat die Eigenthümlichkeit, daß zwei genügend stark hergestellte Träger sich im First gegen einander legen; wollte man keinen Stab weiter hinzufügen, so würde dadurch ein Dreigelenkträger entstehen, welcher nur mit zwei festen Auflagern stabil wäre und der auf diese Auflager große wagrechte Kräfte übertragen würde. Diese Kräfte werden durch einen weiteren Stab, der beide Hälften des Trägers mit einander verbindet, aufgehoben; nunmehr muß aber eines der beiden Auflager beweglich gemacht werden, damit der Träger ein statisch bestimmter Balkenträger werde. Die gewöhnlichen Formen dieses Trägers sind in Fig. 416 u. 428²¹⁴⁾ dargestellt; nach der gegebenen Erklärung gehören aber auch die Dachbinder in Fig. 429²¹⁵⁾, 430 u. 431 hierher.

Die Knotenpunkte der Sichelbinder werden gewöhnlich auf Parabeln oder Kreisbogen angeordnet. Einen Sichelbinder zeigt Fig. 419.

Wenn es sich um die Ueberdeckung weiter Räume handelt, in welche man nicht gut Stützen setzen kann, so benutzt man zweckmäßig die Dachbinder auch zum Tragen der Decken; man hängt die Decke an die Dachbinder. Alsdann richtet man sich wohl in der Form der Binder nach der Lage der Lastpunkte; Fig. 424, 432²¹⁶⁾ u. 433²¹⁷⁾ zeigen einige Dachbinder mit angehängten Decken. Unter Umständen kann man die untere Gurtung des Binders sofort zum Tragen der Decke verwenden; eine solche Anordnung ist in Fig. 433 dargestellt, wo die untere Gurtung der Dachbinder die eisernen Längsträger aufnimmt, zwischen welche die Deckengewölbe gespannt sind.

Wenn eine mittlere Unterstützung des Binders möglich ist, so ordne man dieselbe an, setze also den Binder auf drei Stützpunkte; dabei vermeide man es aber, denselben als durchgehenden (continuirlichen) Träger herzustellen, sondern mache ihn statisch bestimmt. Man kann dies erreichen, wenn man jede Binderhälfte für sich frei auflagert. Eine solche Anordnung ist in Fig. 434²¹⁸⁾ dargestellt. Im First läuft ein durch besondere Stützen getragener Gitterträger durch, welcher den beiden Hälften des Dachbinders je ein Auflager bietet; die beiden anderen Auflager sind auf den Seitenmauern gelagert. Grundsätzlich ähnlich ist die Construction in Fig. 435²¹⁹⁾; der mittlere Stab der oberen Gurtung ist beweglich angegeschlossen, so daß er für die Berechnung als nicht vorhanden angesehen werden kann; man erhält so zwei getrennte Träger. Auch auf andere Weise kann man statisch bestimmte Binder auf drei Stützen herstellen, z. B. durch Einfügen eines Gelenkes in die eine der beiden Hälften.

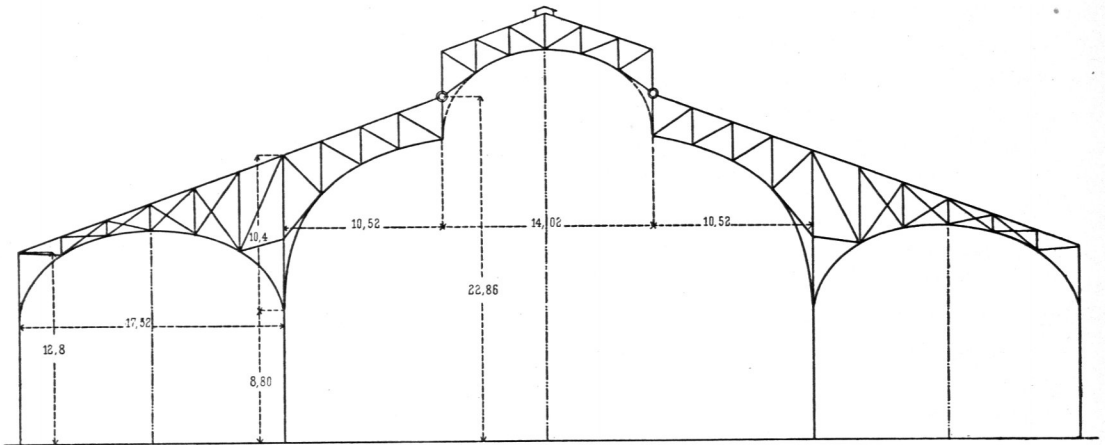
Bei den Balken-Dachbindern auf vier Stützpunkten vermeide man ebenfalls, die Binder als continuirliche Träger auszuführen, stelle vielmehr über der mittleren Oeffnung ein statisch bestimmtes Satteldach her und verseehe die beiden äußeren Oeffnungen mit statisch bestimmten Pultdachbindern. Ein Beispiel hierfür zeigt Fig. 223 (S. 80). Man kann so auch leicht eine basilicale Anlage mit hohem Seiten-

147.
Dachbinder
mit angehängter
Decke.

148.
Balken-
Dachbinder
auf drei
Stützpunkten.

149.
Balken-
Dachbinder
auf vier
Stützpunkten.

Fig. 436.



Vom Bergwerksgebäude der Weltausstellung zu Chicago 1893.

 $\frac{1}{500}$ n. Gr.

licht erhalten, welche für Ausstellungshallen, Markthallen u. f. w. fehr geeignet ist (Fig. 224, S. 81).

Die statische Bestimmtheit wird auch durch Einfügen zweier Gelenke in die Mittelöffnung erreicht, wodurch man zwei seitliche Auslegerträger und einen zwischenhängenden Mittelträger erhält. Ein schönes Beispiel zeigt Fig. 436; der eingehängte Träger muß ein Auflager mit Längsbeweglichkeit bekommen, da sonst das Ganze statisch unbestimmt wird; auch darf aus demselben Grunde von jedem Seitenträger nur ein Auflager fest sein.

2) Sprengwerks- und Bogen-Dachbinder.

150.
Sprengwerks-
Dachbinder.

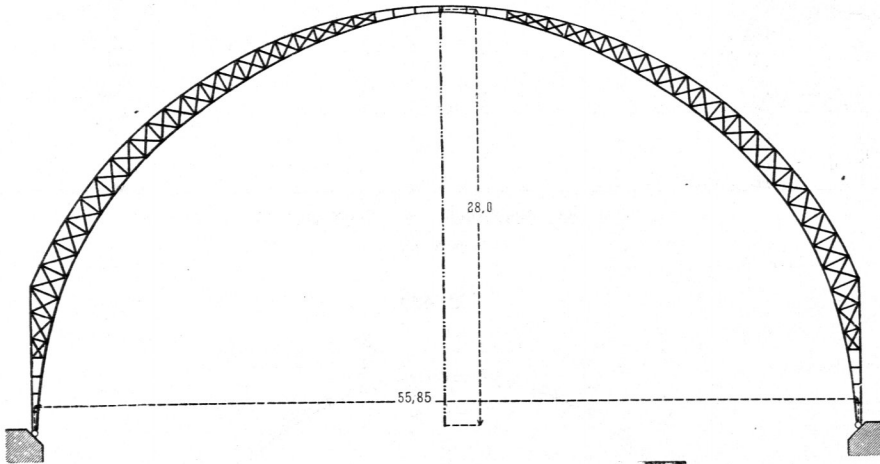
Sprengwerks-Dachbinder sind solche, bei denen beide Auflager fest oder in ihrer gegenseitigen Beweglichkeit beschränkt sind (vergl. die Erläuterungen in Art. 98, S. 123). Diese Binder übertragen auf ihre Stützpunkte schiefe Kräfte, welche für die Seitenmauern des Gebäudes desto gefährlicher sind, je höher die Stützpunkte liegen. Man ist deshalb bei den neueren, weit gespannten Sprengwerksdächern dazu übergegangen, die Auflager ganz tief zu legen, so daß die Fußspitze der Binder sich sofort auf die Fundamente setzen. Solche Sprengwerksdächer mit tief liegenden Stützpunkten sind für weite Hallen (Bahnhofshallen, Markt- und Reithallen, Ausstellungsgebäude) die naturgemäßen Dach-Constructionen und allen anderen vorzuziehen: sie halten von den Gebäudemauern die gefährlichsten Kräfte, die auf Umsturz wirkenden wagrechten Kräfte, ganz fern. Sie sind aus diesem Grunde auch den Balken-Dachbindern vorzuziehen, weil bei diesen wenigstens an der Seite des festen Auflagers die wagrechten Kräfte auf die Seitenmauern übertragen werden und bei der hohen Lage dieses Stützpunktes ungünstig wirken. Auch am beweglichen Auflager ist stets Reibung vorhanden, und demnach kann ebenfalls eine wagrechte Kraft übertragen werden. Thatsächlich ist man seit verhältnismäßig kurzer Zeit für die großen Hallen der Neuzeit von den Balken-Dachbindern (Schilddächern, *Polonceau*- oder *Wiegmann*-Dächern) abgegangen und führt fast ausschließlich Sprengwerksdächer mit tief gelegten Stützpunkten aus.

Man kann die Sprengwerksbinder als statisch unbestimmte oder als statisch bestimmte Constructionen herstellen. Beide Stützpunkte sind fest, d. h. die Zahl der Auflager-Unbekannten beträgt $n = 2 \cdot 2 = 4$. Da nur drei Gleichgewichtsbedingungen, also nur drei Gleichungen für die Berechnung dieser vier Unbekannten verfügbar sind, so ist der Binder nur dann statisch bestimmt, wenn seine Construction eine weitere Bedingung vorschreibt. Ordnet man z. B. in dem Binder ein Gelenk an, so bedeutet dies, daß bei jeder beliebigen Belastung das Moment für diesen Gelenkpunkt gleich Null sein muß. Damit ist eine vierte Gleichung gegeben, der Binder demnach jetzt statisch bestimmt. Fig. 437 u. 438²²⁰⁾ zeigen einige neuere Beispiele solcher Dreigelenk-Dachbinder; das Gelenk wird in die Mitte gelegt, obgleich es theoretisch auch an anderer Stelle liegen kann.

Zu den Sprengwerks-Dachbindern können auch die Bogen-Dachbinder mit Durchzügen gerechnet werden, welche ebenfalls für weite Hallen vielfach Anwendung gefunden haben. Die Bogenbinder sind Sprengwerke, welche Schub auf die Auf-

151.
Bogen-
Dachbinder
mit
Durchzügen.

Fig. 437.



Von der großen Halle auf dem Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M.

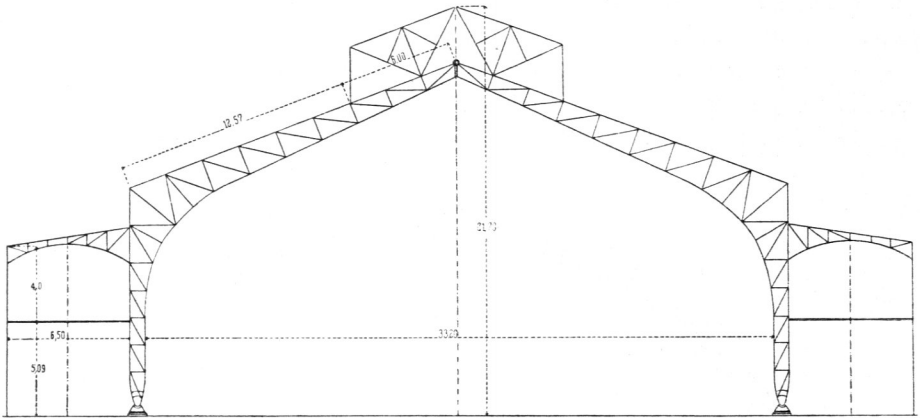
$\frac{1}{500}$ n. Gr.

lager ausüben; dieser für das Mauerwerk gefährliche Schub wird durch den Durchzug aufgehoben, welcher in einfachster Weise aus einem wagrechten Stabe bestehen kann, welcher beide Auflager verbindet. Damit der wagrechte Stab nicht in Folge seines Eigengewichtes durchhängt, ordnet man Hängeeisen an, welche den Stab an verschiedenen Stellen halten. Man kann auch den Durchzug aus mehreren Stäben herstellen, welche zusammen eine gebrochene, von einem Auflager zum anderen verlaufende Linie bilden, die für das Auge angenehmer wirkt, als die gerade, wagrechte Linie (Fig. 440). Wenn bei solchem Binder ein Auflager beweglich angeordnet wird, so wirkt derselbe auf die Stützpunkte als Balkenbinder. Für die Ermittlung der im Träger auftretenden Spannungen aber muß derselbe als Bogenträger aufgefaßt werden; denn die Entfernung der beiden Auflager von einander muß stets gleich der wagrechten Projection des Durchzuges sein; sie vergrößert bzw. verkleinert sich mit der elastischen Vergrößerung, bzw. Verkleinerung derselben, ist also nicht frei veränderlich. Bei nicht unterbrochenem Bogen ist diese

²²⁰⁾ Nach ebendaf. 1894, Bl. 11.

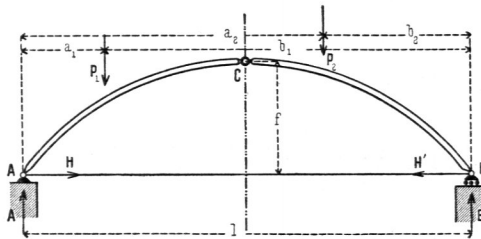
Construction statisch unbestimmt, ein Bogenträger mit zwei Gelenken, deren Entfernung veränderlich ist; sie kann durch Anordnung eines Gelenkes (gewöhnlich im Scheitel) statisch bestimmt gemacht werden. Für die vier Auflager-Unbekannten A , B , H und H' (Fig. 439), welche auch die Scheitel-Unbekannten bestimmen, sind die drei Gleichgewichtsbedingungen und die Gleichung verfügbar, welche besagt, daß für den Scheitel das resultierende Moment aller an der einen Seite desselben wirkenden Kräfte gleich Null ist. Man erhält also:

Fig. 438.



Von der Markthalle zu Hannover²²⁰⁾.
1/400 n. Gr.

Fig. 439.



$$A = \frac{P_1 b_1 + P_2 b_2}{l}, \quad B = \frac{P_1 a_1 + P_2 a_2}{l} \quad \text{und}$$

$$0 = -Hf + A \frac{l}{2} - P_1 \left(\frac{l}{2} - a_1 \right),$$

woraus folgt:

$$H = \frac{P_1 a_1 + P_2 b_2}{2f},$$

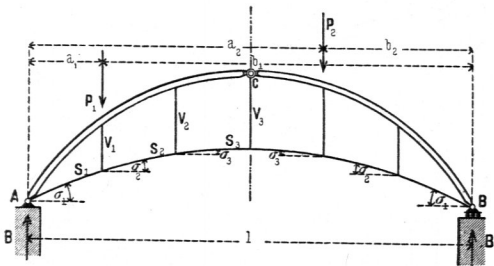
$$H' = H = \frac{P_1 a_1 + P_2 b_2}{2f}.$$

Wenn der Durchzug aus einer Anzahl von Stäben besteht, welche eine gebrochene Linie bilden, so kann man A , B , H und H' ähnlich ermitteln, wie soeben gezeigt ist, und danach die Spannungen in den Stäben des Durchzuges aus der Bedingung finden, daß die wagrechte Seitenkraft der Spannung jeden Stabes gleich H ist. Wenn man die Höhe des Sichelpfeiles (Fig. 440) mit f_1 bezeichnet, so erhält man

$$A = \frac{P_1 b_1 + P_2 b_2}{l}, \quad B = \frac{P_1 a_1 + P_2 a_2}{l}, \quad H = \frac{1}{f_1} \left[A \frac{l}{2} - P_1 \left(\frac{l}{2} - a_1 \right) \right],$$

woraus sich mit dem Werthe für A ergibt:

Fig. 440.



$$H = \frac{P_1 a_1 + P_2 b_2}{2f_1}.$$

Die Spannungen im Durchzug sind bezw.

$$S_1 = \frac{H}{\cos \sigma_1} \quad \text{und} \quad S_2 = \frac{H}{\cos \sigma_2}, \quad 11.$$

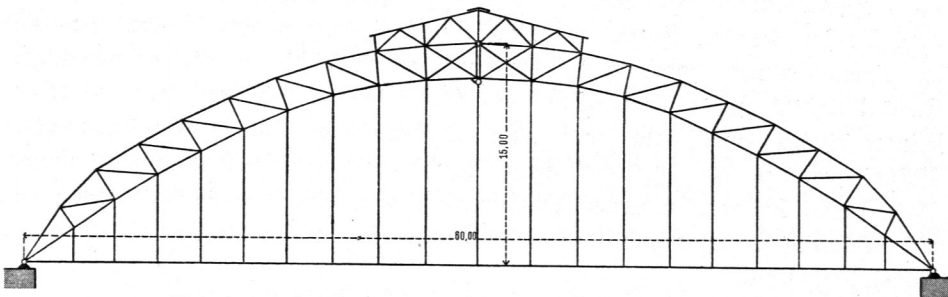
diejenigen in den Hängeeisen

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= H (\operatorname{tg} \sigma_1 - \operatorname{tg} \sigma_2) \\ V_2 &= H (\operatorname{tg} \sigma_2 - \operatorname{tg} \sigma_3) \end{aligned} \right\} \quad 12.$$

In ähnlicher Weise ergeben sich auch die durch Windbelastungen erzeugten Auflagerdrücke und Spannungen der Zugtange, so wie der Hängeeisen.

Durch die Hängeeisen werden auf die Bogenhälften Zugkräfte übertragen; um diese und die unmittelbaren Belastungen ertragen zu können, müssen die Bogen steif hergestellt werden, d. h. so, daß sie Biegemomente aufnehmen können. Bei

Fig. 441.

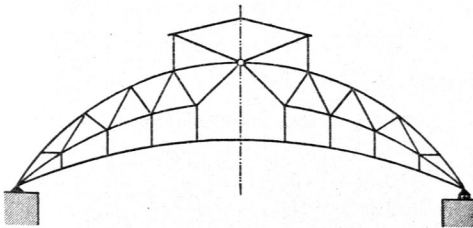


Von der großen Halle des Anhalter Bahnhofes zu Berlin²²¹⁾.

$\frac{1}{500}$ n. Gr.

kleinen Spannweiten stellt man die Bogen als vollwandige Blechträger, bei größeren Weiten als Gitterträger her. Ein hervorragendes Beispiel eines Bogen-Dachbinders mit Durchzug zeigt Fig. 441. Diese Dächer ähneln bei oberflächlicher Betrachtung den oben betrachteten Sieldächern, von denen sie sich aber vortheilhaft durch das Fehlen der verwirrenden Schrägstäbe unterscheiden, wodurch das Ganze in der Wirkung viel ruhiger ist, als bei jenen. Hierher gehört auch die in Fig. 442 dargestellte Form.

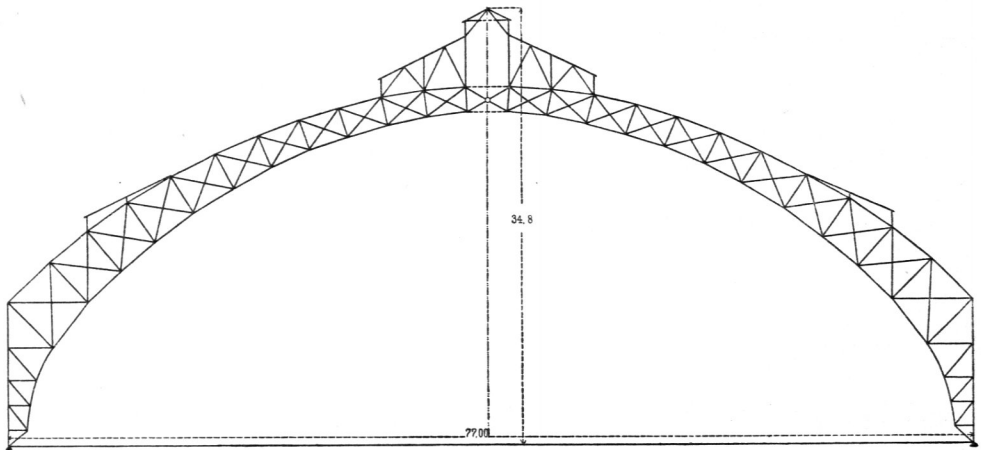
Fig. 442.



Die Berechnung der gelenklosen Bogen mit Durchzug ist etwas umständlich; bezüglich derselben wird auf die Lehrbücher über statisch unbestimmte Constructionen, insbesondere über Bogenträger verwiesen. Sprengwerks- und Bogenbinder mit

²²¹⁾ Nach ebendaf., Bl. 9.

Fig. 443.



Von der großen Bahnhofshalle der Pennsylvania-Eisenbahn zu Jersey City.

 $\frac{1}{600}$ n. Gr.

Durchzügen werden für große Spannweiten zweckmäßig und fast ausschließlich als Doppelbinder hergestellt: zwei in geringem Abstände von einander angeordnete Binder werden durch wagrechte und schräg gelegte Stäbe (Andreskreuze) zu einem Ganzen vereinigt. Dadurch wird dem Binder die notwendige Widerstandsfähigkeit gegen Ausknicken aus seiner Ebene gegeben; es wird ein größerer Binderabstand ermöglicht und auch ästhetisch ein guter Eindruck erzielt; die Träger, welche die große Weite überspannen, erhalten so die wünschenswerthe Maffigkeit. In nachstehender Tabelle sind von einer Reihe bedeutender Bauwerke die Stützweiten, Binderabstände und Entfernungen der Binderhälften von einander zusammengestellt.

Hauptabmessungen einiger neuerer großer Bogendächer.

Nr.	Bezeichnung des Bauwerkes	Binderart	Stützweite	Pfeilhöhe	Abstand der Theilbinder	Abstand der Hauptbinder von Axe zu Axe
1	Anhalter Bahnhof zu Berlin . . .	Dreigelenkbogen m. Zugband	62,5	15	3,5	14,0
2	Bahnhof Alexanderplatz zu Berlin	Dreigelenkbogen	37,5	20	1,5	8,8
3	Bahnhof Friedrichstraße zu Berlin	»	36,0	20	1,972 bzw. 1,001	9,9 bzw. 9,04
4	Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M. . .	»	56,0	28,6	1,1	9,3
5	Centralbahnhof zu Mainz . . .	Dreigelenkbogen m. Zugband	42,5	—	nur je ein Binder	8,8 bis 14,8
6	Hauptbahnhof zu Bremen	Zweigelenkbogen	59,3	27,1	1,0	7,2
7	Hauptbahnhof zu Cöln	»	63,9	24,0	0,8	8,5
8	Manufacture building auf der Weltausstellung zu Chicago 1893 . . .	Dreigelenkbogen	112,16	62,28	nur je ein Binder	15,24 bzw. 22,86
9	Maschinenhalle zu Paris auf der Weltausstellung 1889	»	110,6	44,99	—	21,5
10	Bahnhalle zu New-Jersey (Fig. 443)	» mit Zugband	77,0	27,3	4,42	17,68
11	Markthalle zu Hannover	» (Einzelbind.)	34,06	18,2	nur je ein Binder	6,44

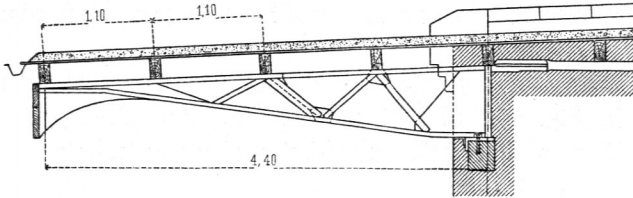
M e t e r

3) Ausleger- oder Krag-Dachbinder.

Die Auslegerbinder sind nur an einer Seite aufgelagert und übertragen unter Umständen bedeutende Zugkräfte auf die Gebäudemauern (vergl. Theil I, Band I,

152.
Ausleger-
binder.

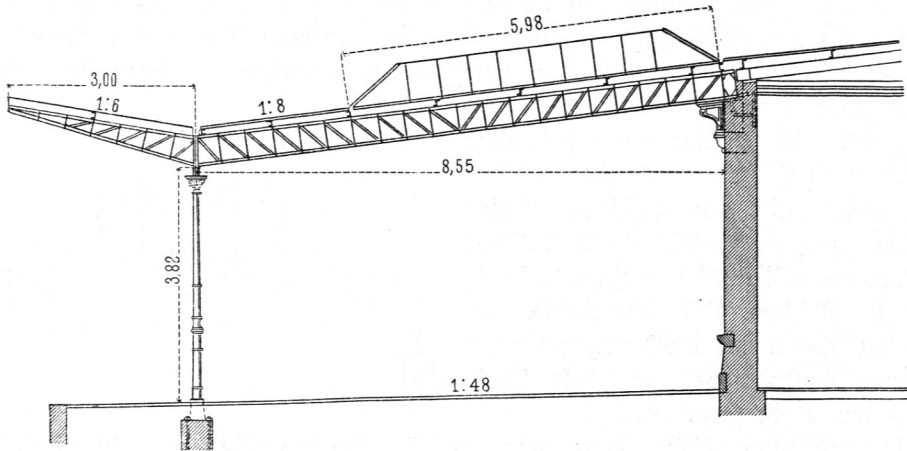
Fig. 444.



Vom Bahnhof zu Bremen.

$\frac{1}{175}$ n. Gr.

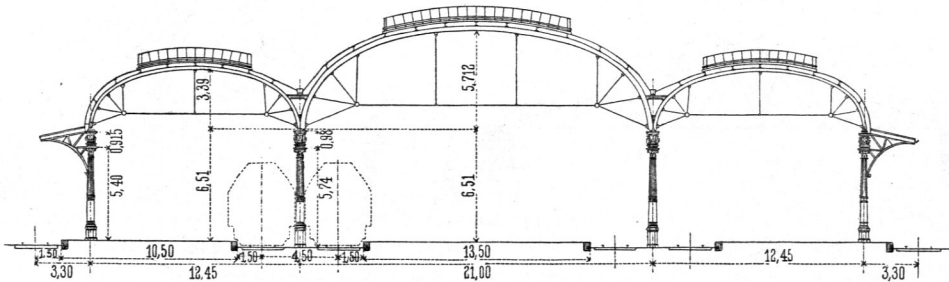
Fig. 445.



Vom Bahnhof zu Duisburg.

$\frac{1}{125}$ n. Gr.

Fig. 446.



Von der Bahnhofshalle zu Münster i. W.

$\frac{1}{450}$ n. Gr.

zweite Hälfte [Art. 447, S. 415²²²⁾] dieses »Handbuches«). Sie müssen kräftig verankert werden. Man verwendet sie vielfach für Bahnsteig-Ueberdeckungen von ge-

222) 2. Aufl.: Art. 236, S. 222.

ringer Breite, Vordächer bei Güterschuppen u. dergl. Fig. 444 zeigt ein solches Beispiel; die Ausladung beträgt 4,40 m.

Wenn möglich, soll man die Zugkräfte vom Mauerwerk fern halten; Fig. 445 zeigt, wie dies erreicht werden kann. Der Bahnsteigbinder ruht aufser auf dem Seitenmauerwerk des Gebäudes noch auf einer Säule, über welche hinaus er verlängert ist; diese Verlängerung bildet den Kragbinder. Der Träger muß über der Säule genügend stark sein, um das hier auftretende (negative) Moment des Kragträgers aufnehmen zu können.

Man kann auch den Zug vom Kragträger in den Dachbinder des Gebäudes führen, wie dies in Fig. 431 (S. 205) gezeigt ist. Eine gleichfalls gute Anordnung zeigt Fig. 446 in den an die Hallen anschließenden Vordächern.

4) Laternen.

Nicht selten wird eine über das Dach erhöhte Laterne angeordnet; dieselbe wird auf die obere Gurtung des Binders gesetzt. Man könnte auf die Breite der Laterne die obere Gurtung des Binders fortfallen lassen und durch diejenige der Laterne ersetzen (Fig. 447), wodurch man im mittleren Theile des Trägers eine gröfsere Höhe erzielte. Diese Anordnung ist nicht üblich, obgleich sie nicht unzweckmäfsig erscheint. Gewöhnlich construirt man den Binder ohne besondere Rücksicht auf die Laterne und setzt letztere dann nachträglich auf denselben. Dabei beachte man, dafs nicht durch Zufügen der Laterne das statisch bestimmte Fachwerk des Binders labil oder statisch unbestimmt werde; fast in allen ausgeführten Laternen-Constructionen ist diese Rücksicht aufser Acht gelassen.

In einfachster Weise setzte man auf die Knotenpunkte der oberen Gurtung Pfoften, welche an ihren oberen Enden durch Stäbe verbunden wurden (Fig. 448).

Fig. 447.

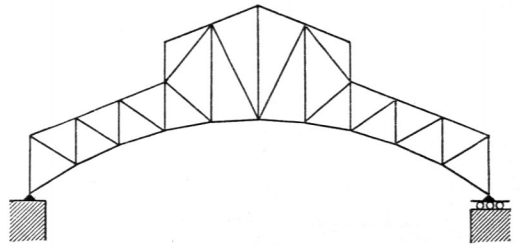


Fig. 448.

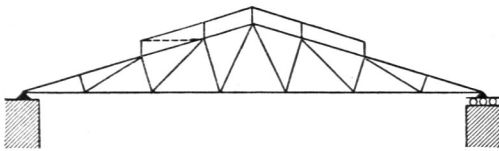


Fig. 449.

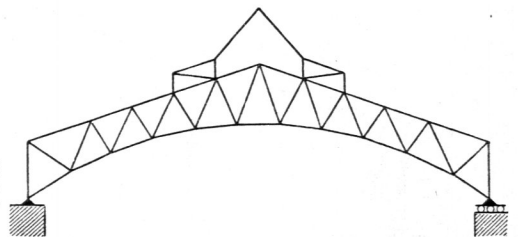


Fig. 450.

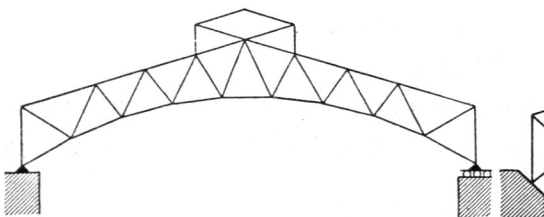
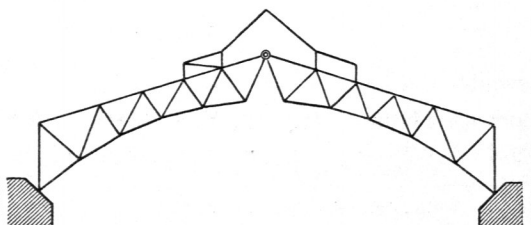
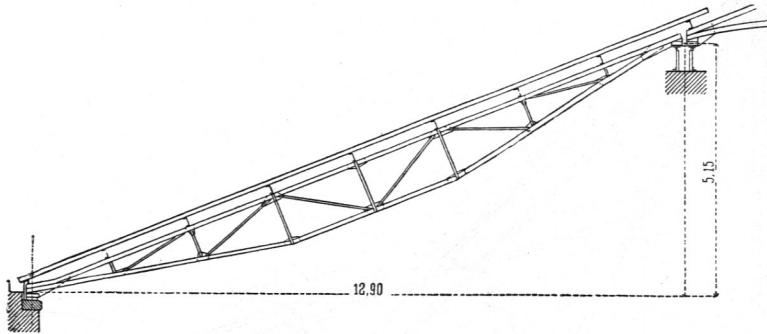


Fig. 451.



Es leuchtet ein, daß das Fachwerk hierdurch labil wird; die im Beispiel hinzugefügte Zahl der Knotenpunkte ist 5; die hinzugefügte Zahl der Stäbe muß also (siehe Art. 81, S. 103) gleich 10 sein; es sind aber nur 9 Stäbe hinzugefügt. Man sieht leicht, daß das Fachwerk durch Einfügen einer Diagonale statisch bestimmt gemacht werden kann. Die Diagonale kann in jedem der viereckigen Felder an-

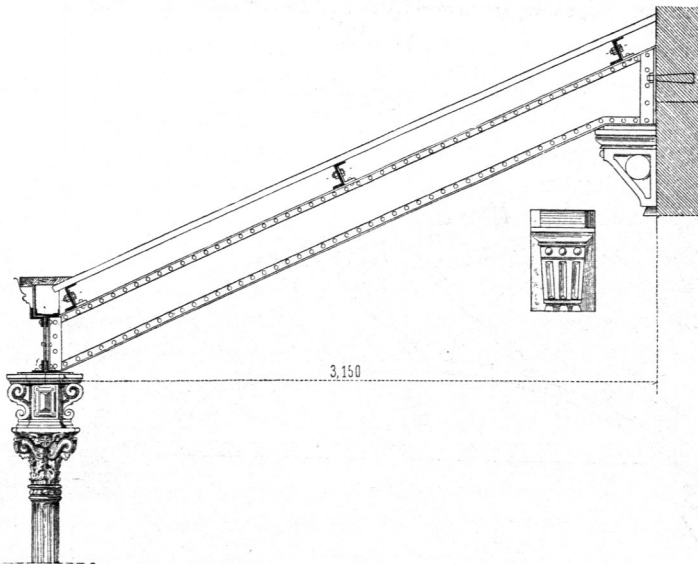
Fig. 452.



Von der Schmiedewerkstätte auf dem Bahnhof zu Hannover.

$\frac{1}{75}$ n. Gr.

Fig. 453.



Von der Bahnsteighalle zu Ruhrort.

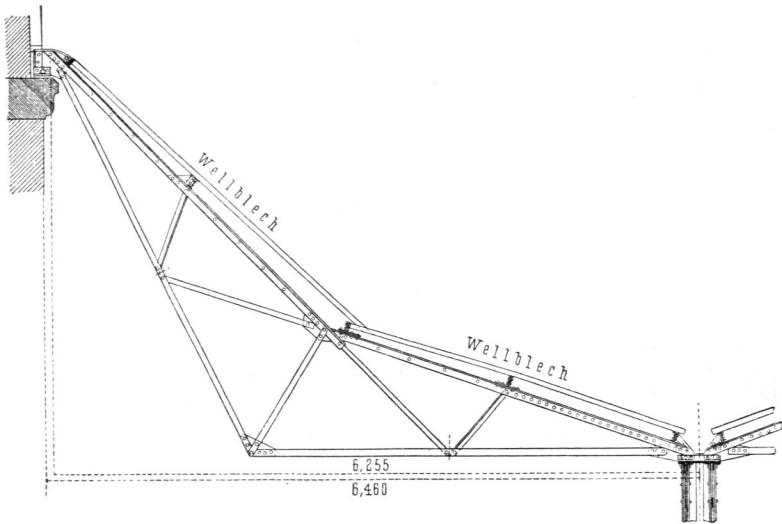
$\frac{1}{40}$ n. Gr.

geordnet werden, aber nur in einem derselben (in Fig. 448) ist sie einpunktirt; ordnet man mehrere Diagonalen an, so wird das Fachwerk statisch unbestimmt.

Beachtet man, daß der Binder ohne die Laterne statisch bestimmt war und daß ein Fachwerk diese Eigenschaft behält, wenn man nach und nach stets zwei neue Stäbe und einen neuen Knotenpunkt hinzufügt, so erkennt man, daß die in Fig. 449 u. 450 schematisch gezeichneten Binder statisch bestimmt sind. Bei Fig. 450

darf der mittlere Pfosten nicht angeordnet werden; derselbe würde einen überzähligen Stab bilden. Bei flacher Dachneigung erzeugen die lothrechten Lasten des Firsknotenpunktes in den am Firft zusammentreffenden Gurtstäben der Laterne große

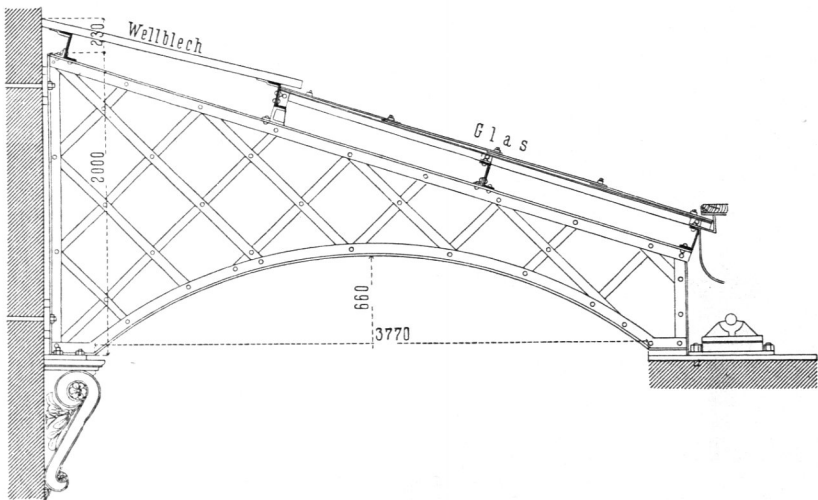
Fig. 454.



Von der Wagen-Reparaturwerkstätte auf dem Bahnhof zu Hannover.

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

Fig. 455.



Vom Bahnsteigdach auf dem Bahnhof zu Hannover.

 $\frac{1}{50}$ n. Gr.

Spannungen. Es steht aber nichts im Wege, diese beiden Stäbe steiler zu stellen und so die Spannungen zu verringern (Fig. 449). Die in Fig. 419, 421 u. 428 veranschaulichten Laternen-Constructionen zeigen nach Vorstehendem je einen überzähligen Stab, den man besser fortlässt. Die angegebene Regel gilt allgemein, also auch, wenn der Binder ein Dreigelenkbogen ist (Fig. 451).

Etwas anders, aber nach demselben Grundgedanken, ist die Laterne der Markthalle zu Hannover (Fig. 438) gebildet; jede statisch bestimmte Hälfte des Dreigelenkbogens ist durch ein statisch bestimmtes Fachwerk vermehrt; beide aufgesetzte Laternenhälften sind aber nicht mit einander verbunden; nur im Scheitelenk hängen die beiden Binderhälften mit einander zusammen; das ganze Fachwerk ist statisch bestimmt.

5) Pultdachbinder.

Bei den eisernen Dächern sind die Binder der Pultdächer einfache Träger, wie diejenigen der Satteldächer, und werden zweckmäßig als Balkenträger hergestellt; man ordne deshalb ein Auflager fest, das andere in der wagrechten Ebene beweglich an. Die Auflager werden meistens in verschiedene Höhen gelegt; doch kommt auch gleiche Höhe beider Auflager vor. Die Binder können Blechbalken oder Fachwerkbalken sein. Einige Anordnungen solcher Binder sind in Fig. 452 bis 455 gegeben; dieselben sind ohne besondere Erläuterung verständlich.

154.
Pultdach-
binder.

6) Einige Angaben über die Gewichte der wichtigsten Balken-Dachbinder.

Bei der Entscheidung über die zu wählende Binderart ist unter Anderem auch die Rücksicht auf das Gewicht des Binders von Bedeutung; denn das Gewicht bestimmt in gewissem Maße auch die Kosten. Allerdings kann ein leichtes, aber complicirtes Dach theurer sein, als ein schwereres einfaches. Jedenfalls aber ist es erwünscht, auch ohne genauen Entwurf bereits [das Gewicht des Daches ungefähr angeben zu können. Leider ist dieses Gebiet noch wenig bearbeitet. Einige für den Vergleich der Gewichte verschiedener Balkendächer verwertbare Untersuchungen hat der Verfasser an der unten angegebenen Stelle²²³⁾ veröffentlicht; die Ergebnisse sollen hier kurz angeführt werden.

155.
Theoretisches
Gewicht.

In der angegebenen Arbeit sind nur die sog. theoretischen Gewichte ermittelt, d. h. diejenigen Gewichte, welche sich ergeben würden, wenn es möglich wäre, jeden Stab an jeder Stelle genau so stark zu machen, wie die Kräftewirkung es verlangt. Zu diesen theoretischen Gewichten kommen noch ziemlich bedeutende Zuschläge hinzu, welche durch verschiedene Umstände bedingt sind. Einmal ist es nicht möglich, die Querschnitte dem theoretischen Bedürfnisse genau entsprechend zu gestalten und sie stetig veränderlich zu machen; nur stufenweise kann man den Querschnitt ändern; sodann muß bei den gezogenen Stäben ein Zuschlag wegen der Nietverschwächung und bei den gedrückten Stäben ein solcher wegen der Gefahr des Zerknickens gemacht werden. Einen weiteren Zuschlag bilden die zur Verbindung der einzelnen Theile und Stäbe erforderlichen Knotenbleche, Stofs- und Futterbleche, Nietköpfe, Gelenkbolzen u. s. w. Endlich erhält man, besonders bei kleinen Dächern, oft so geringe theoretische Querschnittsflächen, daß schon die praktische Herstellbarkeit bedeutende Vergrößerung bedingt.

Vergleicht man bei einer Reihe ausgeführter Dächer die wirklichen Gewichte mit den aus den Formeln erhaltenen theoretischen Gewichten, so kann man die sog. Ausführungsziffern (Constructions-Coefficienten), d. h. die Zahlenwerthe finden, mit

156.
Constructions-
Coefficient.

²²³⁾ In: LANDSBERG, TH. Das Eigengewicht der eisernen Dachbinder. Zeitfchr. f. Bauw. 1885, S. 105. — Auch als Sonderabdruck erschienen: Berlin 1885.

Tabelle der Werthe für C .

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$					$\frac{1}{3}$					$\frac{1}{4}$				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
$\frac{f_1}{l} = 0$	1,525	1,649	1,8	1,778	1,248	1,774	1,867	1,967	1,986	1,325	2,088	2,227	2,175	2,278	1,489
» = $\frac{1}{20}$	1,654	1,767	1,911	1,889	1,30	2,03	2,151	2,159	2,218	1,458	2,52	2,706	2,49	2,698	1,743
» = $\frac{1}{15}$	1,707	1,824	1,952	1,942	1,323	2,135	2,26	2,24	2,323	1,522	2,724	2,939	2,63	2,891	1,871
» = $\frac{1}{10}$	1,825	1,950	2,05	2,053	1,384	2,40	2,60	2,445	2,581	1,681	3,262	3,631	3,01	3,428	2,221
» = $\frac{1}{8}$	1,931	1,949	2,134	2,151	1,439	2,46	2,896	2,62	2,832	1,847					
» = $\frac{1}{7}$	2,017	2,04	2,20	2,236		2,89	3,033	2,782	3,061						
» = $\frac{1}{6}$		2,324	2,30	2,361	1,569		3,641	3,05	3,444	2,258					
» = $\frac{1}{5}$		2,595	2,47	2,578											
» = $\frac{1}{4}$		3,154	2,775	3,028											

denen die theoretischen Werthe multiplicirt werden müssen, um die wirklichen Gewichte zu ergeben. Die Ausführungsziffern sind noch nicht ermittelt; sie sind für die verschiedenen Binderformen und für die verschiedenen Stützweiten, ja sogar je nach dem Geschick des Constructeurs verschieden und nehmen bei wachsender Stützweite ab. Für einen Vergleich der verschiedenen Binderarten sind übrigens die Ausführungsziffern nicht von sehr großer Bedeutung; die für die theoretischen Gewichte gefundenen Ergebnisse können deshalb für den Vergleich — allerdings mit Vorficht — verwerthet werden.

^{157.}
Bindergewicht.

In der erwähnten Abhandlung wurden untersucht: der englische Dachstuhl, der *Wiegmann-* oder *Polonceau-*Dachstuhl, das Dreieckdach, das deutsche Dach, das Sieldach. Beim Dreieck- und deutschen Dach sind auch die Anordnungen mit Unterconstructionen in Betracht gezogen. Bezeichnet man mit l die Stützweite des Dachbinders, e die Entfernung der Dachbinder von einander, f die Firshöhe und f_1 die Mittenhöhe der unteren Gurtung, beides über der wagrechten Verbindungslinie der Auflager gemessen, q die Gesamtbelaftung für das Quadr.-Meter der Grundfläche (Eigengewicht, Schnee und lothrechte Seitenkraft des Winddrucks), K die als zulässig erachtete Beanspruchung des Eisens für 1 qm (in Tonnen), C eine Zahl (der Werth von C ist je nach der Dachform und Dachneigung verschieden) und sind alle Werthe auf Meter, bezw. Kilogramm bezogen, so ergibt sich als theoretisches Bindergewicht für das Quadr.-Meter überdeckter Fläche

$$g' = 0,0014 Cql.$$

Aus der Formel für g' erzieht man, dass das Bindergewicht für das Quadr.-Meter Grundfläche von der ersten Potenz der Stützweite abhängig, dagegen vom Binderabstand e unabhängig ist. Die Werthe für C sind in den beiden oben stehenden Tabellen zusammengestellt; in derselben gilt jedesmal

Spalte I für den englischen Dachstuhl,

Spalte II für den *Wiegmann-* oder *Polonceau-*Dachstuhl mit 16 Feldern,

Spalte III für das Dreieckdach und

Spalte IV für das deutsche Dach;

bei den beiden letzteren sind als Träger zweiter Ordnung Parabelträger mit dem Pfeilverhältniss 1 : 6 angenommen; die obere, gedrückte Gurtung des Parabelträgers

Tabelle der Werthe für C .

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{5}$					$\frac{1}{6}$					$\frac{1}{8}$				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
$\frac{f_1}{l} = 0$	2,425	2,705	2,50	2,603	1,687	2,775	2,974	2,63	2,944	1,903	3,494	3,817	3,11	3,653	2,359
» = $\frac{1}{20}$	3,112	3,401	2,884	3,278	2,114	3,797	4,239	3,35	4,018	2,57					
» = $\frac{1}{15}$	3,47	3,815	3,10	3,62	2,345										

ift mit der Druckgurtung des Fachwerkes zusammengelegt; es ift also nicht die denkbar günstigfte Anordnung gewählt, weil dieselbe doch wenig ausgeführt wird.

Spalte V gilt für das Sieldach mit Gitterwerk aus lothrechten Pfosten und Schrägstäben.

Der Vergleich der Werthe für C lehrt:

α) Das Sieldach (V) ift bezüglich des Materialverbrauches von den betrachteten die beste Construction. Sieht man von dem für die Ausführung des Sieldaches wenig geeigneten Pfeilverhältnifs $\frac{f}{l} = \frac{1}{2}$ ab, fo beträgt die Materialersparnifs beim Sieldach gegenüber dem englischen Dachstuhl (I) 25 bis 32 Procent, gegenüber dem *Wiegmann*-Dachstuhl (II) 25 bis 39 Procent des zu diesen beiden Dachbindern bezw. verwendeten Materials. Das Sieldach erfordert also nur 68 bis 75 Procent des zum englischen, nur 61 bis 75 Procent des zum *Wiegmann*-Dachstuhl nöthigen Materials. Aehnlich ift die Ersparnifs gegenüber den hier zu Grunde gelegten Constructions des deutschen (IV) und Dreieckdaches (III); dieselbe wird desto größer, je flacher das Dach und je kleiner die Pfeilverhältniffe $\frac{f}{l}$ und $\frac{f_1}{l}$ find. Das Sieldach ift demnach sehr günstig, wobei noch bemerkt werde, dafs bei der Berechnung der Tabellenwerthe für dasselbe nicht die günstigste Gitteranordnung angenommen ift und dafs es beim Sieldache, wegen der wenig veränderlichen Gurtquerschnitte, leichter ift, sich dem theoretischen Materialaufwand zu nähern, als bei den anderen Constructions, dafs also hier die Constructions-Coefficienten unter übrigens gleichen Verhältniffen kleiner find als dort.

β) Der englische Dachstuhl (I) erfordert theoretisch weniger Material, als der *Wiegmann*-Dachstuhl (II); die Ersparnifs beträgt bei den in der Tabelle angegebenen Verhältniffen 4 bis 10 Procent der Stoffmenge des *Wiegmann*-Dachstuhls; doch gilt dies nur für Stützweiten, bei denen der letztere 8 bis 16 Felder hat. Beim *Wiegmann*-Dachstuhl mit 4 Feldern ift der Stoffverbrauch demjenigen beim englischen Dachstuhl ziemlich gleich; bei den steileren Dächern etwas kleiner und bei den flachen Dächern etwas größer. Der Unterschied beträgt beiderseits bis 6 Procent.

Für den theoretischen Rauminhalt find ferner folgende Tabellen berechnet:

a) Theoretischer Rauminhalt eines Dreieck-Dachbinders ohne Träger zweiter Ordnung, d. h. des einfachen Hauptfytems nach Fig. 425 (S. 203).

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{f_1}{l} = 0$	0,75	0,917	1,125	1,35	1,58	2,06	2,55
» = $\frac{1}{20}$	0,861	1,109	1,44	1,834	2,30	—	—
» = $\frac{1}{15}$	0,902	1,19	1,58	2,05	—	—	—
» = $\frac{1}{10}$	1,000	1,395	1,96	—	—	—	—
» = $\frac{1}{8}$	1,084	1,57	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{7}$	1,15	1,732	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{6}$	1,25	2,0	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{5}$	1,42	—	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{4}$	1,725	—	—	—	—	—	—
$\frac{q e l^2}{K}$							

c) Theoretischer Gefammt-Rauminhalt des Dreieck-Dachbinders, wenn die Träger zweiter Ordnung Parabelträger sind, deren untere (Zug-) Gurtung mit der Druckgurtung des Hauptfytems zusammenfällt (nach Fig. 427, S. 204).

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{f_1}{l} = 0$	1,05	1,217	1,425	1,75	1,88	2,36	2,85
» = $\frac{1}{20}$	1,161	1,409	1,74	2,134	2,60	—	—
» = $\frac{1}{15}$	1,202	1,49	1,88	2,35	—	—	—
» = $\frac{1}{10}$	1,30	1,695	2,26	—	—	—	—
» = $\frac{1}{8}$	1,384	1,87	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{7}$	1,45	2,032	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{6}$	1,55	2,3	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{5}$	1,72	—	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{4}$	2,025	—	—	—	—	—	—
$\frac{q e l^2}{K}$							

b) Theoretischer Gefammt-Rauminhalt des Dreieck-Dachbinders, wenn die Träger zweiter Ordnung Parallelträger sind.

Die obere Gurtung des Hauptfytems und die untere Gurtung des Trägers zweiter Ordnung fallen zusammen; Pfeilverhältniß der Träger zweiter Ordnung ist 1:10.

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{f_1}{l} = 0$	1,225	1,364	1,562	1,793	2,016	2,490	2,979
» = $\frac{1}{20}$	1,336	1,556	1,877	2,263	2,731	—	—
» = $\frac{1}{15}$	1,378	1,635	2,015	2,506	—	—	—
» = $\frac{1}{10}$	1,475	1,842	2,397	—	—	—	—
» = $\frac{1}{8}$	1,558	2,016	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{7}$	1,624	2,178	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{6}$	1,725	2,447	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{5}$	1,842	—	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{4}$	2,225	—	—	—	—	—	—
$\frac{q e l^2}{K}$							

d) Theoretischer Rauminhalt eines deutschen Dachbinders ohne Träger zweiter Ordnung, d. h. des einfachen Hauptfytems (Fig. 426, S. 203).

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{f_1}{l} = 0$	1,25	1,458	1,75	2,075	2,416	3,125	3,85
» = $\frac{1}{20}$	1,361	1,69	2,17	2,75	3,49	—	—
» = $\frac{1}{15}$	1,414	1,795	2,363	3,092	—	—	—
» = $\frac{1}{10}$	1,525	2,053	2,9	—	—	—	—
» = $\frac{1}{8}$	1,623	2,304	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{7}$	1,708	2,533	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{6}$	1,833	2,916	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{5}$	2,05	—	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{4}$	2,5	—	—	—	—	—	—
$\frac{q e l^2}{K}$							

Falls die Druckgurtung der Träger zweiter Ordnung bei c mit der Druckgurtung des Hauptfytems zusammenfällt, so sind die entsprechenden Werthe aus der großen Tabelle auf S. 218 u. 219 zu finden.

Aus den Tabellen a und b im Vergleich mit der großen Tabelle auf S. 218 u. 219 ergibt sich, daß Dreieckdach und deutscher Dachstuhl für kleine Spannweiten sehr vortheilhaft sind; aber auch für größere Stützweiten sind sie empfehlenswerth, besonders wenn es möglich ist, die gedrückte Gurtung des Hauptfytems mit der gezogenen Gurtung des Nebenytems zusammenzulegen. Alsdann erhält man, wie der Vergleich der Tabellen b, c und e mit den entsprechenden Werthen der Tabelle

e) Theoretischer Gesammt-Rauminhalt eines deutschen Dachbinders, wenn die Träger zweiter Ordnung Parallelträger mit $\frac{1}{10}$ Pfeilverhältniß sind, deren untere (Zug-) Gurtung mit der Druckgurtung des Hauptträgers zusammenfällt (ähnlich wie bei Fig. 423; nur ist dort das Hauptfytem ein *Polonceau*-Binder).

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{f_1}{l} = 0$	1,488	1,682	1,97	2,291	2,631	3,339	4,064
» = $\frac{1}{20}$	1,598	1,914	2,39	2,966	3,705	—	—
» = $\frac{1}{15}$	1,652	2,019	2,583	3,08	—	—	—
» = $\frac{1}{10}$	1,763	2,277	3,12	—	—	—	—
» = $\frac{1}{8}$	1,861	2,528	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{7}$	1,946	2,757	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{6}$	2,071	3,14	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{5}$	2,288	—	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{4}$	2,738	—	—	—	—	—	—
	$\frac{qel^2}{K}$						

f) Theoretischer Gesammt-Rauminhalt eines deutschen Dachbinders, wenn die Träger zweiter Ordnung Parabelträger von $\frac{1}{8}$ Pfeilverhältniß sind, deren obere Gurtung mit der Druckgurtung des Hauptträgers zusammenfällt.

$\frac{f}{l} =$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$
$\frac{f_1}{l} = 0$	1,896	2,104	2,396	2,721	3,062	3,771	4,496
» = $\frac{1}{20}$	2,007	2,336	2,816	3,396	4,136	—	—
» = $\frac{1}{15}$	2,06	2,441	3,009	3,738	—	—	—
» = $\frac{1}{10}$	2,171	2,699	3,546	—	—	—	—
» = $\frac{1}{8}$	2,269	2,95	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{7}$	2,354	3,179	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{6}$	2,479	3,562	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{5}$	2,696	—	—	—	—	—	—
» = $\frac{1}{4}$	3,146	—	—	—	—	—	—
	$\frac{qel^2}{K}$						

auf S. 218 u. 219 lehrt, wesentlich geringere Mengen, als beim englischen und *Wiegmann*-Dach und nur wenig mehr, als beim *Sicheldach*. Bei den Annahmen, welche der Tabelle c zu Grunde liegen, erspart man gegen das englische Dach 20 bis 28 Procent, gegen das *Polonceau*-Dach 25 bis 35 Procent. Das *Dreieckdach* mit Parabelträgern zweiter Ordnung nach Fig. 427 gebraucht nahezu eben so viel Material, wie das *Sicheldach*, ist demnach sehr empfehlenswerth.

Will man die vorstehenden Tabellen für überflüchtige Ermittlung des Eigengewichtes verwerthen, so sind die Werthe noch mit *Constructions-Coefficienten* zu multipliciren, die bei Weiten zwischen 15 und 35^m nicht unter 1,5 liegen, je nach der gewählten Anordnung aber bis zu 3,5 und höher ausfallen können. Zu beachten ist auch, daß in dem Werthe für *g* das noch unbekannte Bindergewicht enthalten ist; es empfiehlt sich, zunächst beim Einsetzen von *q* in die Formel das Bindergewicht zu schätzen und darauf das ermittelte Gewicht multiplicirt mit einem *Constructions-Coefficienten* zum früheren Werth von *g* hinzuzufügen; das mit diesem Werthe gefundene Bindergewicht wird für die Berechnung meistens genügen.

7) *Foeppl'sche* Flechtwerkdächer.

Die neuerdings von *Foeppl*²²⁴⁾ vorgeschlagenen sog. Flechtwerkdächer unterscheiden sich grundsätzlichen von den bisher betrachteten Dach-Constructions. *Foeppl* verlegt alle Constructionstheile in die Dachflächen, ähnlich wie dies bei den *Schwedler'schen* Kuppeldächern und den *Zeltdächern* schon längere Zeit üblich ist. Während bei den gewöhnlichen Dächern jeder Binder für die in seiner Ebene wirkenden Lasten eine stabile Construction ist, welche die Pfetten trägt, ist hier das dem Binder entsprechende Fachwerk für sich allein nicht stabil; es wird erst durch die Pfetten

158.
Grund-
gedanken.

224) FOEPL. Ein neues System der Ueberdachung für weit gespannte Räume. Deutsche Bauz. 1891, S. 112.
FOEPL. Das Fachwerk im Raume. Leipzig 1892.
FOEPL. Ueber die Konfruktion weitgespannter Hallendächer. Civiling. 1894, S. 462.

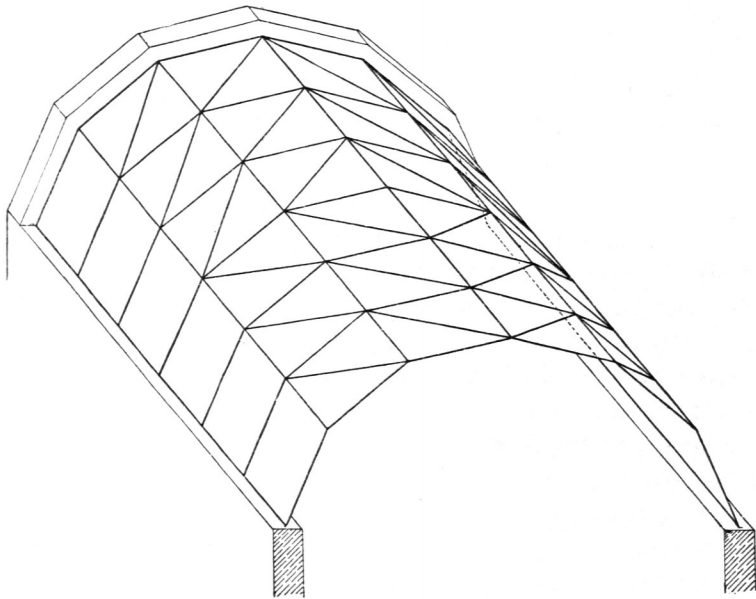
und die in den Dachflächen liegenden Schrägstäbe, welche notwendige Stäbe des räumlichen Fachwerkes sind, stabil. Das über rechteckiger Grundfläche construirte Flechtwerk nennt *Foeppl* ein Tonnen-Flechtwerk.

Der Querschnitt des Daches (Fig. 456) ist ein Vieleck mit geringer Seitenzahl; mehr als 10 Seiten zu verwenden, empfiehlt sich nicht; an beiden Giebelseiten des zu überdeckenden Raumes sind einzelne Eckpunkte der Vielecke gelagert; außerdem stützen sich die untersten Stäbe jedes Vieleckes auf die Seitenmauern. Eine Reihe von Feldern des Fachwerkes wird mit Diagonalen versehen.

159.
Statische
Verhältnisse.

Um Klarheit über die Stabanordnung zu erhalten, soll untersucht werden, wie irgend eine an beliebiger Stelle wirkende Kraft P nach den Auflagern geführt wird. P wirke im Knotenpunkte z_1 irgend eines mittleren Vieleckes (Fig. 457), zunächst in der lothrechten Ebene dieses Vieleckes, sei im übrigen beliebig gerichtet. P zerlegt

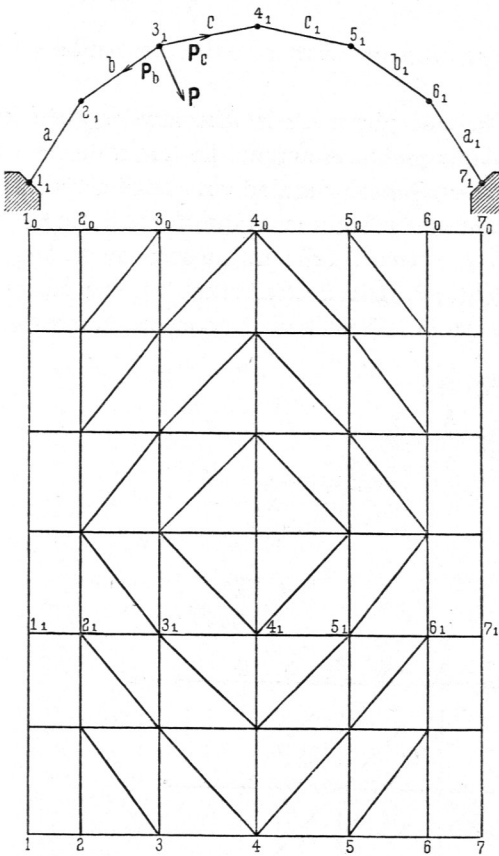
Fig. 456.



sich nach den Richtungen der beiden im Punkte z_1 zusammentreffenden Sparren in die Seitenkräfte P_b und P_c . Die Kraft P_b kann aber im Knotenpunkte z_1 nicht von dem Vielecksstabe $r_1 z_1$ aufgenommen und weiter geführt werden, weil sich im Punkte z_1 nur zwei in der lothrechten Ebene liegende Stäbe treffen, welche nicht in dieselbe Linie fallen. Deshalb wird die Kraft P_b durch einen in der Ebene b liegenden Fachwerkträger nach feinen in den Giebelwänden liegenden Auflagerpunkten z und z_0 geleitet; die Rechteckfelder in der Ebene b müssen aus diesem Grunde mit Diagonalen versehen werden, wie aus der isometrischen Ansicht zu ersehen ist.

In ähnlicher Weise belaftet die Seitenkraft P_c den in der Ebene c angeordneten Träger und wird durch feine Stäbe nach den Endauflagern z und z_0 geführt. Eben so, wie mit der Belaftung eines Knotenpunktes z_1 , ist es mit denjenigen der Punkte z_1 und z_1 . Nur bei den Knotenpunkten an denjenigen Pfetten, welche den Seitenauflagern r_1 und r_1 zunächst liegen, verhält es sich etwas anders. Eine in z_1

Fig. 457.

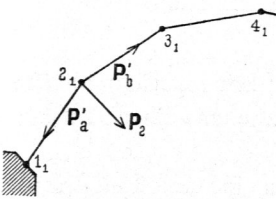


wirkende Last P_c zerlegt sich (Fig. 458) in die Seitenkräfte P'_b und P'_a ; P'_b wird, wie oben gezeigt ist, nach den Endauflagern des Trägers in der Ebene b geführt; P'_a dagegen wird ohne Weiteres vom Auflager 1_1 aufgenommen. In den Ebenen a und f brauchen also keine Diagonalen angeordnet zu werden. Allerdings erleiden dann die Seitenauflager 1 und 7 schiefe Drücke; will man diese von den Seitenmauern fern halten, so kann man die Stäbe 12 , bzw. 67 lothrecht stellen oder auch in den Ebenen a und f Diagonalen anbringen, so dass auch die Kräfte P_a , P_{a1} nach den Endauflagern geleitet werden.

Bei richtiger Anordnung der Auflager und falls einfache Diagonalen in den Feldern der geneigt liegenden Felder angeordnet sind, ist das entstehende Raumfachwerk statisch bestimmt. Die Pfetten bilden auch die Gurtungen der geneigt liegenden Träger, wobei besonders günstig wirkt, dass dieselbe Pfette gleichzeitig Zuggurtung des einen und Druckgurtung des Nachbarträgers ist. Durch Belastung der Knotenpunkte 2 ,

3 , $4 \dots$ werden in diesen Stäben Spannungen erzeugt, welche einander theilweise aufheben, so dass die wirklichen Spannungen durch Eigengewicht, Schnee- und Windlast nur gering ausfallen. Am gefährlichsten sind die Einzellasten, die aber bei den Dächern bekanntlich keine große Bedeutung haben.

Fig. 458.



Ungünstig für den Stoffverbrauch wird diese Anordnung, wenn die Länge des Daches, demnach auch die Stützweite der schräg liegenden Träger groß ist; man kann aber durch Untertheilung in kürzere Abtheilungen auch dann die Vortheile dieser Dachart verwerthen, vielleicht unter Verwendung von Auslegerträgern in den schrägen Dachflächen.

Bislang war angenommen, dass die Lasten P in der lothrechten Ebene eines der Vielecke $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ liegen. Bei beliebiger Richtung der Kraft P zerlegt man sie in eine Seitenkraft, welche in der lothrechten Vieleckebene liegt, und eine in die Ebene c fallende Seitenkraft. Erstere behandelt man ganz, wie oben gezeigt ist; letztere zerlegt man weiter in eine in die Längsaxe des Daches fallende und eine hierzu senkrechte Seitenkraft, welche also in die Richtung der Kraft P_c fällt. Auch diese wird, wie oben gezeigt, nach den Endauflagern geführt, während für die in die Längsaxe des Daches, also in die Pfettenrichtung fallende Seitenkraft wenigstens auf einer Seite ein festes Auflager vorhanden sein muss. Hiernach können

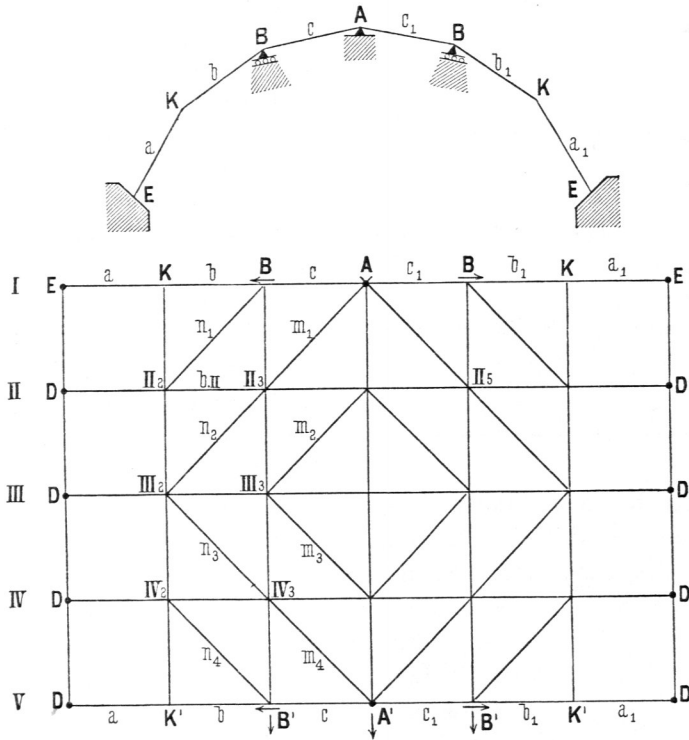
auch ganz beliebig wirkende Kräfte durch das Flechtwerk klar und sicher nach den Auflagern befördert werden.

160.
Beispiel.

An einem bestimmten Beispiele soll gezeigt werden, wie die Auflagern und Stäbe anzuordnen sind.

In Fig. 459 ist das in die Grundrifebene abgewinkelte Flechtwerk gezeichnet. Jedes der 8 Seitenaufleger D bedingt 2 Auflager-Unbekannte; die Lager an der einen Stirnseite sollen eine Längsverschiebung des Ganzen verhindern. Zu diesem Zwecke ist das Lager A ganz fest gemacht, entspricht also 3 Auflager-Unbekannten; die Lager B sind parallel den Stabrichtungen c , bzw. c_1 verschieblich, außerdem auch längs verschieblich. Etwaige in die Pfettenrichtung fallende Seitenkräfte, welche auf B kommen, werden nach Punkt 3, bzw. 5 im Vieleck II und von da durch den

Fig. 459.



Träger in der Ebene c , bzw. c_1 nach dem Auflager A gebracht; Längsverschieblichkeit bei B ist also zulässig; jedes dieser Auflagern entspricht demnach einer Auflager-Unbekannten.

Die beiden Lager E sind wieder fest zu machen, da in den Feldern der Ebenen a und f keine Diagonalen sind, also alle in die Längsachsen der Pfetten 1 und 7 (vergl. Fig. 457) fallenden Kräfte durch die Lager E aufgenommen werden müssen; jedes Lager E bedingt sonach 3 Auflager-Unbekannte. Auf der anderen Stirnseite bedingt A' zwei, B' und B' bedingen je eine Auflager-Unbekannte; alle drei müssen längsverschieblich sein, B' und B' Verschiebung auch in den Richtungen 43, bzw. 45 (vergl. Fig. 457) gestatten. Die Punkte K sind ohne Auflager räumlich bestimmt, da sie durch je drei Stäbe mit drei nicht in einer Ebene liegenden Punkten verbunden sind. Demnach sind vorhanden:

8 Auflager D mit je 2, d. h. 2.8	= 16	Auflager-Unbekannten,
3 Auflager A, E, E mit je 3, d. h. 3.3	= 9	»
1 Auflager A' mit	2	»
4 Auflager B, B, B', B' mit je 1, d. h. 4.1	= 4	»
zusammen		31 Auflager-Unbekannte.

Die Stabzahl muſs alſo bei k Knotenpunkten $s = 3k - 31$ ſein, und da $k = 35$ iſt, ſo muſs für ſtatiſch beſtimmtes Raumfachwerk $s = 74$ ſein. Thatſächlich ſind 74 Stäbe vorhanden.

Die vorhandene Stabzahl iſt alſo die für ein ſtatiſch beſtimmtes Fachwerk richtige. Es wäre noch nachzuweiſen, daſs die Stäbe auch richtig angeordnet ſind; dieſe Nachweiſung führt man am einfachſten durch die Unterſuchung, ob beliebige Belaſtung ganz beſtimmte Stabſpannung ergibt, bezw. ob beliebige belaſtende Kräfte in unzweifelhafter Weiſe auf die Lager geführt werden können. Nach Obigem iſt dies hier der Fall.

Nunmehr kann zur Beſtimmung der Spannungen geſchritten werden, welche eine Einzellast in einem beliebigen Knotenpunkt hervorbringt. Eine an beliebiger Stelle, etwa im Knotenpunkte z einer Vieleckeebene (Fig. 457), wirkende Kraft zerlegt ſich in P_b und P_c ; P_b wird im ſchrägen Träger der Ebene b und P_c im ſchrägen Träger der Ebene c nach den Giebelauflagern geführt. Nur die Stäbe der Träger b und c erleiden alſo durch dieſe Belaſtung Beanspruchung. Daraus folgt das Geſetz:

α) Jede Belaſtung erzeugt Spannungen nur in den beiden Trägern, welchen der belaſtete Knotenpunkt angehört; für alle dieſen Trägern nicht angehörig Stäbe iſt ſie ohne Einfluſs; demnach:

Jeder Stab erhält Spannungen nur durch Belaſtung von Knotenpunkten eines Trägers, zu dem er gehört; dabei iſt zu beachten, daſs jeder Pfettenſtab zwei Trägern angehört.

Damit ſind die Belaſtungsgeſetze auf diejenigen der Balkenträger zurückgeführt; für Gurtungen und Gitterſtäbe der ſchräg liegenden Träger gelten nunmehr die bekannten Geſetze der Balken-Fachwerkträger. Man findet auf dieſe Weiſe:

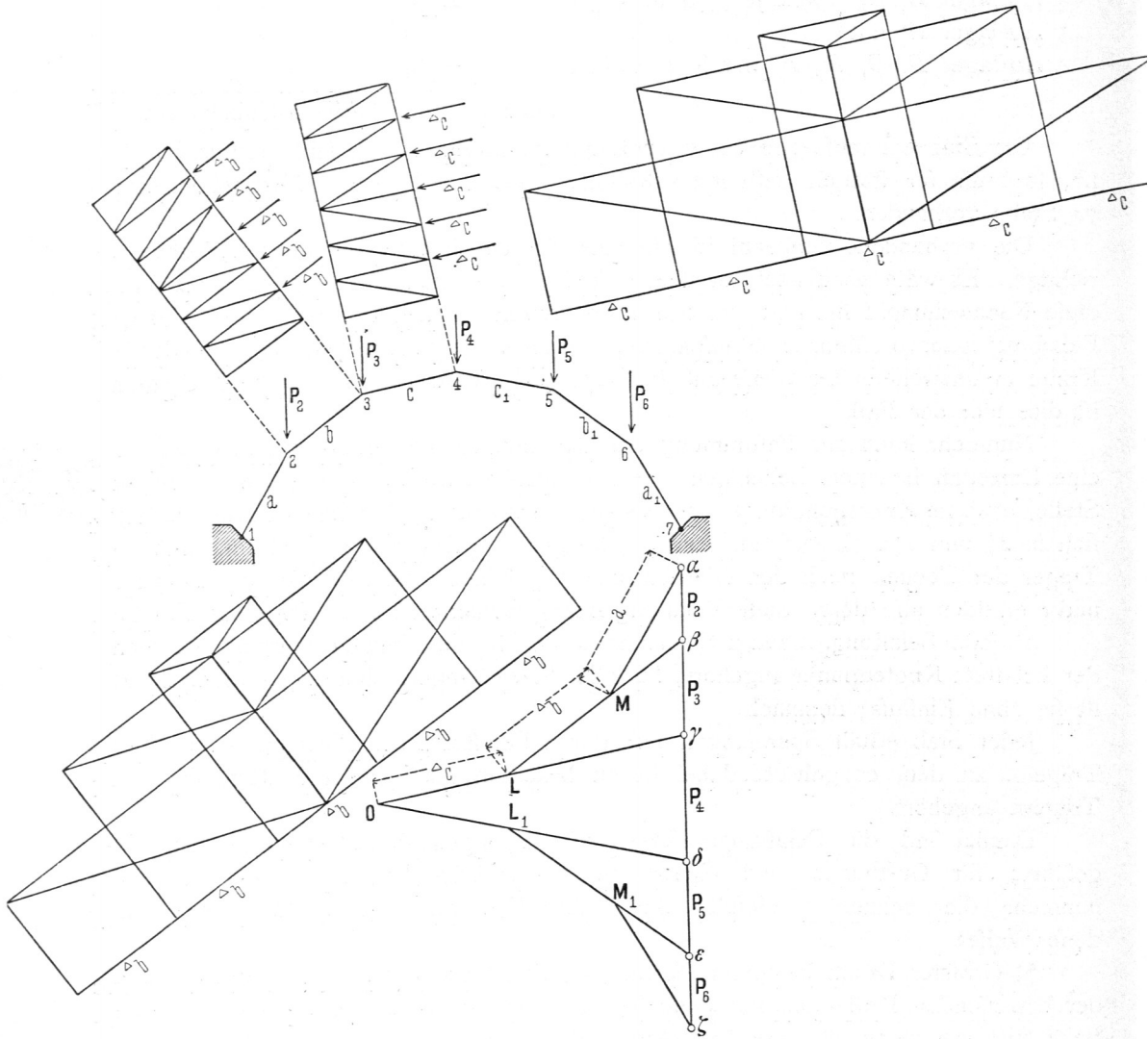
β) Größter Druck in einem Pfettenſtabe findet ſtatt, wenn alle Knotenpunkte der betreffenden Pfette und nur dieſe belaſtet ſind; größter Zug in einem Pfettenſtabe tritt ein, wenn alle Knotenpunkte beider Nachbarpfetten und nur dieſe belaſtet ſind (die Pfette ſelbſt alſo auf ihre ganze Länge unbeladet iſt).

γ) Die Schrägſtäbe (Diagonalen) eines Sonderträgers erleiden Zug oder Druck, je nachdem die Laſt in einem Knotenpunkte liegt, nach welchem hin der Schrägſtab fällt oder ſteigt. Die Belaſtung des Knotenpunktes IV_3 (Fig. 459) erzeugt z. B. in den Schrägſtäben n_1, n_2, n_4 und m_3 Zug, in den Schrägſtäben n_3, m_4, m_1 und m_2 Druck. Die anderen Diagonalen bleiben bei dieſer Laſt ſpannungslos. Größter Zug, bezw. Druck tritt alſo in einer Diagonale auf, wenn von dem Träger, welchem ſie angehört, alle diejenigen Knotenpunkte belaſtet ſind, nach denen zu die Diagonale fällt, bezw. ſteigt. In n_3 findet größter Zug, bezw. Druck ſtatt, wenn die Knotenpunkte

$III_3, IV_2, II_3,$
bezw. III_2, II_2, IV_3

belaſtet ſind.

Fig. 460.



δ) Bei den Sparren ist zu beachten, dass diese auch zugleich Pfofen für die schräg liegenden Träger sind. Man denke sich den Sparren aus zwei Theilen bestehend, dem eigentlichen Sparren, der einen Theil des lothrechten Vieleckes bildet, und dem Pfofen des schräg liegenden Trägers. Der eigentliche Sparren erleidet seinen größten Druck bei voller Belaftung der beiden Vieleck-Knotenpunkte, welche ihn begrenzen. Bezüglich der ungünstigsten Belaftung des Pfofens ergibt sich: größter Druck tritt ein, wenn die begrenzende Pfette so belaftet ist, dass der dem Pfofen zugeordnete Schrägtab größtens Zug erhält; als zugeordnet gilt derjenige Schrägtab, der mit dem Pfofen an der anderen Pfette zusammentrifft. So wird in b_{II} (Fig. 459) die Belaftung derjenigen Knotenpunkte der Pfette 3 größtens Druck erzeugen, welche in n_1 größtens Zug erzeugt, und diejenige Belaftung der Pfette 2, welche in n_2 größtens Zug erzeugt. Für den größtens Druck in b_{II} müsste man also alle Knotenpunkte der Pfette 3 und Knotenpunkt II 2 der Pfette 2 belaften.

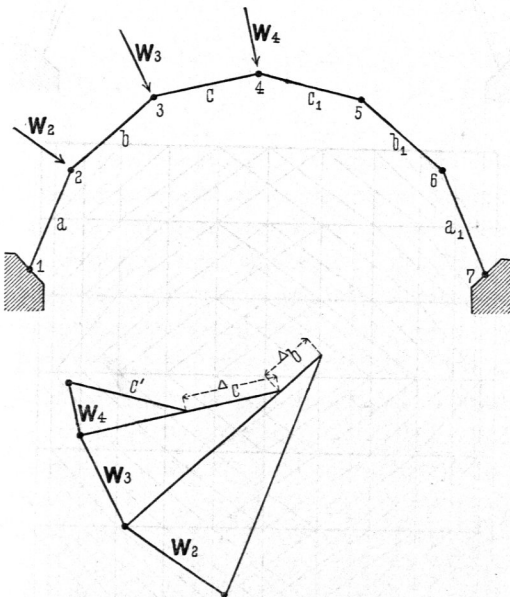
Für die Berechnung des Daches braucht man diese unwahrscheinliche Belastung nur unter Umständen einzuführen; bedenkt man aber, daß die Belastung aller Knotenpunkte der Pfetten 4, 5, 6, 7 (Fig. 457) ohne Einfluß auf den betreffenden Sparren ist, so sieht man ein, daß diese Belastungsart, bei der also das ganze Dach, mit Ausnahme der Knotenpunkte *III 2* und *IV 2*, belastet ist, nicht ausgeschlossen ist. Jedenfalls ist diese Untersuchung geeignet, Licht über die Beanspruchungen zu verbreiten.

Die in Fig. 459 dargestellten Pfoften des mittelften Vieleckes, welches zur Ebene *III* gehört, folgen anderen Gesetzen; dieselben werden nur durch Belastung der Knotenpunkte dieses Vieleckes belastet; als Pfoften der schräg liegenden Träger erleiden sie weder Zug noch Druck.

In der Regel werden bei den Dächern hauptsächlich die Spannungen durch Eigengewicht, Schnee- und Winddruck in das Auge zu fassen sein; dieselben sind hier weniger ungünstig, als diejenigen durch Einzellaften.

In Fig. 460 sind die Lasten P_2, P_3, P_4, P_5, P_6 graphisch in die einzelnen Kräfte zerlegt, welche als Belastungen der schrägen Träger einzuführen sind. Im Punkte 4 zerlegt sich P_4 in γO und $O\delta$; im Punkte 3 zerlegt sich P_3 in βL und $L\gamma$. Die beiden in die Ebene *c* fallenden Kräfte γO und $L\gamma$ heben einander zum Theile auf; als wirklich belastende Kraft des Trägers in der Ebene *c* bleibt nur die Differenz der beiden genannten Kräfte, d. h. $LO = \Delta c$. Eben so bleibt als belastende Kraft des Trägers in der Ebene *b* die Kraft Δb und in der Ebene *a* die ganze Kraft αM , die aber sofort durch das Seitenlager in das Seitenmauerwerk geführt wird. Jeder Knotenpunkt des Trägers *c* wird mit Δc und jeder Knotenpunkt des Trägers *b* mit Δb belastet; die Stabspannungen sind daraus nach bekannten Gesetzen leicht zu finden. Zu beachten ist, daß die Spannungen in den Gurtflächen der Träger (d. h. in den Pfetten) sich algebraisch addiren, d. h. hier von einander subtrahiren; zu den Pfoftenspannungen kommen noch die Sparrenspannungen hinzu, welche hier bezw. $\gamma L, \beta M, \alpha M$ sind.

Fig. 461.



Nur die Theile Δc und Δb werden durch die schräg liegenden Träger zu ihren Endauflagern geleitet; man kann natürlich die Form des Vieleckes so wählen, daß für bestimmte Lastengrößen, z. B. für das Eigengewicht, diese Theile gleich Null werden. Als dann sind bei dieser Belastung nur in den Sparren Spannungen.

Bezüglich der Belastung durch Schnee ist zu ermitteln, ob bezw. für welche Stäbe volle und für welche Stäbe einseitige Schneebelastung ungünstiger ist. Man wird hier die übliche Annahme, nach welcher die einseitige Schneelast bis zum Firft reicht, als nicht der Wirklichkeit entsprechend verlassen und für die ungünstigste Schneelast die mittleren Pfettenpunkte 3, 4, 5 als belastet annehmen, da auf den steilen

162.
Spannungen
durch
Eigengewicht.

163.
Spannungen
durch Schnee,
Wind etc.

Dachflächen a und a_1 der Schnee nicht liegen bleibt; von der geringen Belastung der Knotenpunkte z und 6 sieht man zweckmäfsig ab. Die Ermittlung der Spannungen ist eine einfache Arbeit (entsprechend Fig. 460). Wenn bei einseitiger Belastung die Pfette 5 nur eine geringere Last hat, als in Fig. 460 angenommen war, so wächst Δc_1 entsprechend.

Die auf die einzelnen Träger bei Windbelastung entfallenden Knotenpunktlasten sind aus dem Kräfteplan in Fig. 461 zu entnehmen.

Einzellasten, besonders die Gewichte der Arbeiter, welche Ausbesserungen vornehmen, sind hier gefährlich; man forge deshalb durch die Art der Dachdeckung und etwaige besondere Vorkehrungen (Schalung, Wellblech u. f. w.) dafür, dafs diese Lasten sich auf mehrere Knotenpunkte vertheilen. Anderenfalls mufs man die Stäbe so wählen, dafs aufser dem Eigengewicht wenigstens ein Arbeiter an beliebigem Knotenpunkte ohne Gefahr sich befinden kann.

164.
Materialmenge.

Die für ein Dach nöthige Materialmenge ist hier aufser von der Spannweite auch von der Länge des Daches abhängig. Da noch keine Erfahrungen vorliegen, so können auch die Angaben über den Materialaufwand nur spärlich sein.

Foeppl hat einige Constructions berechnet und gefunden:

Bei 13,80 m Spannweite, 18,80 m Länge und 5,70 m Höhe ergab sich das Gewicht der Eifen-Construction mit 19 kg für 1 qm Grundfläche; dabei waren aufgemauerte Giebelwände angenommen; für Giebel in Eifen-Construction stellt sich ihr Gewicht auf zusammen 2,6 t.

Bei 30 m Spannweite, 40 m Länge und 12 m Höhe ergab sich das Gewicht der Eifen-Construction zu 25 kg für 1 qm Grundfläche, ebenfalls ohne Giebelwände.

In beiden Fällen war der Winddruck mit 120 kg auf 1 qm fenkrecht getroffener Fläche, die bewegliche Last mit 20 kg für 1 qm Grundfläche angenommen, das Eigengewicht der Eindeckung und Schneelast für 1 qm Grundfläche im ersten Beispiel zu 100 kg, im zweiten Beispiel zu 120 kg vorausgesetzt.

165.
Schlufs-
bemerkungen.

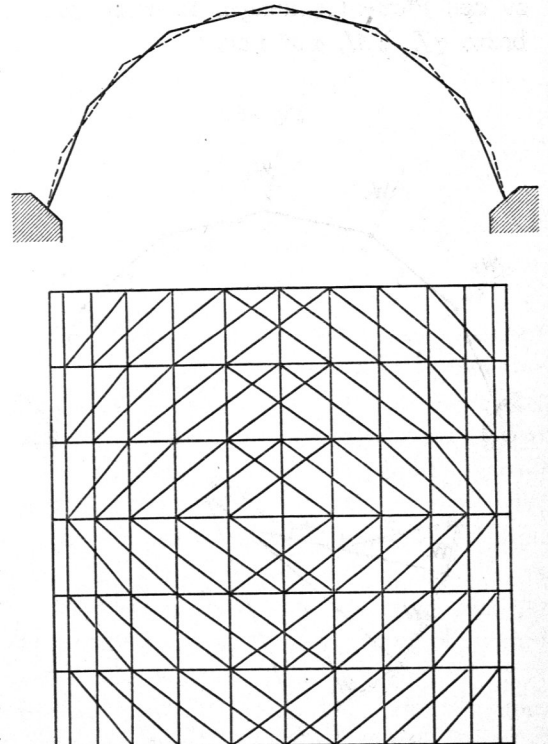
Bei gröfserer Seitenzahl des Vieleckes zerlegt sich die Knotenlast P in sehr grofse, auf die schrägen Träger wirkende Lasten; es empfiehlt sich deshalb eine kleine Seitenzahl des Vieleckes, 6 bis 10, wie oben angegeben.

Bei sehr grofsen Spannweiten empfiehlt *Foeppl* das doppelte oder mehrfache Flechtwerk (Fig. 462). Bei diesem ordnet man zwei oder mehrere getrennte Flechtwerke mit abwechselnd liegenden Knotenpunkten an, die sich gegenseitig durchdringen.

Das Flechtwerk hat voraussichtlich für die Dach-Constructionen der Zukunft eine grofse Bedeutung; die Hauptvorzüge desselben bestehen darin, dafs der ganze Dachraum frei von irgend welchen Einbauten ist und dafs bei zweckentsprechender Verwendung der Materialverbrauch gering ist.

Noch möge kurz bemerkt werden, dafs das Flechtwerk als stabile Construk-

Fig. 462.



tion sich aus folgendem Satze ergibt, der in dieser Form zuerst von *Foeppl* entdeckt ist: Man erhält ein unverschiebliches Stabwerk im Raume, wenn man Dreiecke mit ihren Seiten derart an einander reiht, daß das entstehende Dreiecknetz eine zusammenhängende Oberfläche (einen Mantel) bildet, der einen inneren Raum vollständig umschließt; an keinem Knotenpunkte dürfen aber alle von ihm ausgehenden Stäbe in derselben Ebene liegen. Ersetzt man nun einen Theil des Mantels durch die feste Erde, so bleibt das Stabwerk unverschieblich, und man erhält das Flechtwerk. Beim Tonnen-Flechtwerk muß dann auch jede Stirnseite entweder ein obiger Bedingung entsprechendes Dreiecknetz bilden oder mit Mauern versehen werden, welche als Theile der festen Erde anzusehen sind. Unter Beachtung dieses wichtigen Satzes kann man für die verschiedensten Aufgaben Flechtwerke construiren.

b) Construction der Stäbe.

Die Fachwerke der Binder und der Flechtwerke setzen sich aus einzelnen Stäben zusammen, welche auf Zug, bezw. Druck beansprucht werden. Nach Ermittlung der in den Stäben ungünstigstenfalls auftretenden Kräfte können die Querschnitte der Stäbe bestimmt werden. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Stab nur auf Zug, bezw. nur auf Druck oder sowohl auf Zug, wie auf Druck beansprucht wird. Bei den nur gezogenen Stäben genügt es, wenn wenigstens die berechnete Querschnittsfläche an der schwächsten Stelle vorhanden ist; die Form der Querschnittsfläche ist nicht ganz gleichgiltig, hat aber bei diesen Stäben eine mehr untergeordnete Bedeutung. Bei den auf Druck beanspruchten Stäben dagegen muß die Querschnittsform sorgfältig so gewählt werden, daß sie genügende Sicherheit gegen Ausbiegen und Zerknicken bietet; hier genügt der Nachweis der Größe der verlangten Querschnittsfläche allein nicht. Deshalb soll im Folgenden zunächst die Größe der Querschnittsfläche, sodann die Form des Querschnittes besprochen werden.

166.
Gezogene
und gedrückte
Stäbe.

1) Größe und Form der Querschnittsfläche.

Bezüglich der Ermittlung der Größe der Querschnittsfläche der Stäbe kann auf die Entwicklungen in Theil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 281 bis 288, S. 247 bis 252²²⁵) dieses »Handbuches« verwiesen werden; der bequemeren Verwendung wegen mögen die Formeln für die Querschnittsberechnung hier kurz wiederholt werden.

167.
Größe der
Querschnitts-
fläche.

Es bezeichne P_0 die durch das Eigengewicht im Stabe erzeugte Spannung; P_1 die größte durch Schnee- und Winddruck, so wie sonstige zufällige Belastung im Stabe erzeugte Spannung, welche gleichen Sinn mit P_0 hat, d. h. Druck, bezw. Zug ist, wenn P_0 Druck bezw. Zug ist, und P_2 die größte durch Schnee- und Winddruck, so wie sonstige zufällige Belastung im Stabe erzeugte Spannung, welche entgegengesetzten Sinn mit P_0 hat, d. h. Druck, bezw. Zug ist, wenn P_0 Zug bezw. Druck ist. Alle Werthe in nachstehenden Angaben sind in absoluten Zahlen, d. h. ohne Rücksicht auf die Vorzeichen, einzusetzen.

1) Schmiedeeisenstäbe. Falls die Stäbe nur auf Zug oder nur auf Druck beansprucht werden, so ist P_2 gleich Null; alsdann ist die Querschnittsfläche

$$F = \frac{P_0}{1050} + \frac{P_1}{700} \quad \text{oder} \quad F = \frac{P_0 + 1,5 P_1}{1050} \quad \dots \quad 13.$$

²²⁵) 2. Aufl.: Art. 76 u. 77, S. 50 bis 53.

P_0 und P_1 sind in Kilogr. einzusetzen, und F wird in Quadr.-Centim. erhalten. Die Formeln 13 gelten auch, so lange $P_2 < \frac{2}{3} P_0$ ist.

Falls die Stäbe zeitweise auf Zug, zeitweise auf Druck beansprucht werden können und $P_2 > \frac{2}{3} P_0$ ist, so verwende man,

$$\text{wenn } P_2 - P_1 < \frac{4}{3} P_0 \text{ ist: } F = \frac{P_0}{1575} + \frac{P_1}{700} + \frac{P_2}{2100}; \quad \dots \quad 14.$$

$$\text{wenn } P_2 - P_1 > \frac{4}{3} P_0 \text{ ist: } F = -\frac{P_0}{1575} + \frac{P_1}{2100} + \frac{P_2}{700}. \quad \dots \quad 15.$$

Auch in den Gleichungen 14 u. 15 sind P_0, P_1, P_2 in Kilogr. einzusetzen, und F wird in Quadr.-Centim. erhalten.

2) Flusseisenstäbe. Falls die Stäbe nur auf Zug oder nur auf Druck beansprucht werden, überhaupt so lange $P_2 < \frac{2}{3} P_0$, ist

$$F = \frac{P_0}{1350} + \frac{P_1}{900} \quad \text{oder} \quad F = \frac{P_0 + 1,5 P_1}{1350} \quad \dots \quad 16.$$

Falls die Stäbe zeitweise auf Zug, zeitweise auf Druck beansprucht werden können und $P_2 > \frac{2}{3} P_0$ ist, so verwende man,

$$\text{wenn } P_2 - P_1 < \frac{4}{3} P_0 \text{ ist: } F = \frac{P_0}{2000} + \frac{P_1}{900} + \frac{P_2}{2700}; \quad \dots \quad 17.$$

$$\text{wenn } P_2 - P_1 > \frac{4}{3} P_0 \text{ ist: } F = -\frac{P_0}{2000} + \frac{P_1}{2700} + \frac{P_2}{700}. \quad \dots \quad 18.$$

3) Gufseisenstäbe. Gufseisen soll niemals bei Stäben verwendet werden, welche auf Zug beansprucht werden; nur bei gedrückten Stäben darf man es allenfalls noch benutzen, wenn keine stofsweise Belastung zu erwarten ist. Man kann alsdann setzen:

$$F_0 = \frac{P_0 + P_1}{500} \quad \dots \quad 19.$$

4) Holz. Auch Holz darf man nur für gedrückte Stäbe verwenden; man kann alsdann setzen:

$$F = \frac{P_0 + P_1}{80} \quad \dots \quad 20.$$

168.
Form der
Querschnitts-
fläche
der Stäbe.

Bei den gezogenen Stäben empfiehlt es sich, die einzelnen Theile des Querschnittes möglichst gleichmäfsig um den Schwerpunkt zu gruppieren; der kreisförmige und der kreuzförmige Querschnitt ist gut, auch der aus anderen praktischen Gründen empfehlenswerthe Rechteckquerschnitt (Flacheisen); man mache die Höhe des Rechteckes gegenüber seiner Dicke nicht zu groß. Wegen guter Kraftübertragung in den Knotenpunkten lege man den Schwerpunkt des Querschnittes in die Kraftebene; wo möglich ordne man letzteren so an, daß er durch die Kraftebene in zwei symmetrische Hälften getheilt wird.

Bei den gedrückten Stäben sind zunächst die vorstehend für die gezogenen Stäbe angeführten Rücksichten gleichfalls zu nehmen; außerdem ist aber auf genügende Sicherheit gegen Zerknicken der allergrößte Werth zu legen. Nennt man die größtmögliche Druckkraft im Stabe P , die freie Stablänge λ , nimmt man in den Enden des freien Stabstückes Gelenke an, so daß also λ von Gelenkmitte

bis Gelenkmitte reicht, und bezeichnet man mit \mathcal{F}_{min} den kleinsten Werth aller auf Schwerpunktsaxen bezogenen Trägheitsmomente des Querschnittes (also das kleinste Schweraxen-Trägheitsmoment); so muß nach Theil I, Band 1, zweite Hälfte (2. Aufl., Art. 137, S. 116) dieses »Handbuches« sein

$$\left. \begin{array}{l} \text{für schmiede- und flusseiserne Stäbe: } \mathcal{F}_{min} = 2,5 P\lambda_m^2 \\ \text{für Gufseisenstäbe: } \mathcal{F}_{min} = 8 P\lambda_m^2 \\ \text{für Holzstäbe: } \mathcal{F}_{min} = 83 P\lambda_m^2 \end{array} \right\} \dots \dots \dots 21.$$

Hierin soll P in Tonnen und λ in Metern eingesetzt werden; \mathcal{F}_{min} wird auf Centim. bezogen erhalten. In diesen Formeln ist vorausgesetzt, daß die Stäbe nach allen Richtungen ausbiegen können.

Wenn die Stäbe an ihren Enden eingespannt sind, so ergeben sich für \mathcal{F}_{min} Werthe, welche nur den vierten Theil der oben angegebenen betragen (vergl. a. a. O.); die wirklichen Stäbe können aber in den meisten Fällen weder als gelenkförmig angegeschlossen, noch als eingespannt betrachtet werden; insbesondere würde die letztere Annahme meistens zu günstig sein.

Beiderseits vernietete Gitterstäbe kann man nach der Formel so berechnen, als wären sie beiderseits mit drehbaren Enden versehen; die Annahme ist etwas zu ungünstig; aber die Sicherheit wird durch dieselbe vergrößert.

Die Stäbe der Druckgurtung (oberen Gurtung) gehen gewöhnlich in den Knotenpunkten durch, könnten also in der Ebene des Binders als eingespannt angesehen werden; es empfiehlt sich aber nicht, diese besonders günstige Annahme zu machen, weil man eine vollkommene Einspannung nicht mit Sicherheit annehmen kann. Deshalb wird empfohlen, für diese Stäbe den im eben genannten Heft dieses »Handbuches« (Art. 337, S. 300²²⁶) durchgeführten Fall 4 zu Grunde zu legen, also nach folgenden Formeln zu rechnen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{für Schmiede- und Flusseisen: } \mathcal{F}_{min} = \frac{5}{4} P\lambda_m^2 \\ \text{für Gufseisen: } \mathcal{F}_{min} = 4 P\lambda_m^2 \\ \text{für Holz: } \mathcal{F}_{min} = 41 P\lambda_m^2 \end{array} \right\} \dots \dots \dots 22.$$

Auch hier ist P in Tonnen und λ in Metern einzuführen, und man erhält \mathcal{F}_{min} auf Centim. bezogen.

Wenn die Knotenpunkte der oberen Gurtung durch die Pfetten eine so ausreichende Querversteifung haben, daß sie nicht aus der Binderebene herausgebogen werden können, so kann man sie als feste Punkte ansehen und die Länge zwischen den Knotenpunkten als Knicklänge λ einführen; wenn aber eine solche Querversteifung nicht vorhanden ist, so kann unter Umständen ein Ausbiegen aus der Binderebene eintreten; dann muß man für die Zerknickungsgefahr in der betreffenden Ebene die Entfernung zwischen den beiden für diese Beanspruchung als fest anzusehenden Punkten als λ einführen. Gerade die Gefahr des Ausbiegens aus der Binderebene spricht gegen Binder, in deren Druckgurtung nicht die Pfetten angebracht sind; man sollte solche Anordnungen vermeiden.

169.
Form der
Querschnitts-
fläche der
Gurtungen.

²²⁶⁾ 2. Aufl.: Art. 122 u. 137, S. 102 u. 117.

2) Praktische Querschnittsformen für Schmiede- und Flusseisenstäbe.

a) Querschnitte, welche sowohl für gezogene, wie auch für gedrückte Gurtungsstäbe geeignet sind.

170.
Zwei L-Eisen.

Den hier zu betrachtenden Querschnittsformen ist die Widerstandsfähigkeit gegen Zerknicken gemeinam. Da es sich um Querschnitte für Gurtungen handelt, müssen dieselben eine bequeme Befestigung der Gitterstäbe und (bei der oberen Gurtung) der Pfetten gestatten.

a) Zwei Winkeleisen (Fig. 463). Zwischen den beiden lothrechten Schenkeln ist ein Zwischenraum zum Einlegen der Anchlussbleche für die Gitterstäbe, der sog. Knotenbleche, vorhanden. Die Winkeleisen können gleichschenkelig oder ungleichschenkelig sein; der grössere Schenkel kann in die lothrechte oder wagrechte Richtung gelegt werden. Kleinste zu verwendende Winkeleisen sind etwa $45 \times 45 \times 7$ mm; grösste Kaliber ziemlich beliebig, je nach Bedarf bis $150 \times 160 \times 14$ mm und mehr. Dieser Querschnitt wird vielfach ausgeführt; er ist für obere Gurtungen sehr empfehlenswerth, gestattet bequemen Anchluss der Gitterstäbe und der Windverkreuzung durch Knotenbleche, welche auf die wagrechten Schenkel kommen; die Pfetten finden auf diesen Schenkeln ein bequemes Auflager.

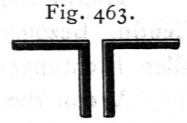


Fig. 463.

Damit für die Zerknickungsgefahr der Querschnitt als Ganzes wirke, legt man in gewissen Abständen Blechstücke ein und verbindet daselbst beide Theile durch einen Niet; die Abstände dieser Einlagen betragen gewöhnlich 35 bis 50 cm. Dass man mit diesem Mafse weiter gehen kann, zeigt nachstehende Rechnung. Nennt man den gefuchten Abstand λ und versteht unter P und \mathcal{F}_{min} dieselben Begriffe, wie oben in Gleichung 21 u. 22, so kommt auf jede Hälfte des Querschnittes die

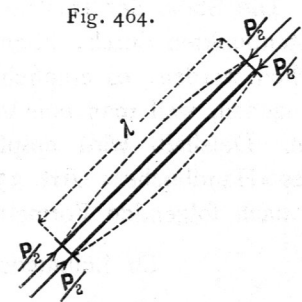


Fig. 464.

Kraft $\frac{P}{2}$ (Fig. 464). Legt man den zweiten Zerknickungsfall²²⁷⁾ zu Grunde, was jedenfalls ungünstiger ist, als die Wirklichkeit, so muss, damit kein Ausbiegen eintritt, $\mathcal{F}_{min} = 2,5 P \lambda^2$ sein. Die Querschnittsfläche f (in Quadr.-Centim.) kann hier allgemein, weil stets etwas zugegeben wird, gesetzt werden: $f = \frac{P}{500}$, wenn f in Quadr.-Centim. und P in Kilogr. eingesetzt wird, oder $f = \frac{P \cdot 1000}{500} = 2 P$, wenn P in Tonnen ausgedrückt wird. Aus letzterer Beziehung folgt $P = \frac{f}{2}$. Dieser Werth in die Gleichung für \mathcal{F}_{min} eingesetzt, ergibt $\mathcal{F}_{min} = \frac{2,5 f}{2} \lambda^2$, woraus

$$\lambda^2 = \frac{2 \mathcal{F}_{min}}{2,5 f} = \frac{0,8 \mathcal{F}_{min}}{f} \dots \dots \dots 23.$$

Anstatt \mathcal{F}_{min} müsste hier eigentlich das Trägheitsmoment, bezogen auf die lothrechte Schwerpunktsaxe eines der beiden Winkeleisen, eingeführt werden; setzt man aber selbst den Werth des kleinsten Trägheitsmomentes eines Winkeleisens ein, so erhält man noch ziemlich grosse Werthe für λ , d. h. für den Abstand der Einlagen.

²²⁷⁾ Siehe das mehrfach genannte Heft dieses »Handbuchs«, Art. 338, S. 301. (2. Aufl.: Art. 123, S. 103.)

Für das Winkeleisen von $55 \times 55 \times 8$ mm Querschnitt ist $\mathcal{F}_{min} = 9,38$ (auf Centim. bezogen) und $f = 8,16$ qcm,

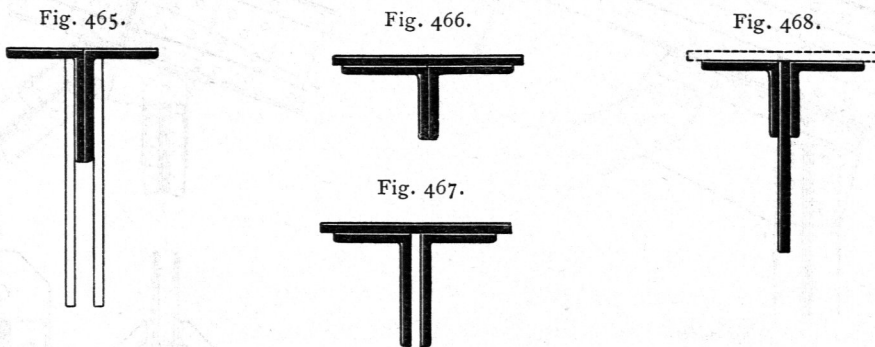
$$\lambda = 0,96 \text{ m};$$

für das Winkeleisen von $60 \times 60 \times 8$ mm ist $\mathcal{F}_{min} = 12,27$ (auf Centim. bezogen) und $f = 9$ qcm; mithin

$$\lambda = 1,04 \text{ m}.$$

Die Abstände können also ziemlich grofs fein.

Die Weite des Zwischenraumes der beiden lothrechten Winkeleisenschinkel wählt man wenigstens gleich der Eisenstärke der Winkel; besser macht man dieses Mafs gröfser, und zwar empfiehlt sich eine Weite, welche gleich der Summe der Eisenstärken beider Winkel ist. Dann erhält das einzulegende Knotenblech diese grofse Stärke; die Zahl der Anschlusniete der Gitterstäbe, so wie die Gröfse des Knotenbleches kann kleiner sein, als bei geringer Stärke, und beide Winkeleisen können durch dasselbe Knotenblech gestofsen werden. Das Trägheitsmoment des Querschnittes für die lothrechte Symmetrieaxe kann durch Vergrößerung des Zwischenraumes vergrößert werden; meistens allerdings wird dieses Trägheitsmoment nicht



für die Querschnittsbestimmung maßgebend sein, da es gewöhnlich das gröfsere der beiden Hauptträgheitsmomente ist.

Zwischen die lothrechten Schenkel setzt sich im Laufe der Zeit Staub, Schmutz u. f. w.; auch ist bei geringer Stärke des Zwischenraumes die Befestigung etwa auftretenden Rostes und die Erneuerung des Anstriches schwierig. Man vermeidet diese Uebelstände, indem man die Winkeleisen ohne Zwischenraum an einander setzt; die dann erforderlichen beiden Knotenbleche werden aussen aufgenietet (Fig. 465).

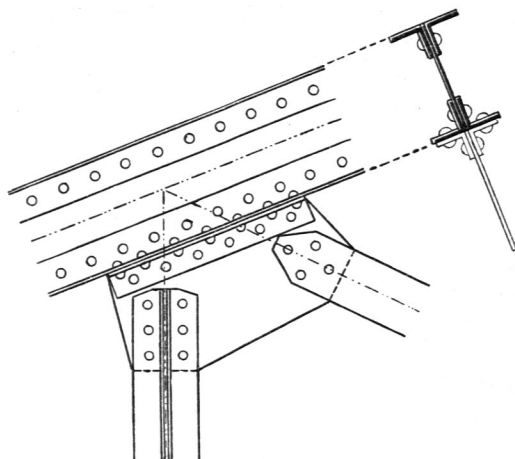
Die Lagerung der Pfetten und der Anchluss der Windknotenbleche ist wie beim Querschnitt in Fig. 463.

Eine Verstärkung der besprochenen Querschnitte ist durch Aufnieten einer oder auch mehrerer Platten möglich (Fig. 466, 467), so wie durch Anordnung eines durchlaufenden Stehbleches zwischen den Winkeleisen (Fig. 468). Damit das Stehblech unter dem Drucke nicht ausbeule, wähle man feinen Ueberstand über die Winkeleisen nicht gröfser, als 10δ bis 12δ , worin δ die Stärke des Stehbleches bedeutet. Die Gitterstäbe können hier an das Stehblech genietet werden. Je nach Bedarf kann die Querschnittsfläche durch Aufnieten von Blechplatten auf die wagrechten Winkeleisenschinkel weiter vergrößert werden; die Verringerung der Querschnittsfläche wird erreicht, indem man dem Stehblech geringere Breite giebt, bezw. dasselbe ganz fortlässt. Eine gute Stofsanordnung des Stehbleches ist nicht einfach; doch kann man bei den Dächern oft ohne Stofs des Stehbleches auskommen.

171.
I-förmiger
Querschnitt.

b) **I-förmiger Querschnitt.** Hier ist zunächst der in Fig. 469 angegebene Querschnitt zu besprechen; derselbe besteht aus einem Stehblech und je zwei Winkeleisen längs jeder Kante des Stehbleches, erinnert also an den Blechträger. Diese Querschnittsform hat den Nachtheil, dass der Anschluss der Gitterstäbe umständlich ist. Gewöhnlich werden an jedem Knotenpunkte zwei Winkeleisenstücke untergenietet, welche das Knotenblech zwischen sich nehmen (Fig. 469). Besser ist die in Fig. 470²²⁸⁾ dargestellte Construction. Das Knotenblech reicht hier zwischen die Winkeleisen der Gurtung und tritt an die Stelle des Stehbleches; Stofslaschen verbinden das Knotenblech mit dem lothrechten Stehblech auf beiden Seiten. Statt des Stehbleches kann man für die lothrechte Wand auch Gitterwerk anordnen; dann treten an den Knotenpunkten an Stelle des Gitterwerkes die Knotenbleche. Diese Construction ist gut.

Fig. 469.



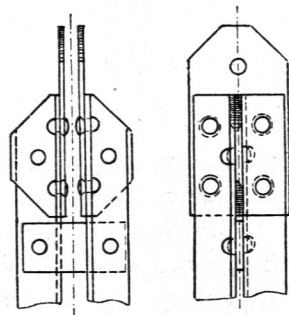
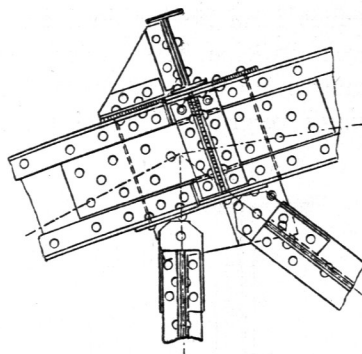
$\frac{1}{10}$ n. Gr.

Der **I-förmige** Querschnitt kann nicht nur Zug und Druck, sondern auch Biegung ertragen; derselbe empfiehlt sich deshalb in hohem Mafse für Bogendächer mit oder ohne Durchzug und ist für diese auch vielfach gewählt. Eine Verstärkung durch aufgenietete Blechplatten ist leicht möglich. Bei diesen Bogenbindern sind die anzuschließenden Gitterstäbe meistens schwach, so dass die Knotenpunkte leicht nach Fig. 471 ausgeführt werden können. Eine gute Stofsanordnung in einem Bogenträger zeigt Fig. 472.

Hierher gehört auch der aus zwei **C-Eisen** nach Fig. 473 hergestellte Querschnitt, welcher besonders von *Schwedler* vielfach angewendet worden ist. Den Zwischenraum zwischen den **C-Eisen** wähle man wo möglich so groß, wie die Summe der beiden Wandstärken der **C-Eisen**. In gewissen Abständen sind Blecheinlagen anzuordnen, wie oben unter a. Der Abstand derselben kann wie oben berechnet werden aus: $\lambda^2 = 0,8 \frac{J_{min}}{f}$.

J bedeutet hier das Trägheitsmoment eines **C-Eisens** für die lothrechte Schwerpunktsaxe. Man erhält für

Fig. 470.



Von der Einsteigehalle auf dem Centralbahnhof zu München²²⁸⁾.

$\frac{1}{25}$, bzw. $\frac{1}{12,5}$ n. Gr.

²²⁸⁾ Nach: Organ f. d. Fortchr. d. Eisenbahnw. 1887, Taf. XXXII.

Fig. 471.

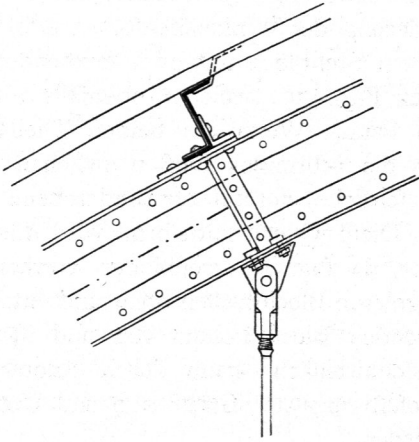
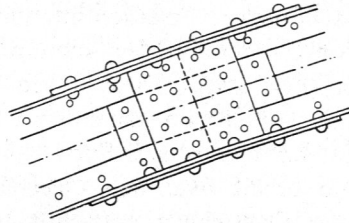


Fig. 472.



1/20 n. Gr.

Von der Bahnhofshalle zu Münster.

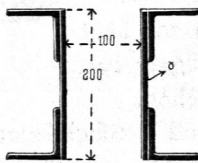
Norm.-Profil Nr.	f	f	λ^2	λ
10	33,1	13,5	1,96	1,4 Met.
12	49,2	17	2,815	1,5 »
14	71,2	20,4	2,79	1,67 »
16	97,4	24	3,25	1,80 »
18	130	28	3,71	1,92 »
20	171	32,3	4,24	2,06 »

Ein Nachtheil dieser Querschnittsform ist, das das Biegen der \square -Eisen, wie es an einzelnen Knotenpunkten nöthig wird, eine schwierige Arbeit ist, das eine Verringerung der Querschnittsfläche nicht gut möglich ist, das sich Staub und Schmutz zwischen beide \square -Eisen setzen und Beseitigung des Rostes, so wie Erneuerung des

Fig. 473.

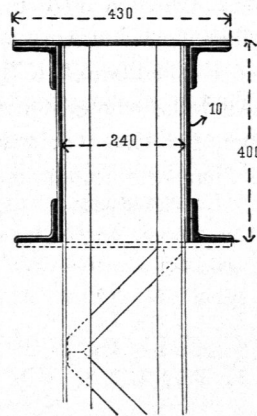


Fig. 475.



1/10 n. Gr.

Fig. 477.



Von der Bahnhofshalle zu Hannover.

1/15 n. Gr.

Fig. 474.

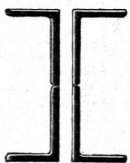
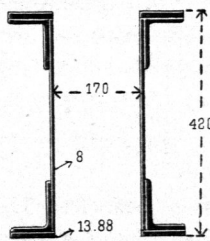


Fig. 476.



1/15 n. Gr.

Von der Bahnhofshalle zu Münster.

Anstriches zwischen beiden \square -Eisen umständlich find. Vergrößerung der Querschnittsfläche auf kürzere Strecken ist durch aufgenietete Blechlamellen erreichbar.

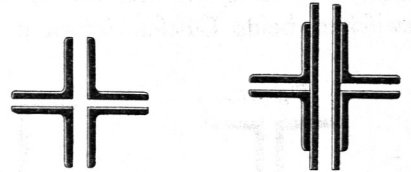
Anstatt der \square -Eisen kann man je zwei, also im Ganzen vier Winkeleisen verwenden (Fig. 474). Dies ist ein empfehlenswerther Querschnitt; die Veränderung der Querschnittsfläche kann durch Veränderung der Winkeleisenforten erfolgen.

Erfetzt man die \square -Eisen durch je ein Stehblech mit zwei säumenden Winkeleisen, so erhält man den Querschnitt in Fig. 475, welcher ebenfalls als doppelt I-förmiger Querschnitt aufgefasst werden kann. Wenn die beiden Theile so weit aus einander gerückt werden, dass man die I-förmigen Pfosten zwischen ihnen anbringen kann, so erhält man eine gegen seitliche, normal zur Binderebene wirkende Kräfte sehr wirkungsvolle Anordnung. Diese Querschnittsform wird für die am Ende längerer Hallen liegenden Endbinder, die sog. Schürzenbinder, vortheilhaft verwendet. Die Verstärkung kann durch aufgelegte Blechstreifen oben und unten bewirkt werden (Fig. 476); auch oben durchgehendes Blech kommt vor und ist praktisch (Fig. 477). Die Veränderung der Querschnittsfläche kann durch Anordnung verschiedener Winkeleisenforten erfolgen; Befestigung der Gitterstäbe und Unterhaltung im Anstrich können gut durchgeführt werden.

172.
+
förmiger
Querschnitt.

c) Kreuzförmiger Querschnitt. Derselbe ist als zweckmässig zu bezeichnen; er ist gegen Zerknicken sehr wirksam. Der Zwischenraum der lothrechten Winkeleisenfchenkel nimmt die Knotenbleche auf, von denen das oben unter a Gefagte gilt; in den Zwischenraum der wagrechten Winkeleisenfchenkel legt man die Windknotenbleche (Fig. 478). Dieser Zwischenraum kann fehlen; dann werden die Windknotenbleche auf den Winkeleisenfchenkeln befestigt. Die einzelnen Winkeleisen können gleichschenkelig oder ungleichschenkelig sein; Vergrößerung und Verringerung der Querschnittsfläche ist nach Bedarf durch Verwendung verschiedener Winkeleisenforten möglich. Nachtheilig sind die Zwischenräume (siehe unter a) und dass die Pfetten nicht auf der Gurtung gelagert werden können; doch ist eine gute Befestigung der Pfetten möglich, wenn man die lothrechten Knotenbleche nicht zu schwach (15 bis 20 mm stark) macht. Die Verstärkung kann auch durch eingelegte lothrechte Blechlamellen (Fig. 478) geschehen.

Fig. 478.



Auch bei dieser Querschnittsform sind Blecheinlagen anzuordnen; der Abstand derselben berechnet sich, wie oben angegeben. Für eine Anzahl deutscher Normalprofile diene die folgende Tabelle.

Winkeleisen	f_{min}	f	λ^2	λ
$5,5 \times 5,5 \times 0,8$ Centim.	9,88	8,16 Quadr.-Centim.	0,919	0,96 Met.
$6,0 \times 6,0 \times 0,8$ »	12,40	8,96 »	1,11	1,05 »
$6,5 \times 6,5 \times 0,9$ »	17,6	10,9 »	1,29	1,13 »
$7,5 \times 7,5 \times 1,0$ »	30,3	14 »	1,73	1,31 »
$8,0 \times 8,0 \times 1,0$ »	37,1	15 »	1,98	1,40 »
$10 \times 10 \times 1$ »	75	19 »	3,20	1,78 »

β) Querschnitte für gedrückte Gitterstäbe.

173.
Ein L-Eisen.

Diese Querschnitte müssen widerstandsfähig gegen Zerknicken sein und bequeme Befestigung an beiden Gurtungen gestatten; da die in Betracht kommenden Kräfte hier klein sind, so kommt man vielfach mit sehr geringen Querschnitten aus.

Fig. 479.



a) Ein Winkelleisen, gleichschenkelig oder ungleichschenkelig. Dasselbe hat den Vortheil bequemer Befestigung an den Knotenblechen, hingegen den Nachtheil, dass die im Winkelleisen wirkende Kraft

aufserhalb der lothrechten Mittelebene des Binders auf das Knotenblech übertragen wird, also ein Drehmoment für letzteres zur Folge hat. Bei kleinen Kräften und starkem Knotenblech ist dies nicht bedenklich, zumal wenn der zweite, im gleichen Knotenpunkte anschließende Gitterstab an der anderen Seite des Knotenbleches angeietet wird.

b) Ein T-Eisen. Hier gilt dasselbe, wie beim Winkelleisen. Vorzugsweise sind die fog. breitfüßigen T-Eisen geeignet, von den hochfestigen nur die schweren Nummern, weil die leichteren nicht genügende Fußbreite haben, um Niete aufnehmen zu können.

Fig. 480.



c) Zwei Winkelleisen, welche zusammen ein **I** oder ein **Z** bilden (Fig. 479).

d) Zwei über Ecke gestellte Winkelleisen (Fig. 480). Diese Querschnittsform ist sehr empfehlenswerth; sie bietet große Sicherheit gegen Zerknicken bei verhältnismäßig geringem Stoffaufwand, ermöglicht guten Anschluss an die Gurtungen und die Kraftübertragung in der lothrechten Mittelebene des Binders. Die beiden Winkelleisen müssen stellenweise mit einander durch Bleche verbunden werden, damit nicht jedes für sich ausbiegen kann. Der Abstand der Bleche (von Mitte Niet bis Mitte Niet λ) ergibt sich nach Früherem wieder aus der Gleichung

$\lambda^2 = \frac{0,8 f_{min}}{f}$, worin f in Quadrat-Centim. einzuführen ist. Für einige in

Betracht kommende Winkelleisen ist nachstehende Tabelle ausgerechnet:

Winkelleisen	f_{min}	f	λ^2	λ
50 × 50 × 7 Millim.	6,18	6,51	0,76	0,87 Met.
55 × 55 × 8 »	9,38	8,16	0,92	0,96 »
60 × 60 × 8 »	12,4	8,96	1,10	1,05 »
60 × 60 × 10 »	14,8	11,00	1,08	1,04 »
65 × 65 × 9 »	17,6	10,9	1,29	1,14 »
75 × 75 × 10 »	30,3	14,0	1,73	1,31 »

Man versetzt die Verbindungsbleche in den senkrecht zu einander stehenden Ebenen um je $\frac{\lambda}{2}$, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen

Zerknicken noch erheblich vergrößert wird. Die Breite der Bleche braucht nicht größer zu sein, als dass man sie vernieten kann, also etwa 50 bis 60 mm. Wo der Stab an das Knotenblech anschließt, ordnet man zweckmäßig ein Verbindungsblech in der senkrecht zum Knotenblech stehenden Ebene an (Fig. 470).

e) Zwei T-Eisen, welche zusammen ein Kreuz bilden (Fig. 481). Der Zwischenraum beider entspricht dem Knotenblech. Dies ist ein sehr zweckmäßiger Querschnitt. — Statt der 2 T-Eisen kann man auch 4 Winkelleisen verwenden (siehe unter a); dieselben genügen schon für sehr schwere Dachbinder.

Fig. 481.



174.
T-förmiger
Querschnitt.

175.
+ förmiger
Querschnitt.

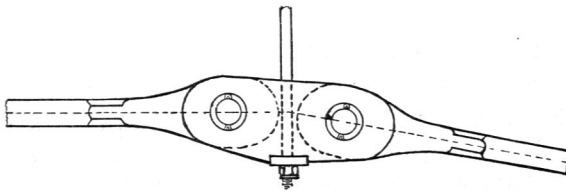
7) Querschnitte, welche nur für gezogene (Gurtungs- und Gitter-) Stäbe geeignet sind.

176.
Rechteck-
Querschnitt.

Bei den nur gezogenen Stäben fällt die Rückficht auf das Zerknicken fort.

a) Rechteckquerschnitt. Eifen mit rechteckigem Querschnitte nennt man Flacheifen. Flacheifen und aus mehreren Flacheifen bestehende Querschnitte sind für Zugstäbe sehr geeignet: die Verbindung an den Knotenpunkten ist einfach und leicht herstellbar; die Kräfte wirken in der lothrechten Mittelebene der Binder; man kann sich dem theoretischen Bedarf ziemlich genau anschließen und diese Querschnittsform für kleine und große Kräfte wählen. Man verwendet einfache und doppelte Flacheifen, hochkantig oder flach gelegt, vermeidet aber gern die sehr breiten Flacheifen, weil diese der Construction ein schweres Aussehen geben. Flacheifen kommen hier

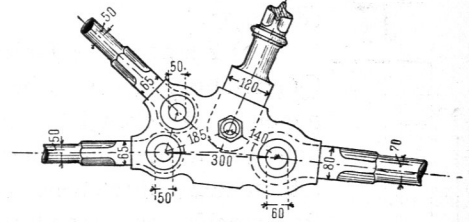
Fig. 482.



Von der Bahnhofshalle zu Oberhausen.

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

Fig. 483.

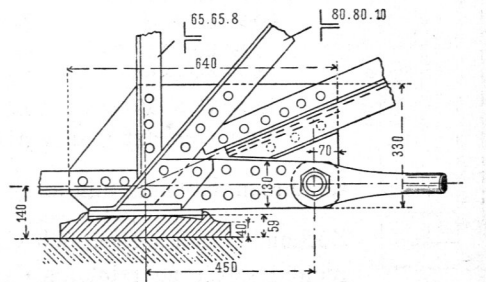


Von einem Polonceau-Dachstuhl²²⁹⁾.

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

von 8 mm Stärke und 60 mm Breite bis zu etwa 15 mm Stärke und 350 mm Breite, ja in noch größeren Abmessungen vor. Einfache Flacheifen schliesse man nicht einseitig an die Knotenbleche an (falls es sich nicht um sehr kleine Kräfte handelt), sondern lasse sie stumpf vor das Knotenblech stoßen und verbinde beide durch Doppellaschen (Fig. 515, 518, 527). Doppelte Flacheifen verbinde man in nicht zu großen Abständen (1 bis 2 m) mit einander durch zwischengelegte Futterbleche, damit beide möglichst gleichmäßig beansprucht werden. Bei sehr großen Dächern kommt man leicht zur Verwendung von vier Flacheifen. Im Allgemeinen beachte man, daß, je größer die Zahl der Theile ist, aus denen ein Stab besteht, desto

Fig. 484.



Vom neuen Packhof zu Berlin.

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

²²⁹⁾ Nach: *Now. annales de la constr.* 1876, Pl. 47-48.

Fig. 485.

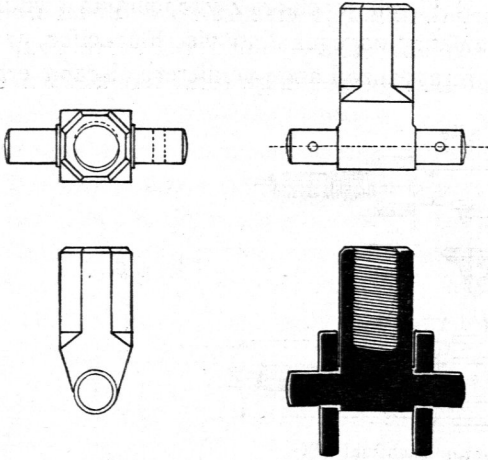
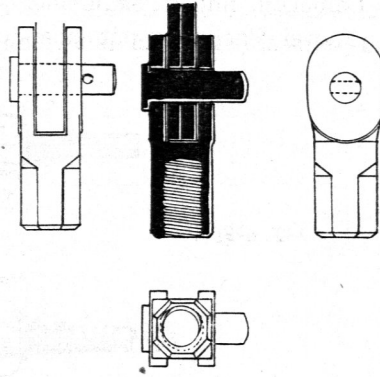
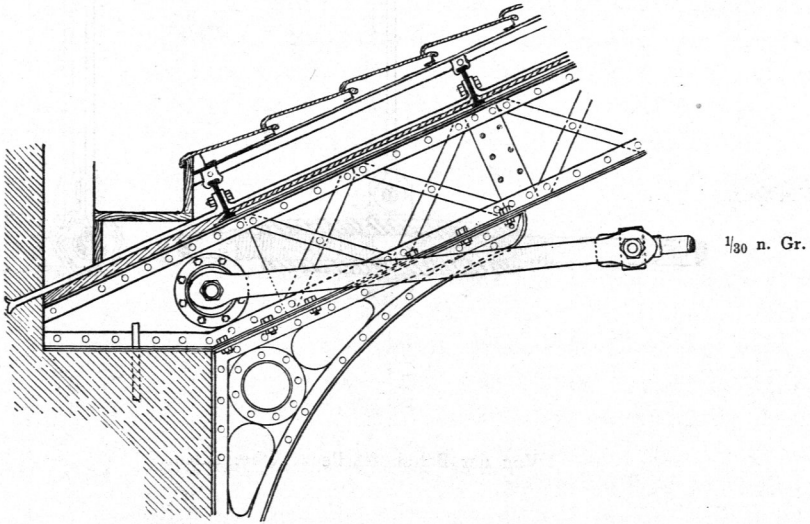


Fig. 486.

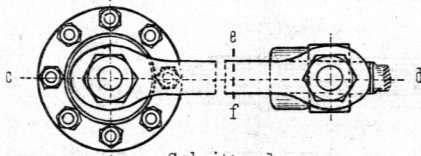


Von der Bahnhofshalle zu Münfter.
 $\frac{1}{5}$ n. Gr.

Fig. 487.

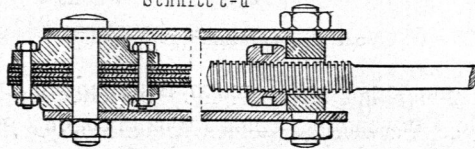


$\frac{1}{30}$ n. Gr.



Schnitt c-d

Fig. 488.



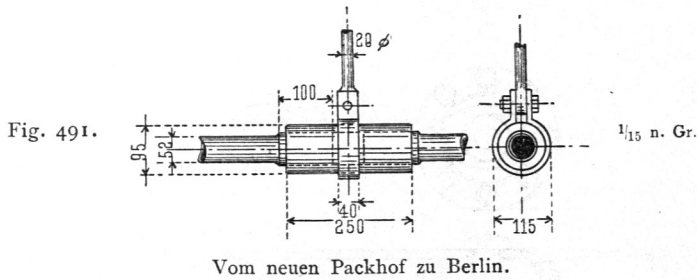
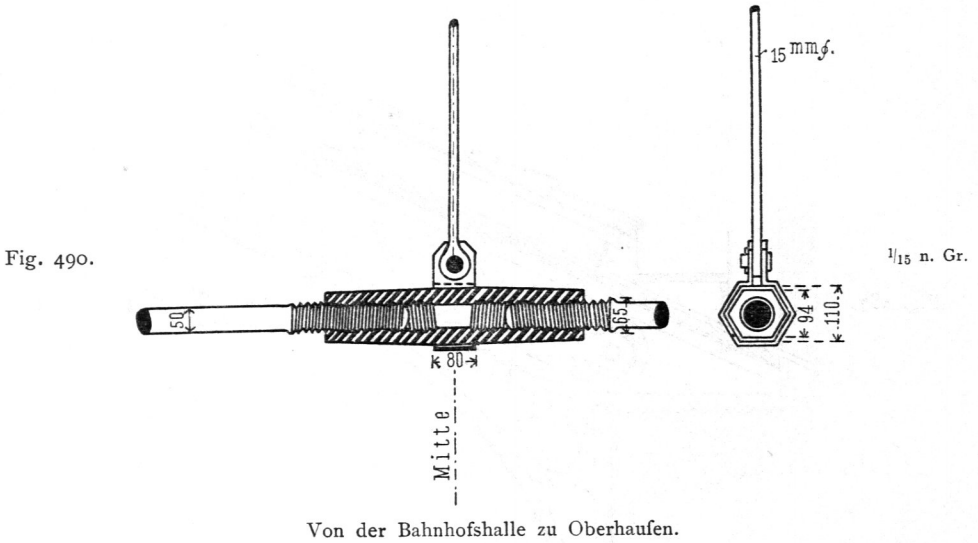
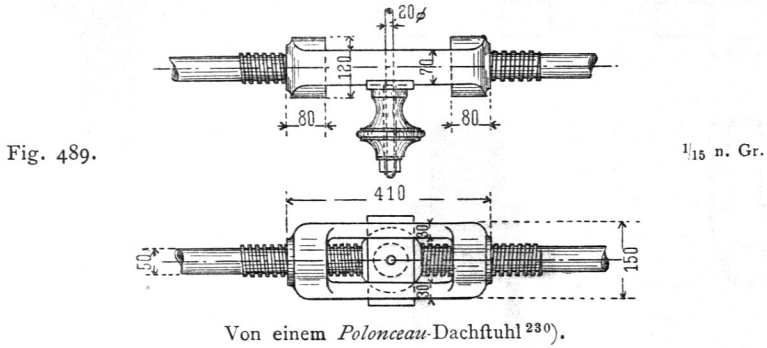
$\frac{1}{15}$ n. Gr.

Schnitt e-f



Von einem *Polonceau* Dachstuhl²⁸⁰⁾.

weniger sicher auf gleichmäßige Beanspruchung aller Theile gerechnet werden kann. Vier Flacheisen mit drei Zwischenräumen, d. h. mit je einem Zwischenraum zwischen zwei Lamellen, sind deshalb nicht gut; zulässig dagegen sind vier Flacheisen, wenn man je zwei Flacheisen mit einander auf ihre ganze Länge vernietet; alsdann erhält



man einen schliesslich nur aus zwei Theilen bestehenden Stab. Besser ist aber in einem solchen Falle die Verwendung eines kreuzförmigen, genügend starken Querschnittes (nach Fig. 478).

177.
Kreisquerschnitt.

b) Der Kreisquerschnitt ist für Zugstäbe sehr zweckmässig; die einzelnen Theile der Querschnittsfläche sind gut um den Schwerpunkt gelagert; durch An-

²³⁰⁾ Nach: *Novv. annales de la constr.* 1876, Pl. 47-48.

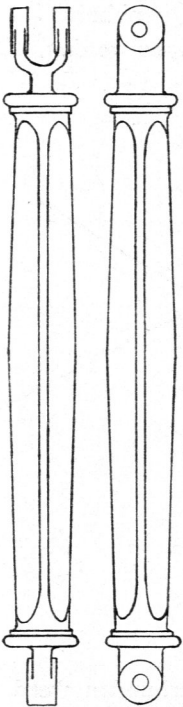
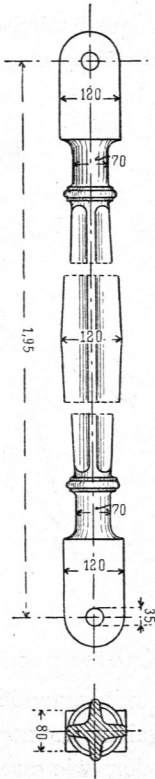
bringen von Spannvorkehrungen, fog. Schlöffern, kann man etwaige Ungenauigkeiten der Herstellung und die bei der Aufstellung gemachten Fehler wieder gut machen. Dagegen ist der Anschluss an die Knotenpunkte, bezw. Knotenbleche nicht so einfach, wie beim Rechteckquerschnitt. Gewöhnlich wird der Kopf des Rundeisens im Gelenk so ausgeschmiedet, dass er den Bolzen aufnehmen kann; meistens ist er eintheilig. Der kreisrunde Querschnitt wird gewöhnlich zuerst in einen achteckigen, dann in einen rechteckigen übergeleitet (Fig. 482 u. 483²³⁰). Wenn die Knotenbleche doppelt sind, so setzt man den Kopf des Rundeisens zwischen beide Knotenbleche; bei einfachem Knotenbleche verbindet man den Rundeisenstab und das Knoten-

blech durch beiderseits aufgelegte Lafchenbleche (Fig. 509, 524). Falls das Knotenblech geringere Stärke hat, als der Kopf des Stabes, so kann man die Doppellafchen entsprechend aus einander biegen (Fig. 524). Etwas schwieriger ist die Anordnung, wenn man das Ende des Stabes an ein gehörig verstärktes Knotenblech zweiseitig ohne besondere Lafchen anschließen will. Dann kann man den Kopf nach Fig. 484 zweitheilig machen. Einen Anschluss der Rundeisen an die Knotenbleche mit Hilfe besonderer Hüllen veranschaulichen Fig. 485 u. 486. In die Hüllen werden die Enden der Rundeisenstäbe eingeschraubt. Fig. 485 zeigt eine Hülse, welche sich zwischen zwei Knotenbleche setzt und deshalb jederseits einen Zapfen hat, Fig. 486 eine solche für einfaches Knotenblech, welches durch die Hüllen umfasst wird. Endlich schaltet man auch wohl zwischen den Rundstab und den Knotenpunkt Bügel aus zwei Flach-eisen ein, auf welche der Rundstab seinen Zug mittels eines in den Bügeln gelagerten Zwischenstückes überträgt (Fig. 487 u. 488).

Ein großer Vorzug des Kreisquerschnittes ist, dass die Stablänge mittels einfacher Vorkehrungen ein wenig verändert werden kann, so dass es möglich ist, kleine Ausführungsfehler leicht zu verbessern.

Als solche Vorkehrungen dienen mit Rechts- und Linksgewinde versehene Hüllen, in welche die beiden Theile des Stabes eingeschraubt werden. Das Drehen der Hülse verkürzt oder verlängert den Stab. — Wenn der betreffende Stab mittels eines weiteren Stabes aufgehängt ist, so ist bei der Verbindung Sorge zu tragen, dass eine Drehung durch den Hängestab nicht verhindert wird. Fig. 489 zeigt eine gusseiserne Hülse²³⁰), bei welcher die Hängestange nur geringe Drehung gestattet, besser ist bei den Hüllen in Fig. 490 u. 491 vorgefertigt; bei Fig. 490 ist die Hülse außen sechskantig, wodurch das Drehen erleichtert wird.

Fig. 492.

Von der Central-Markthalle zu Wien²³¹). $\frac{1}{9}$ n. Gr.Fig. 493²³⁰). $\frac{1}{15}$ n. Gr.

231) Nach: WISTR, J. Studien über ausgeführte Wiener Bau-Construktionen. Wien 1872. Bd. I, Taf. 34—35.

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.

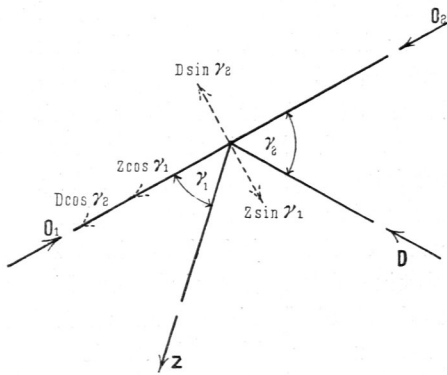
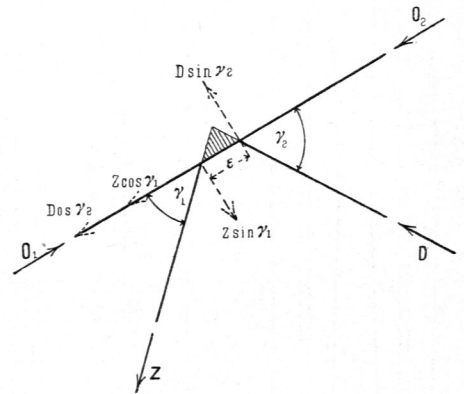


Fig. 495.



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-

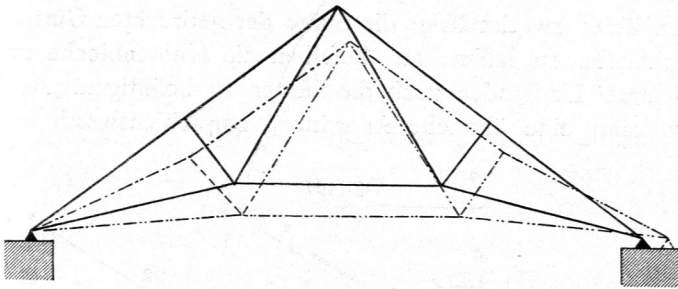
spannungen sind besonders bei den Querschnittsformen mit kleinem $\frac{\mathcal{J}}{a}$ bedenklich, also beim **T**-förmigen und kreuzförmigen Querschnitt der oberen Gurtung; weniger gefährlich sind sie bei Querschnittsformen, deren $\frac{\mathcal{J}}{a}$ groß ist, also beim **I**-förmigen

Querschnitt, mag er aus 4 Winkeleisen nach Fig. 474 (S. 235) oder aus 2 **C**-Eisen nach Fig. 473 (S. 235) oder aus Stehblech mit 4 Winkeleisen 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.

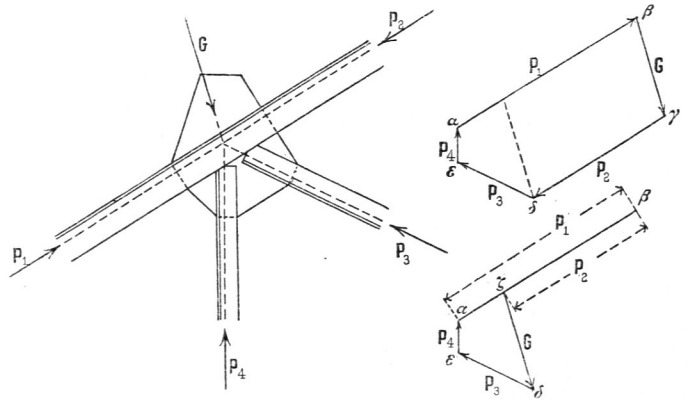
182.
Allgemeines.

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.

183.
Nietenzahl.

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

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

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:

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

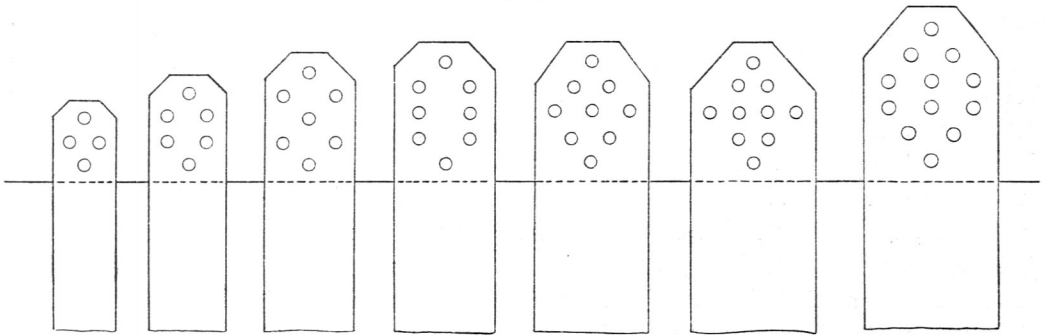
Wenn ein zweitheiliger Stab mit einem eintheiligen zu verbinden ist, so kommt für δ entweder die Stärke des eintheiligen oder die Summe der beiden Stärken in Frage, welche sich für den zweitheiligen Stab ergeben. In die Gleichung 25 für n ist der kleinere dieser beiden Werthe einzusetzen.

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. s. 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.

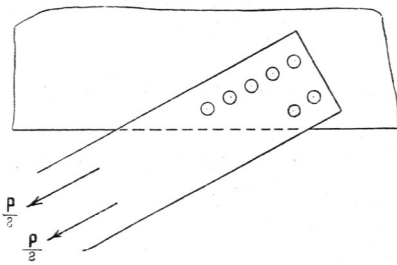
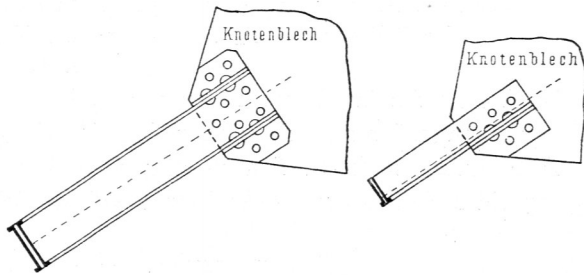


Fig. 500.



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.

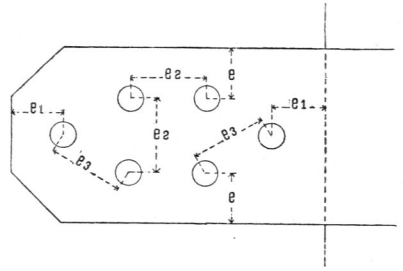
Wenn der zu befestigende Stab aus mehreren Theilen besteht (Winkel Eisen, T-Eisen, Blechen etc.), so ordne man zur Verbindung jedes Theiles die für diesen allein erforderliche Zahl von Nieten an.

Zur Befestigung von Winkel Eisen und T-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 Winkel Eisenstückes, 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:

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

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

$$e_2 = 3d.$$

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.

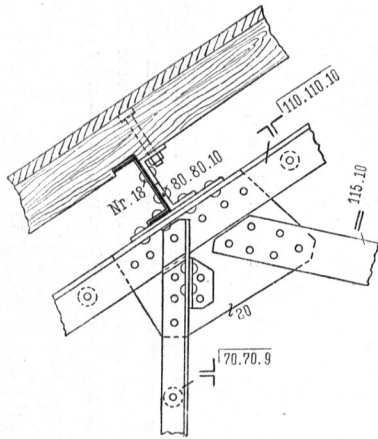
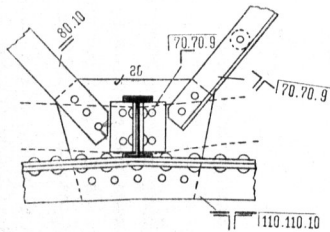


Fig. 503.



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

1/20 n. Gr.

Fig. 504.

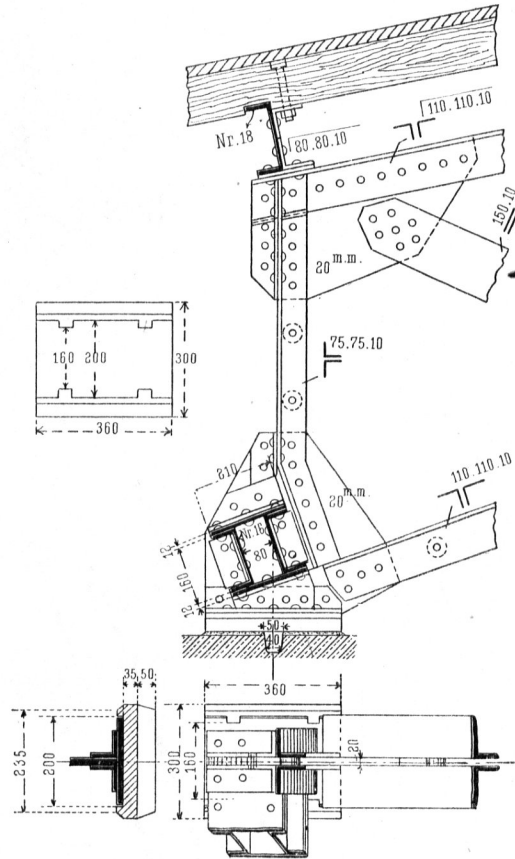
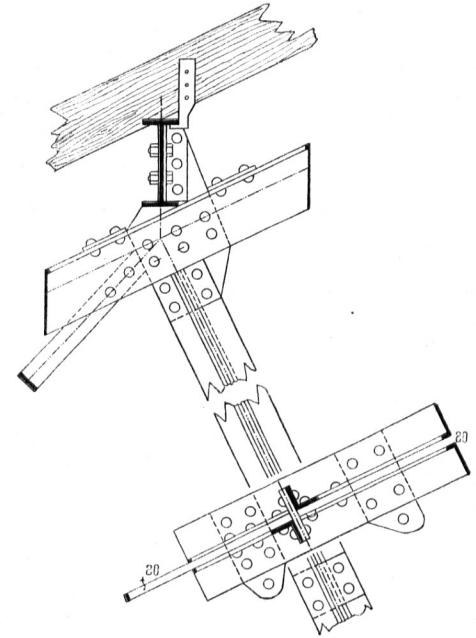


Fig. 505.



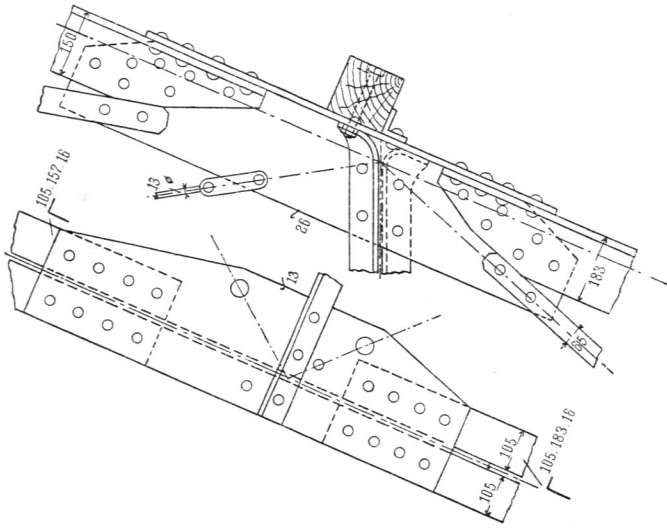
Von einem Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Avricourt.

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

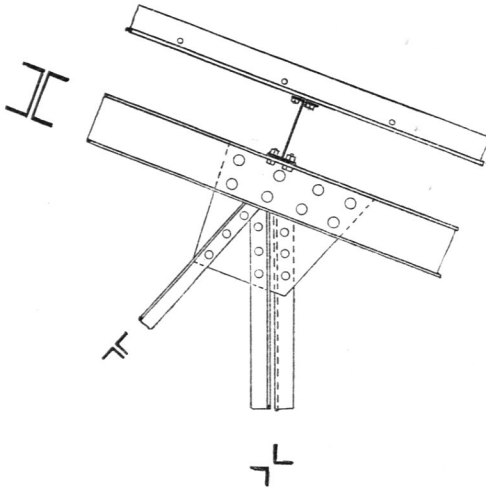
Fig. 506.



Vom Rathhaus zu Berlin²³³⁾.

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

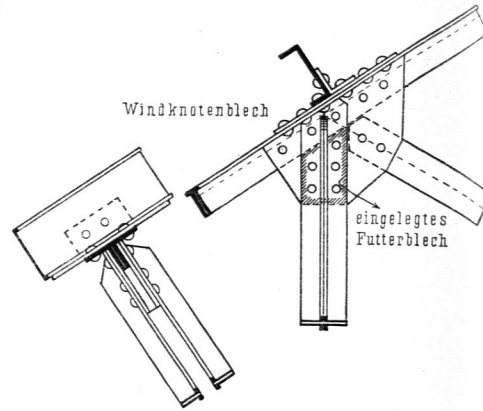
Fig. 508.



Von der Kunstgewerbeschule zu Karlsruhe²³⁷⁾.

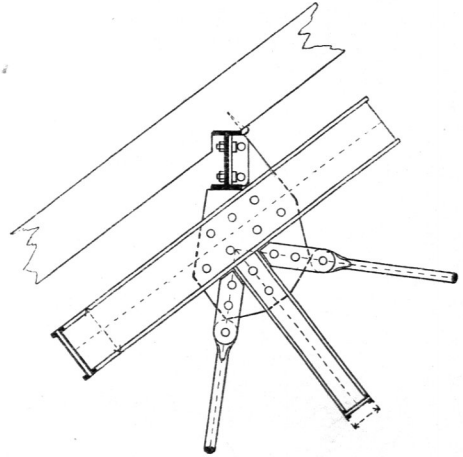
$\frac{1}{20}$ n. Gr.

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

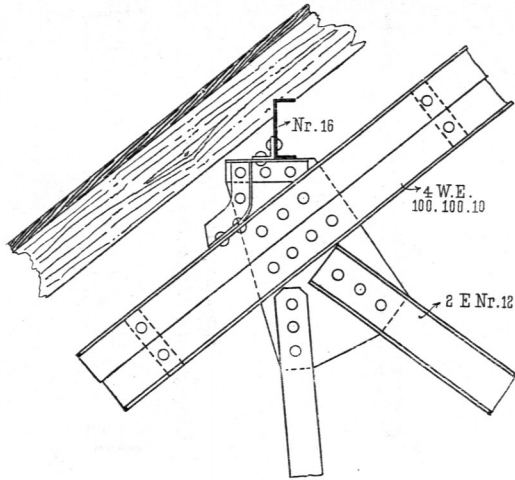
²³²⁾ Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1892, Bl. 17.

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

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

Fig. 510.

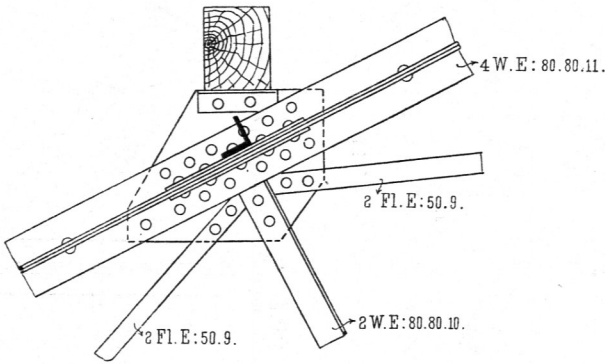
1/20 n. Gr.



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

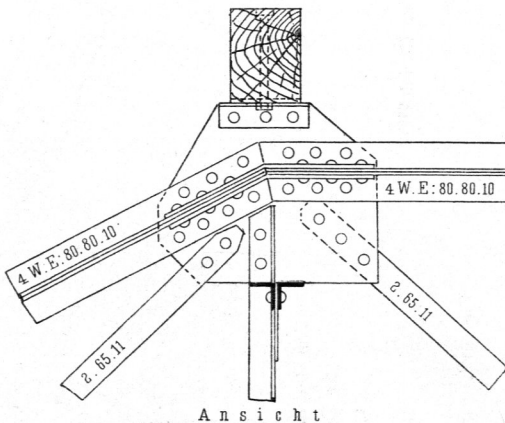
Fig. 511.

1/20 n. Gr.

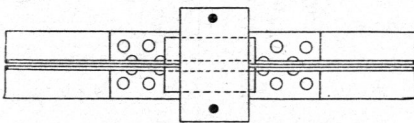
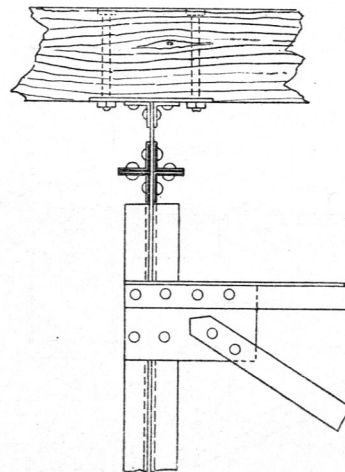


Von
der dritten
Gasanstalt
zu
Dresden²³⁵⁾.

Fig. 512.



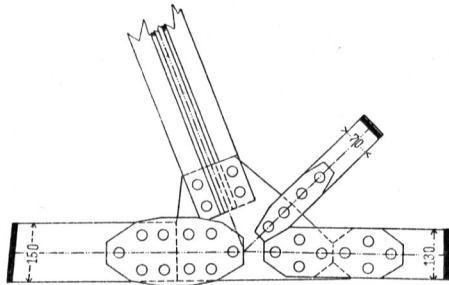
Ansicht



Grundriss

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

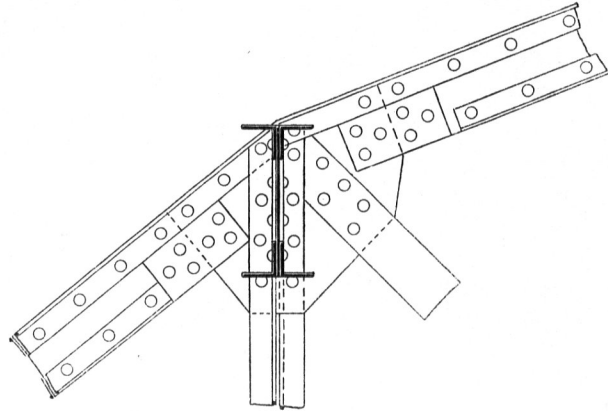
Fig. 513.



Von einem Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Avricourt.

1/20 n. Gr.

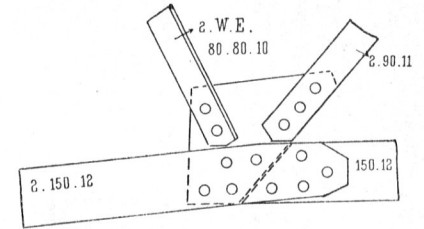
Fig. 514.



Vom Dach über dem großen Börnenfaal zu Zürich²³⁶⁾.

1/20 n. Gr.

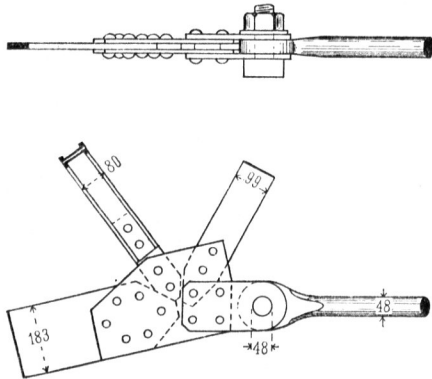
Fig. 515.



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.

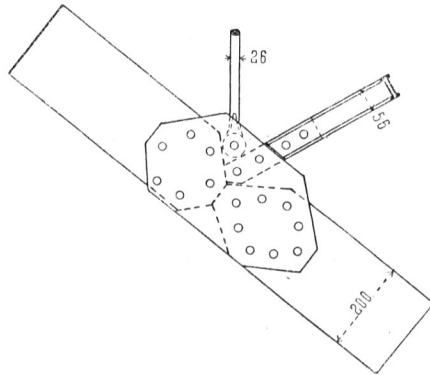
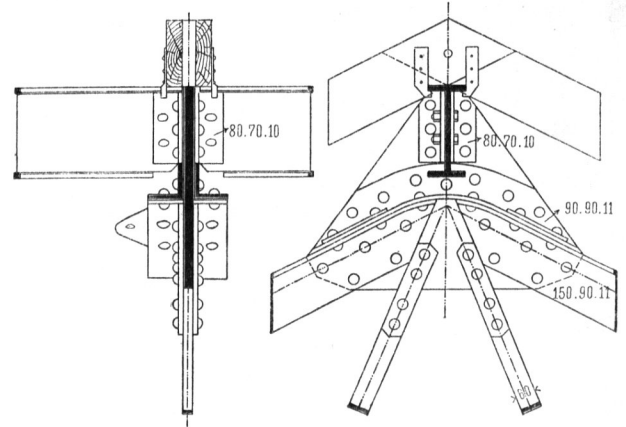


Fig. 518.



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 **C**-Eisen. Bei Fig. 509 betragen die Abstände der **C**-Eisen 20 mm; in diesen Abstand ist das Knotenblech gelegt.

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

Um die Schwierigkeiten beim etwa erforderlichen Biegen der **C**-Eisen zu vermeiden, kann man jedes **C**-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.

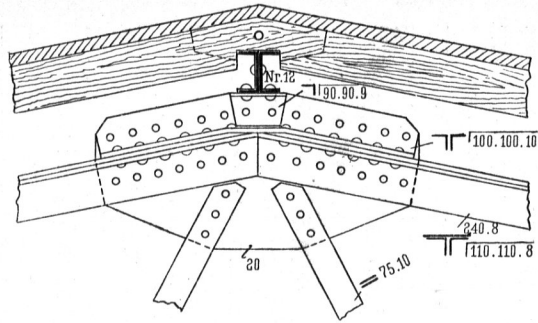
192.
Firt-
Knotenpunkte.

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

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

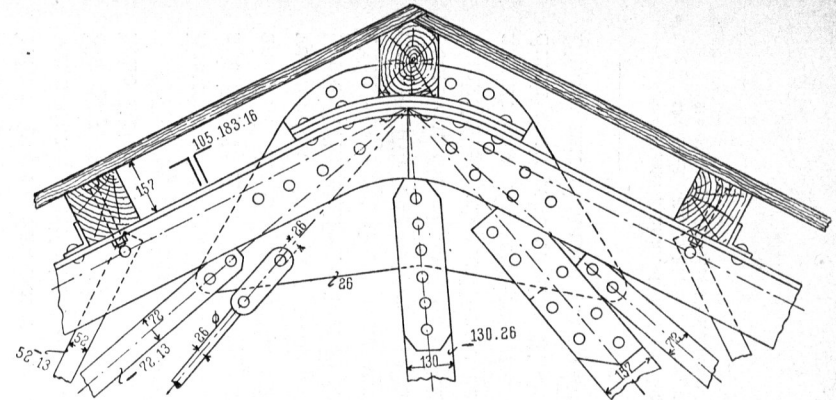
237) Nach freundlicher Mittheilung des Herrn Oberbaudirector Professor Dr. *Durm* in Karlsruhe.

Fig. 519.



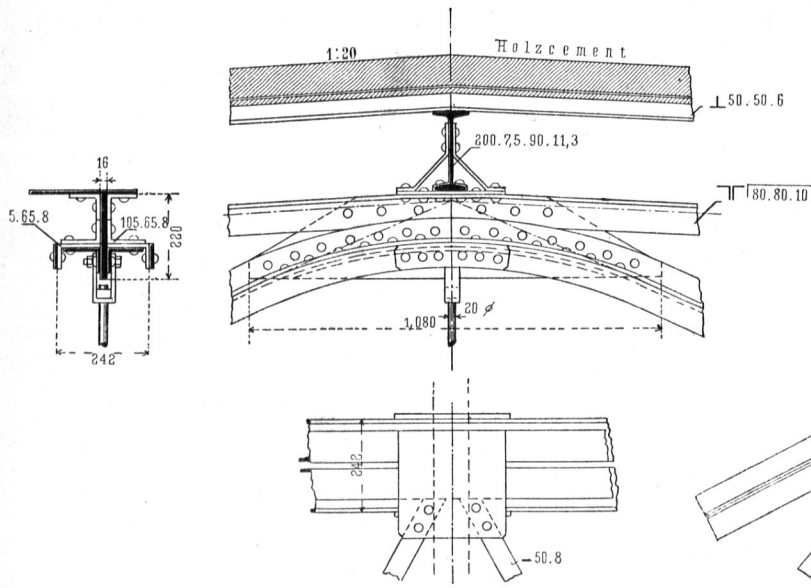
Vom Dach über dem Wartesaal III. und IV. Classe im Bahnhof zu Bremen²³²⁾.

Fig. 520.



Vom Rathaus zu Berlin²³³⁾.

Fig. 521.



Vom neuen Packhof zu Berlin.

1/20 n. Gr.

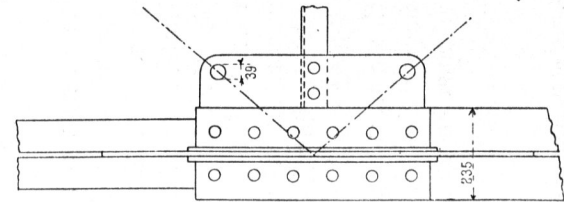
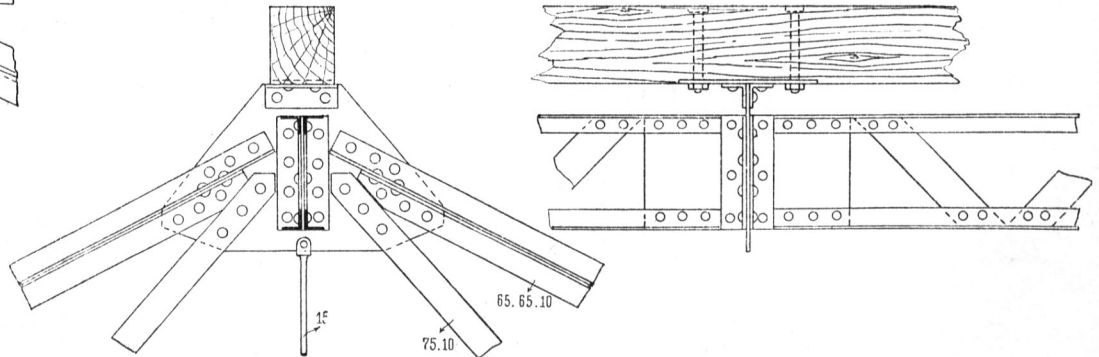


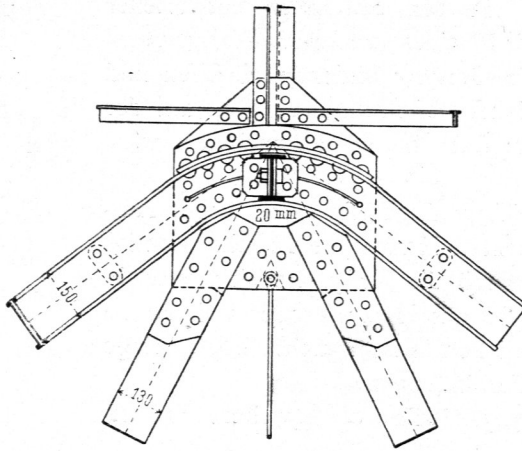
Fig. 522.



Von der dritten Gasanstalt zu Dresden²³⁵⁾.

Fig. 523.

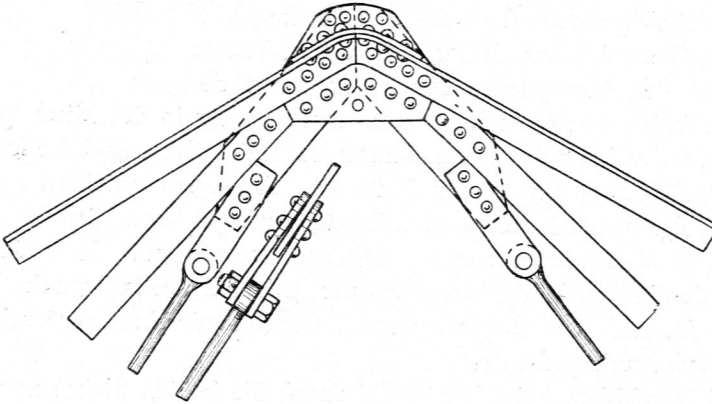
$\frac{1}{20}$ n. Gr.



Von den
Retortenhäufeln
am Hellweg
zu Berlin²³⁴).

Fig. 524.

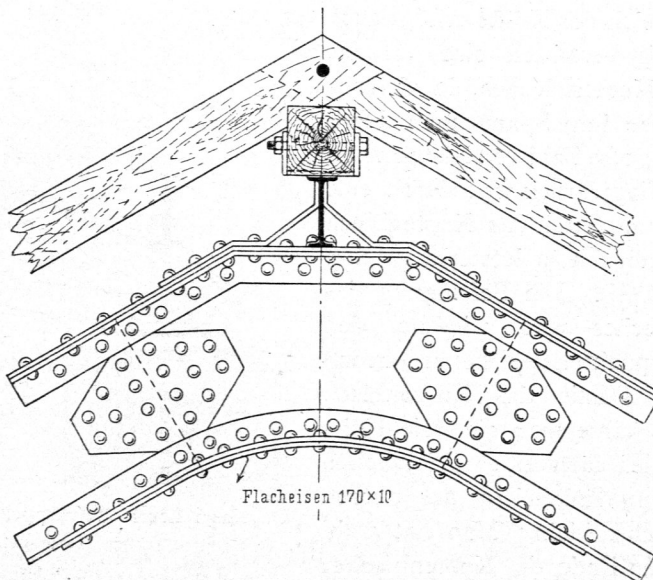
$\frac{1}{20}$ n. Gr.



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 mauerseitigen Ende des Knotenbleches

Fig. 526.

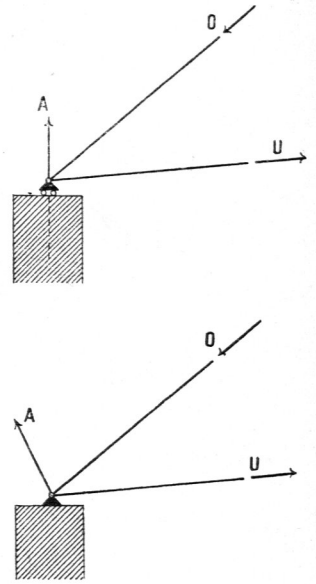
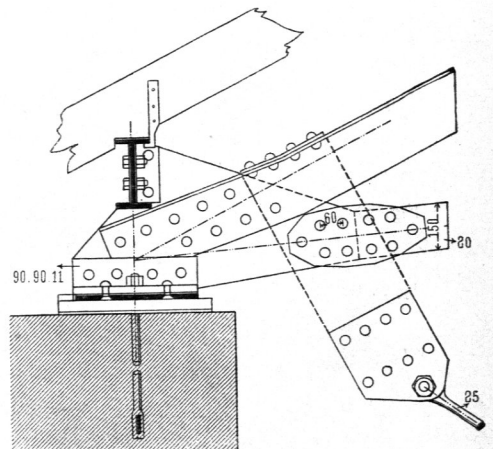


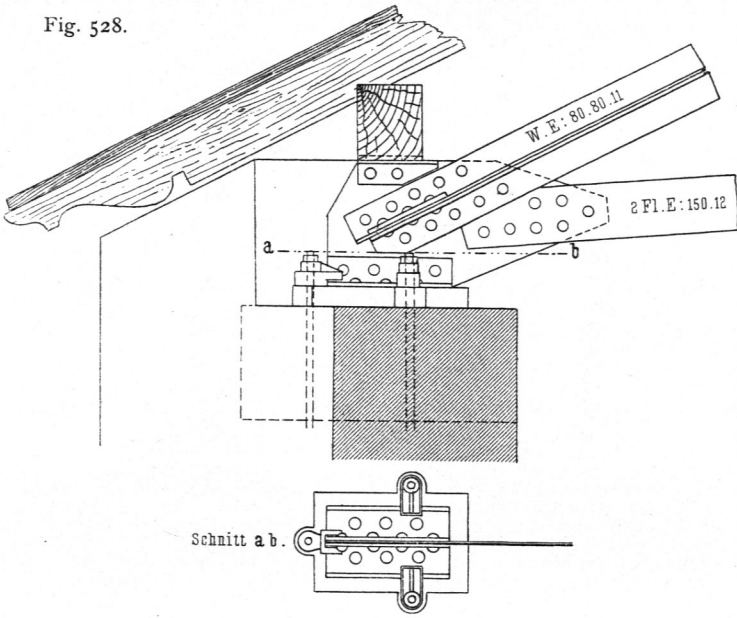
Fig. 527.



Von einem Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Avricourt.

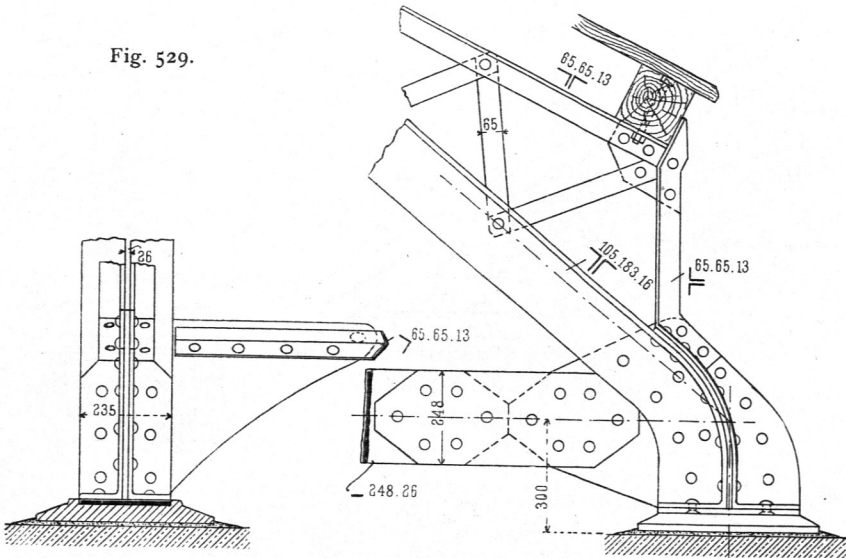
$\frac{1}{25}$ n. Gr.

Fig. 528.



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

Fig. 529.



Vom
Rathhaus zu Berlin²³³⁾.

1/20 n. Gr.

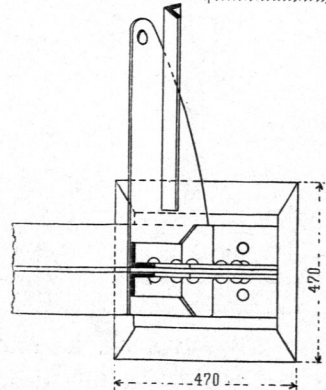


Fig. 530.

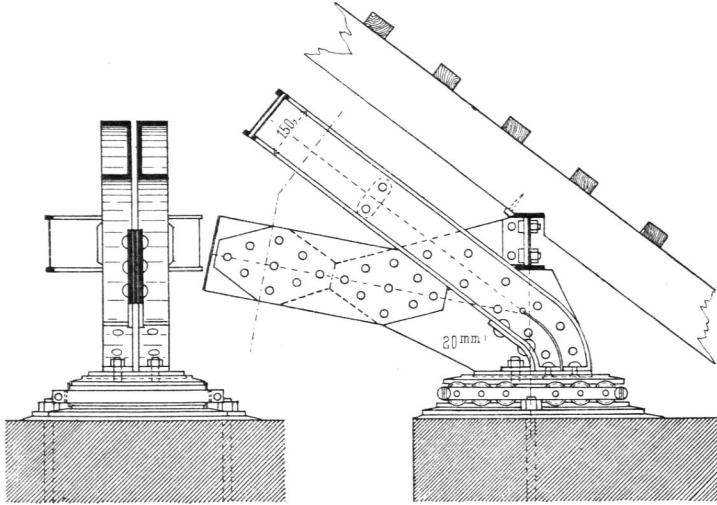


Fig. 531.

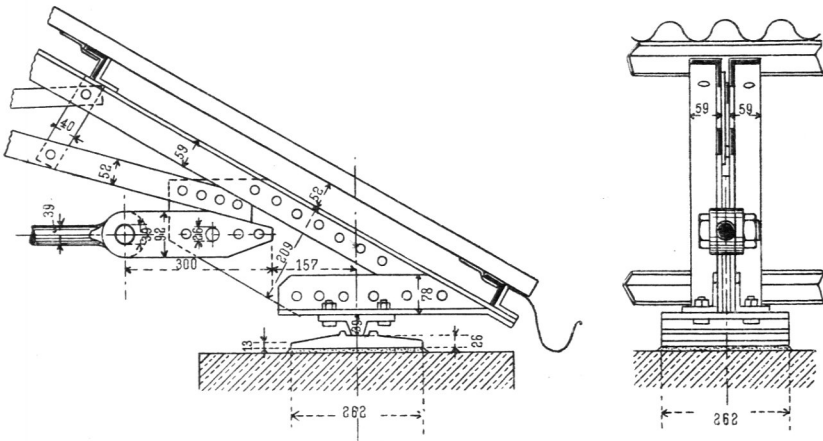
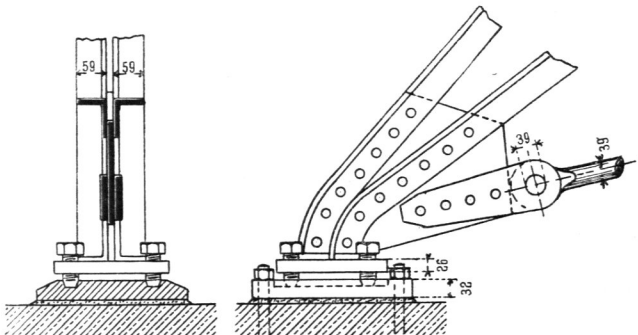


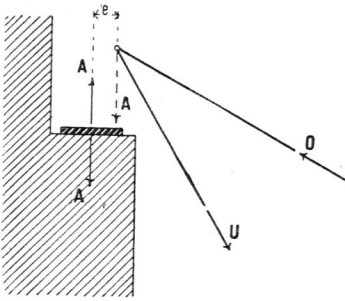
Fig. 532.



Von den Retortenhäufern am Hellweg zu Berlin²³⁴⁾.

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

Fig. 533.

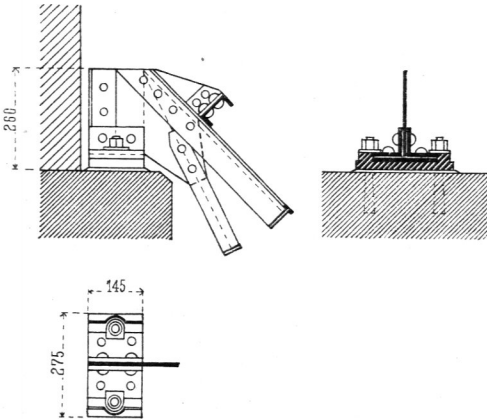


zur Ausfeilung lothrechte Winkeleisen angeordnet (Fig. 534). Besser setzt man diese über die Auflagermitte. Auch hat man die Enden der Winkeleisen, bzw. **E**-Eisen, welche den Querschnitt der oberen Gurtung bilden, gebogen, so dafs sie an ihren Enden eine lothrechte Tangente haben (Fig. 529 u. 530²³⁴ 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

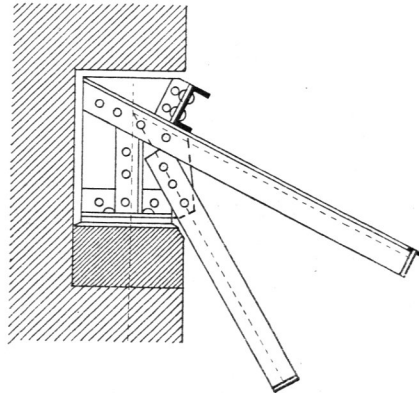
194.
Obere
Auflager-
Knotenpunkte
bei
Pultdächern.

Fig. 534.



Vom Bahnhof zu Hainholz.

Fig. 535.



Entwurf.

1/20 n. Gr.

dargestellt. Für die Druckvertheilung an der Unterflache 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,

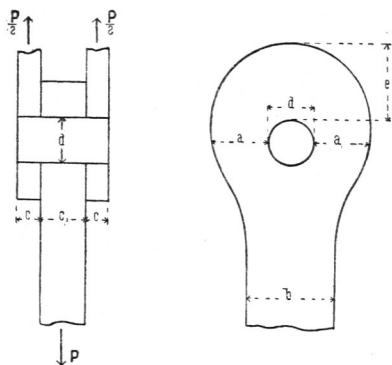
$$1,5 K d \delta \geq P \quad \text{fein, woraus} \quad d \geq \frac{P}{1,5 K \delta}$$

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 Auschmieden im Gefenk (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, außer 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, daß die Kraft P sich auf die Länge c_1 des Bolzens gleichmäÙig 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 Größtwerth für $x = c$, d. h. es ist $M_{max} = \frac{Pc}{2}$, und die größte Biegebungsbeanspruchung in diesem Querschnitt

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

Soll σ_{max} die zuläßige Beanspruchung K nicht überschreiten, so muß

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

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

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 müÙte 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: $d = 1,72 \sqrt[3]{fc}$ 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.

GroÙe 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 $0,15 \frac{Pd}{2} = 0,075 Pd$. 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
 $\delta(D - d) = 1,40 b \delta$, 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 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.

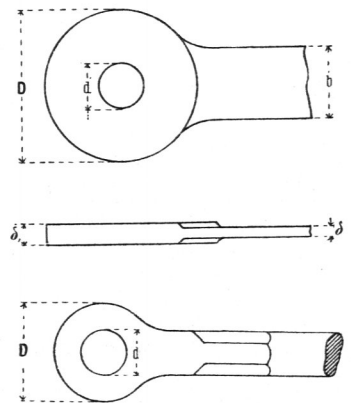
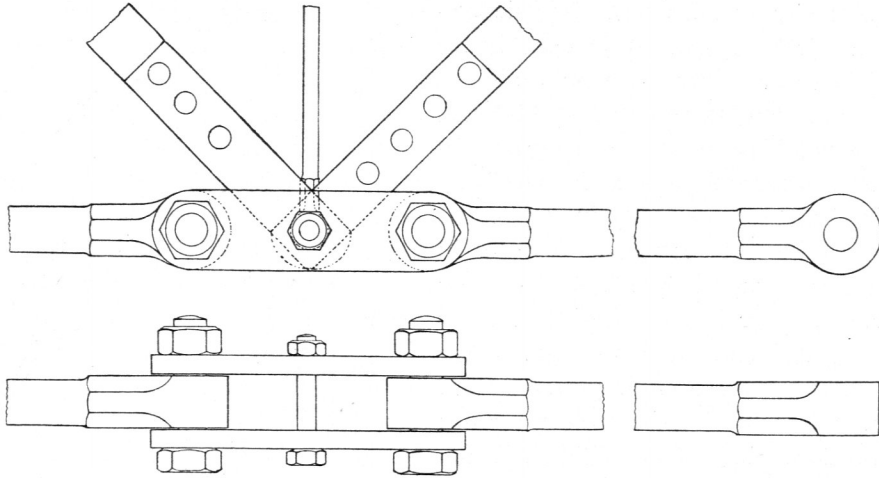
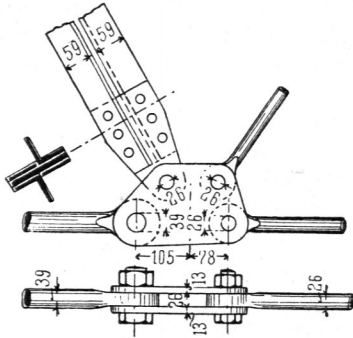


Fig. 538.



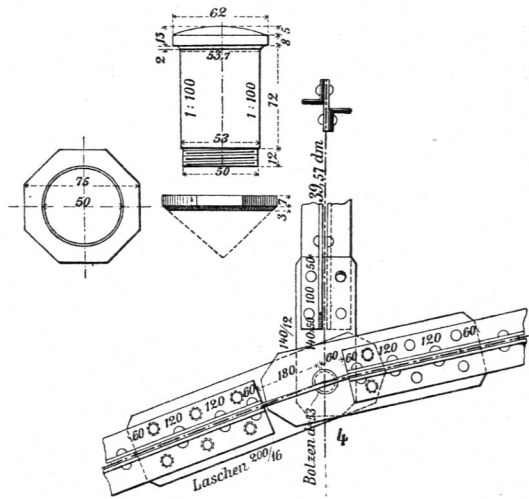
Von den Central-Markthallen zu Wien²³⁸⁾.
1/10 n. Gr.

Fig. 539.



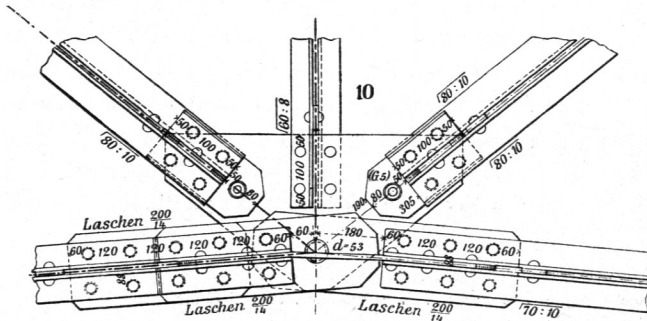
Vom Retortenhaus
am Hellweg zu Berlin²³⁴⁾.
1/15 n. Gr.

Fig. 540.



Von der Einsteigehalle auf dem Centralbahnhof
zu München²³⁹⁾.
1/20 n. Gr.

Fig. 541.



1/20 n. Gr.

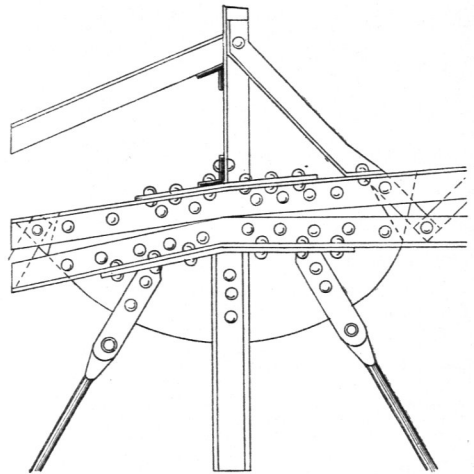
Von der Einsteigehalle auf dem Centralbahnhof zu München²³⁹⁾.

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-

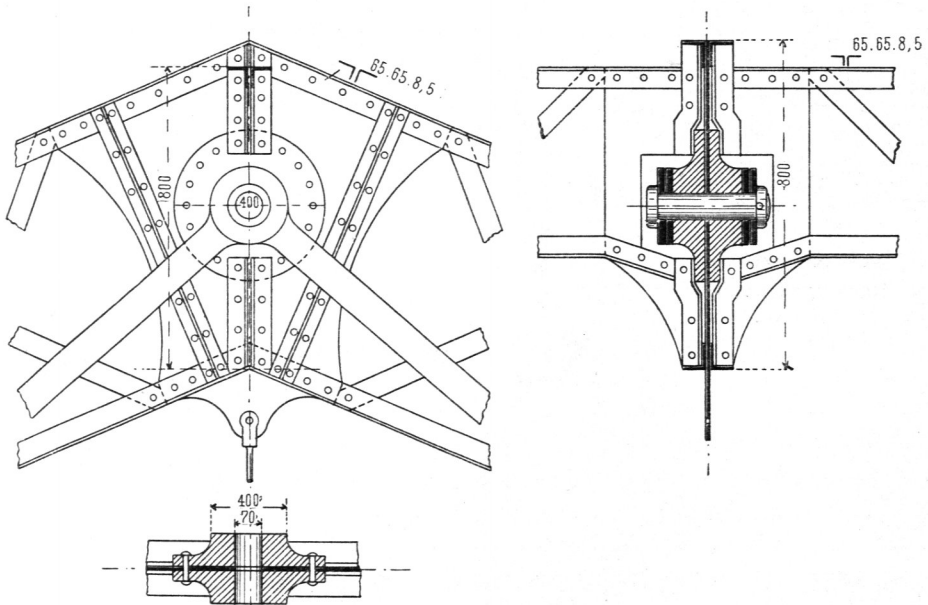
Fig. 542.



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,

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

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

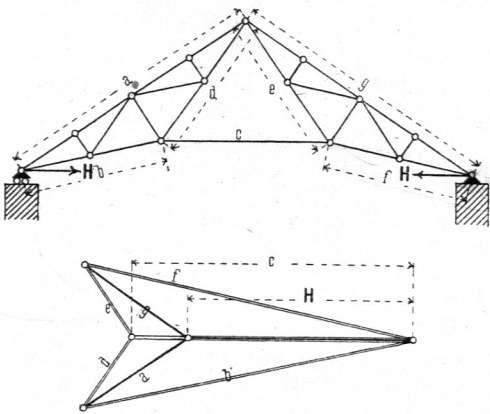
$$A_{max} = 5666 \text{ kg}$$

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.

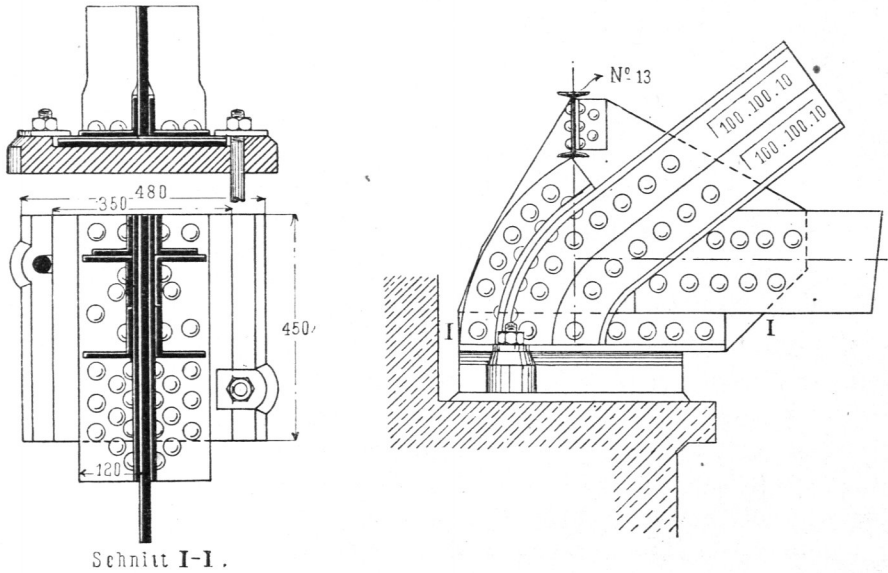
204.
Construction
der
Auflager.

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 gemeinsfam 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.

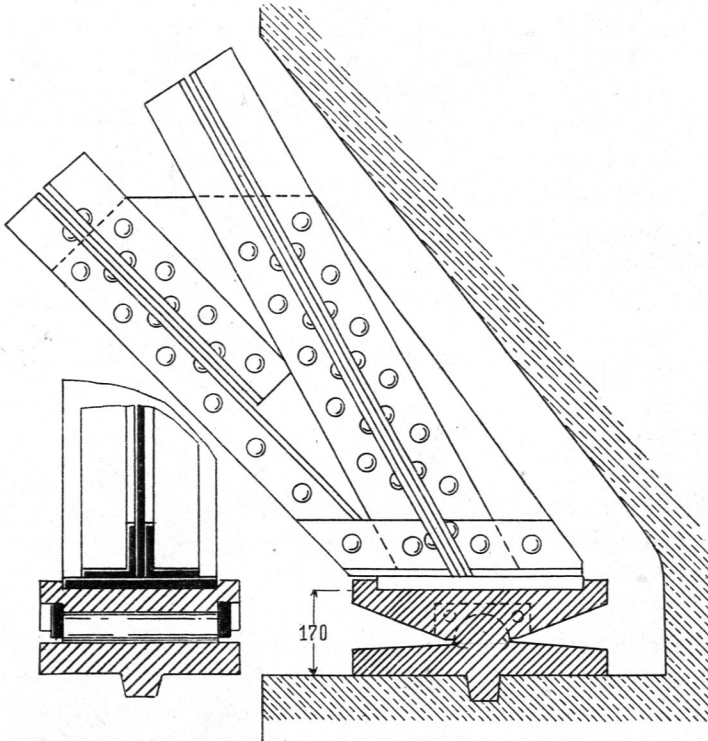
205.
Flächenlager.

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.
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 Schweifeseisen, Flufeseisen 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 Gufstücke 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 grossen 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 groß ist.

Fig. 549.

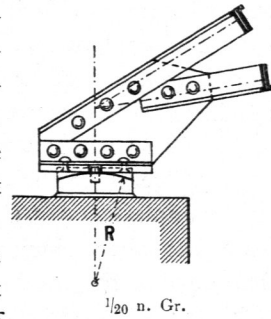
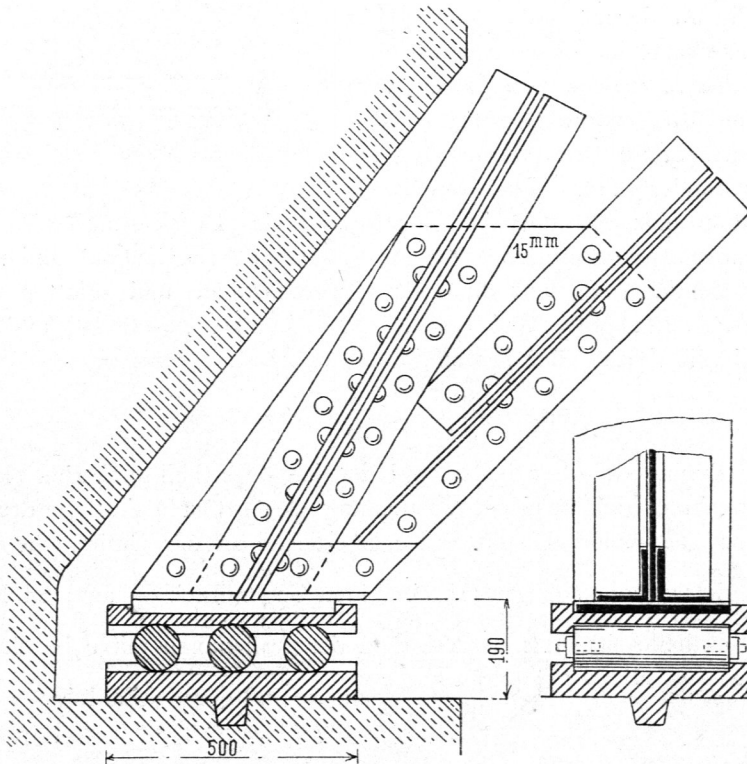


Fig. 550.



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.

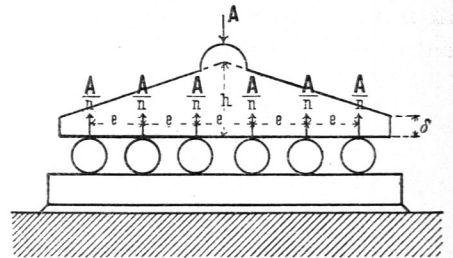
Die Rollen werden durch einen einfachen Rahmen zu einem Ganzen zusammengefaßt; im Rahmen sind die Rollen durch Zapfen an jedem Ende gelagert. Bei den Dachbindern sind die Rollen gewöhnlich aus Gufseisen und haben 40, 50, 60 bis 80 mm Durchmesser. Die Zahl der Rollen beträgt 3 bis 8, ausnahmsweise auch 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 Gufseifen 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 Gröfse $p = \frac{A}{2l}$ 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 gröfsere 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 Gufseifen hergestellt; die beiderseitigen Zapfen (20 mm stark) aus Schweifseifen werden eingesetzt; sie können auch eingefraubt werden. Alle Rollenzapfen finden jederseits ihr Lager in einem hochkantig gestellten Flacheifen (8 bis 10 mm stark); die beiden Flacheifen werden durch zwei

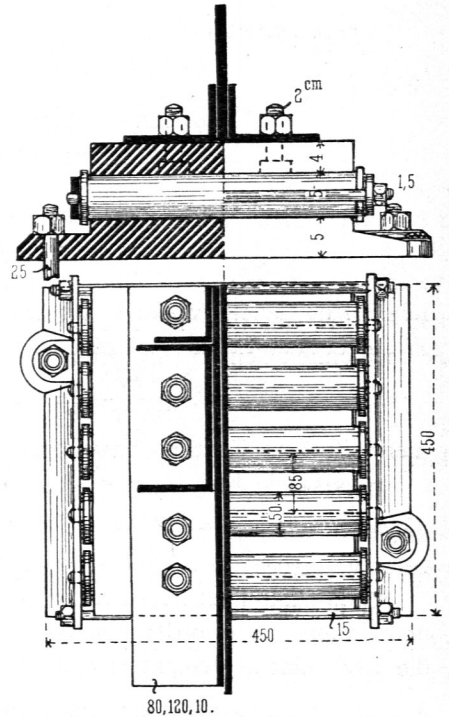
Rundeisen (Fig. 552) von 13 bis 15 mm Durchmesser oder auf andere Weise mit einander verbunden. Man hat auch wohl die beiden äußersten Rollen mit durchgehenden Rundeisen versehen, welche in dieser Weise gleichzeitig als Zapfen der betreffenden Rollen dienen (Fig. 548, S. 270).

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.

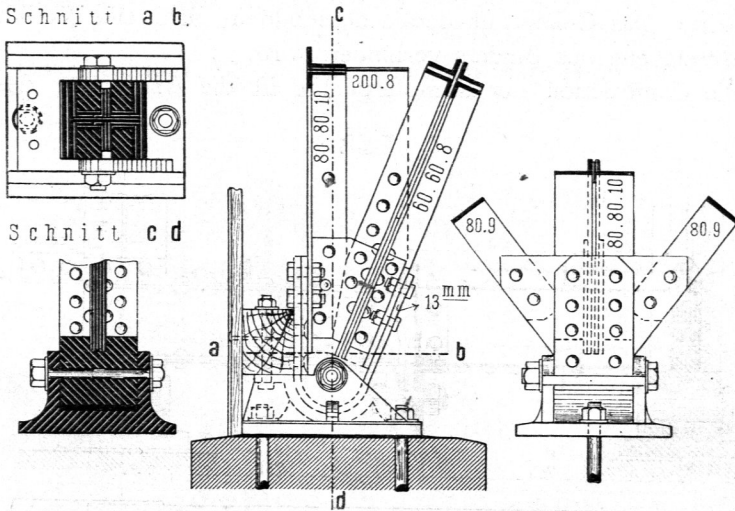
6) Kämpfer- und Scheitelpunkte der Gelenkdächer.

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

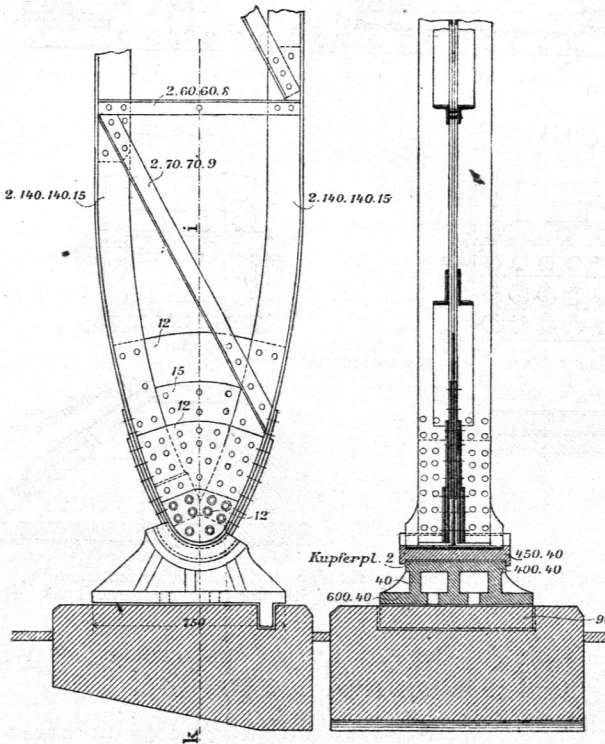
Fig. 553.



Vom Schuppen für den Bochumer Hammer²⁴⁸⁾.

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

Fig. 554.



Von der Markthalle zu Hannover²⁴⁹⁾.

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

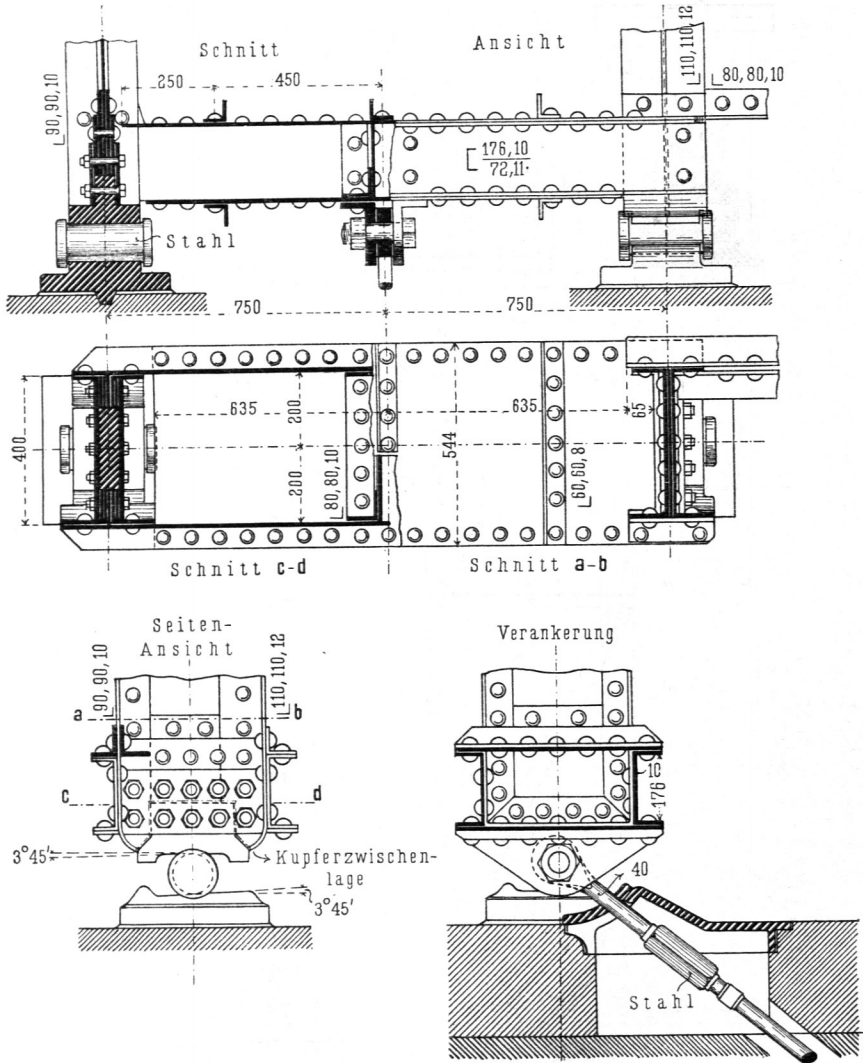
²⁴⁸⁾ Nach: Zeitchr. f. Bauw. 1869, Bl. 62.

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 Löffungen möglich, um die hier zusammentreffenden Stabkräfte zu vereinen:

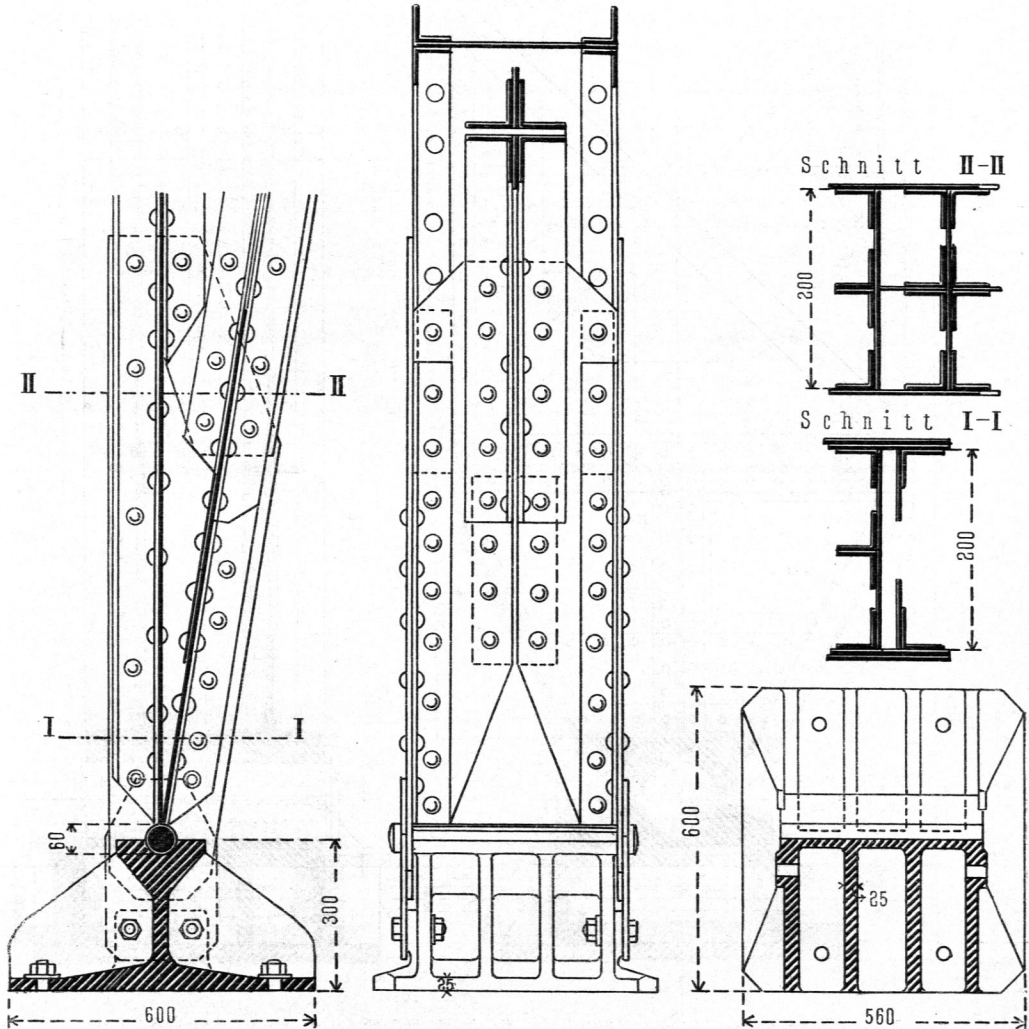
1) Man führt die Endfläbe der beiden Gurtungen geradlinig zusamen und confruiert den Endknotenpunkt, wie die anderen Knotenpunkte (Fig. 553²⁴⁸⁾).

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 Perfonenhalle auf dem Centralbahnhof zu Mainz²⁵¹⁾.

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

Bei den Anordnungen 1 und 2 verwendet man zweckmäfsig am Knotenpunkte ein kräftiges, gemeinsames Knotenblech; dieses mufs 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 folches für die Anordnung unter 2. Wenn die dritte Confructionsweise gewählt wird, fo ift

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

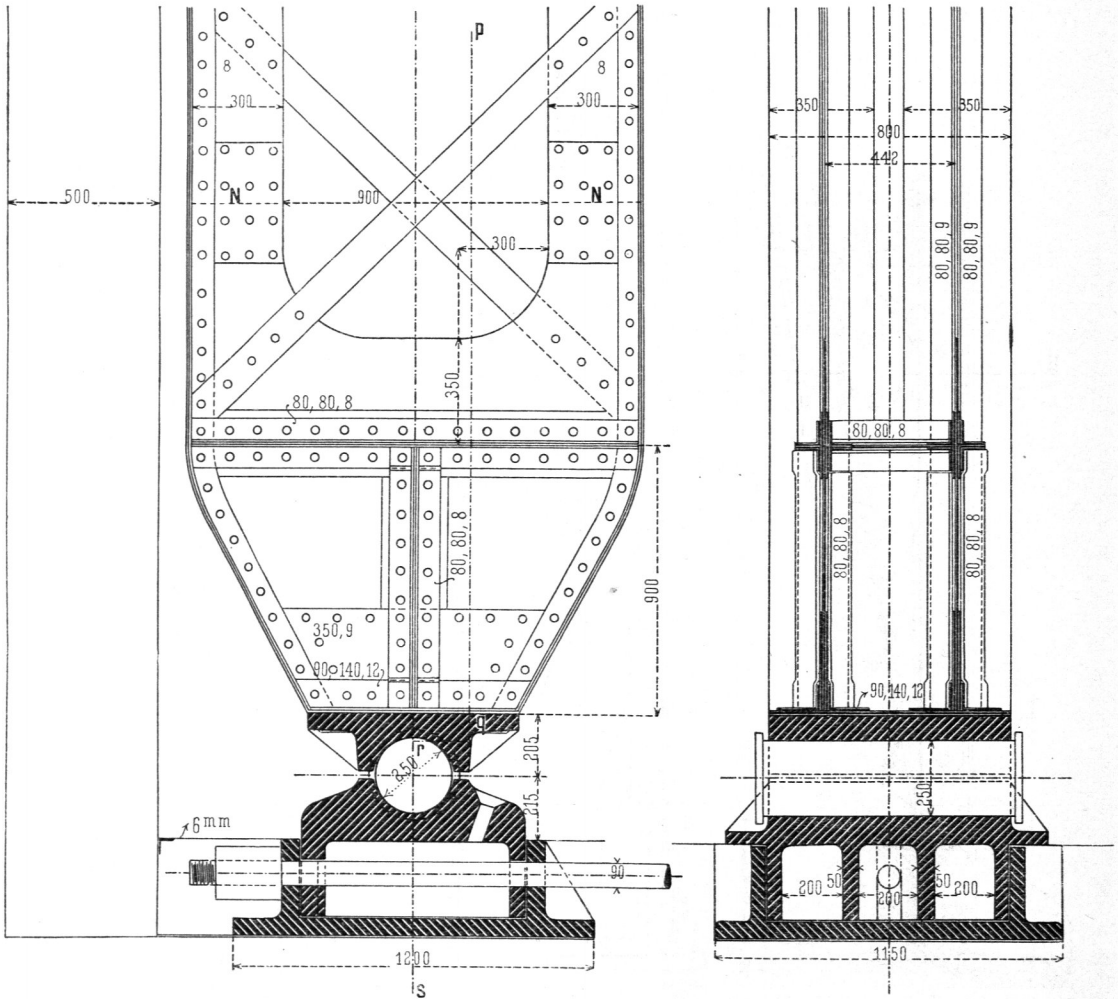
auf genügende Verfeifung der Blechwand zu achten, damit dieselbe den großen örtlichen Druck ohne Beulen aufnehmen kann. Ein Beispiel zeigt Fig. 555.

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 Künfte auf der Weltausstellung zu Paris 1889²⁵²⁾.

1/25 n. Gr.

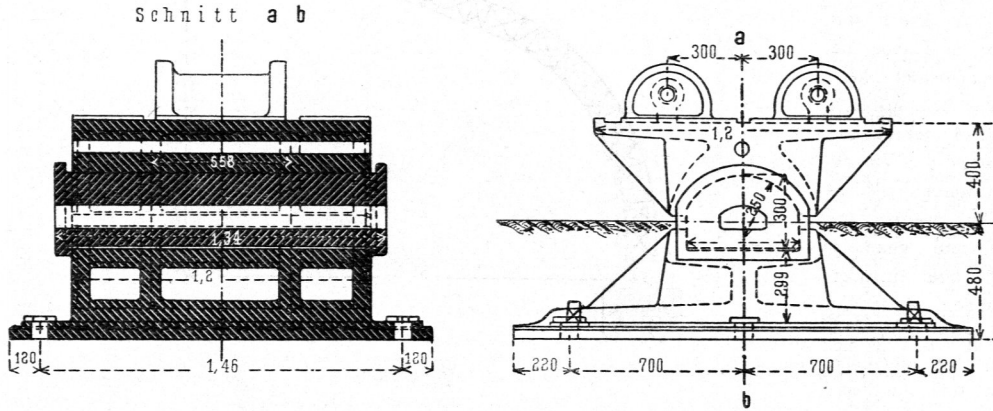
befestigt und in einer mit dem Mauerwerk verankerten Gufseisenpfanne drehbar gestützt. Diese Anordnung zeigt Fig. 553. Dies ist eine ältere, von *Schwedler* erfundene Construction bei einer der ersten Anwendungen der Gelenkdächer. Gute Verbindung der Binderstäbe mit dem Gufstück wird durch ein 13 mm 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.

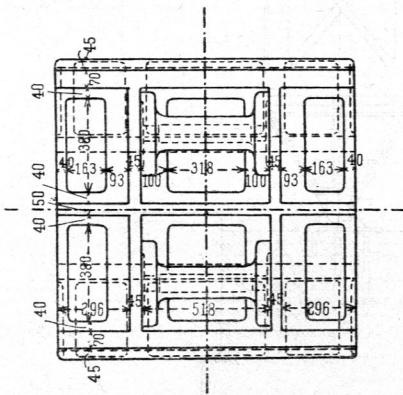
druck auf; derselbe wird vielmehr durch das abgerundete Ende des Binderfusses auf die Lagerchale übertragen.

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.

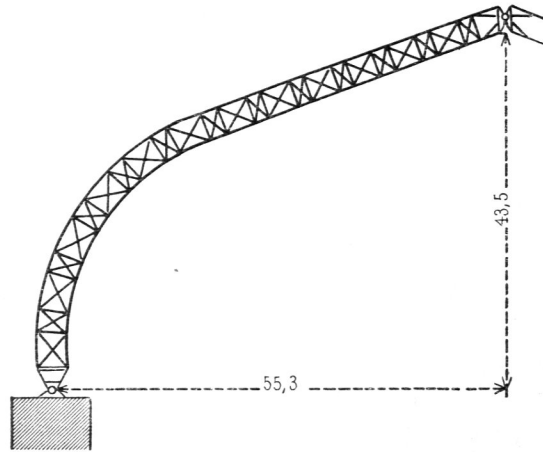
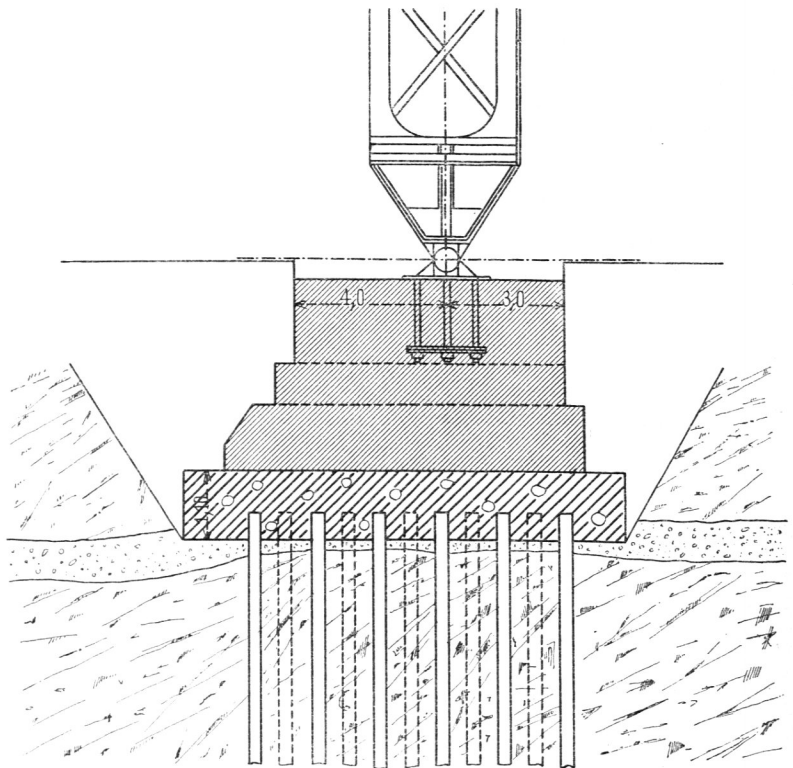
Ganz freie Auflagerung auf einem Zapfen, bei welcher Reibungsmomente vermieden sind, weist das Hallendach auf dem Bahnhof Alexanderplatz der Stadtbahn zu Berlin (Fig. 555²⁵⁰) auf. Das Binderende rollt auf dem Zapfen ab, wenn die Binder-

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

Winkeleisenschenkel ein Verstärkungsblech gelegt ist, darauf über dieses und die Winkeleisenschenkel jederseits ein zweites; am Ende sind dann 5 Bleche über einander vorhanden. Der so ausgesteifte Binderfuß ist auf ein Gufstück gesetzt und mit demselben durch beiderseits aufgelegte Blechplatten verschraubt. Zwischenlagen aus Kupfer sichern gute Druckübertragung auf das Gufstück. 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.

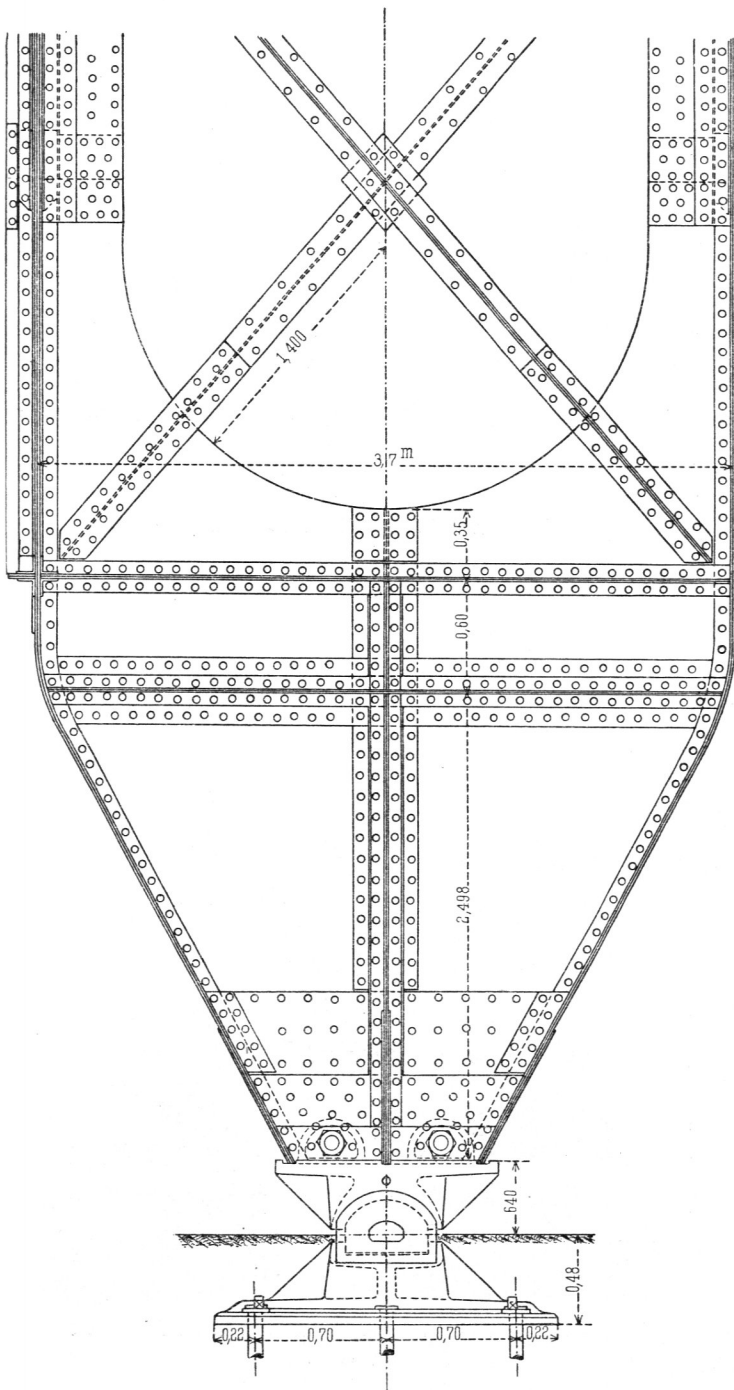
Fig. 559.

 $\frac{1}{800}$ 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 Gufstückes 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.



1/40 n. Gr.

ausstellung zu Paris 1889²⁵²⁾.

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 Gufseifen; 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):

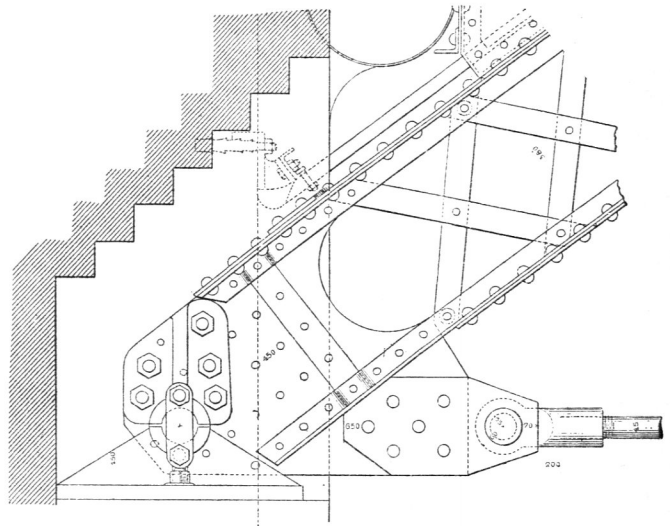
1) Einer Unterlagsplatte, 70 mm stark, 1,85 m lang, 1,7 m breit, welche durch 6 Bolzen von je 60 mm Durchmesser mit dem Fundament-Mauerwerk verankert ist.

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

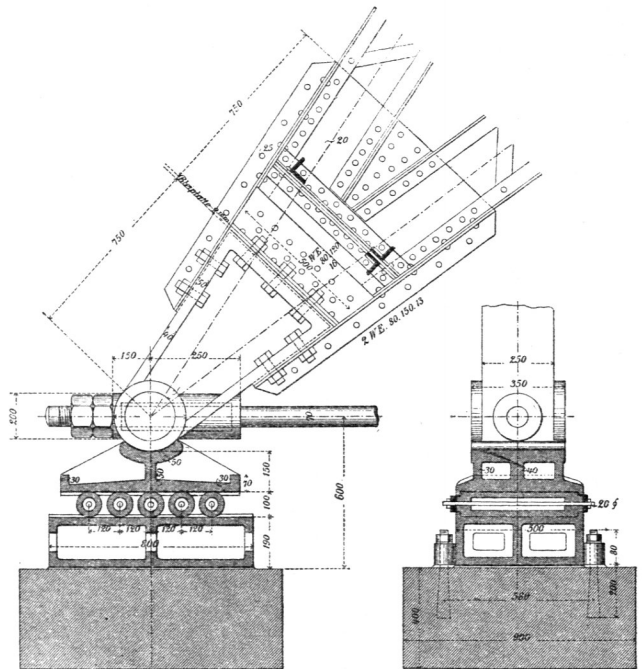
Fig. 561.



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⁾ Facs.-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.

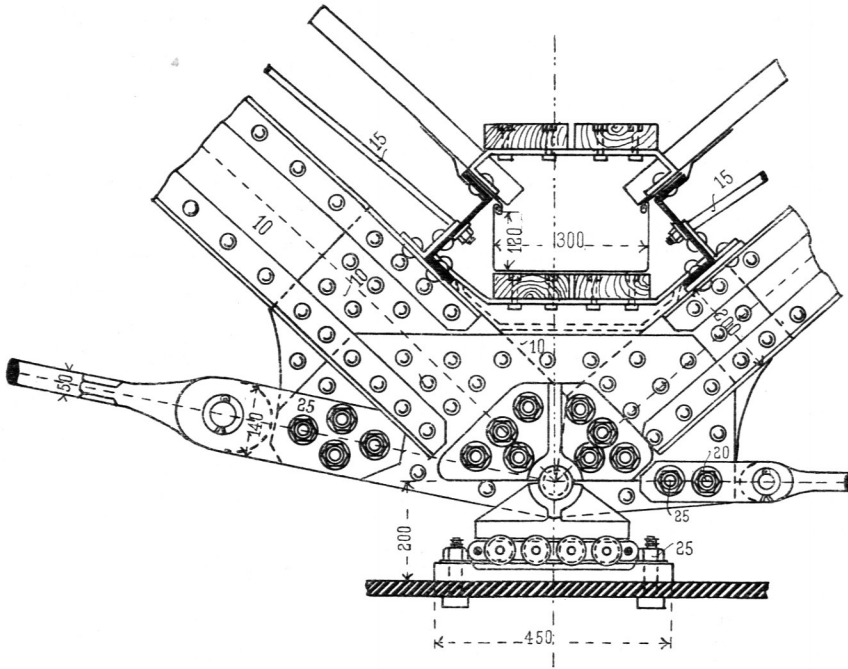
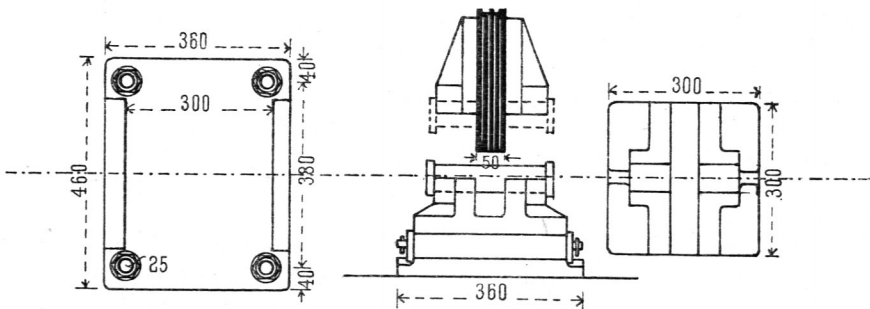


Fig. 564.



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 Gesamtblechstärke 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 Gesamtanordnung 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.

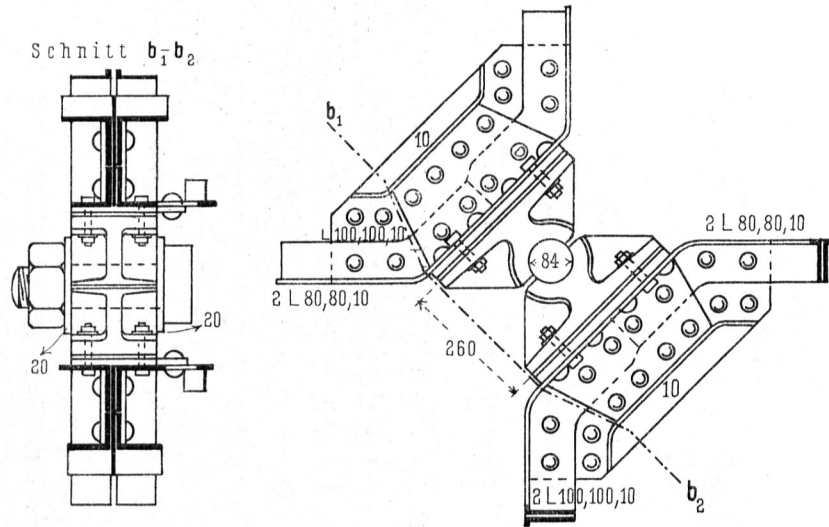
Folgende Anordnungen kommen vor:

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.

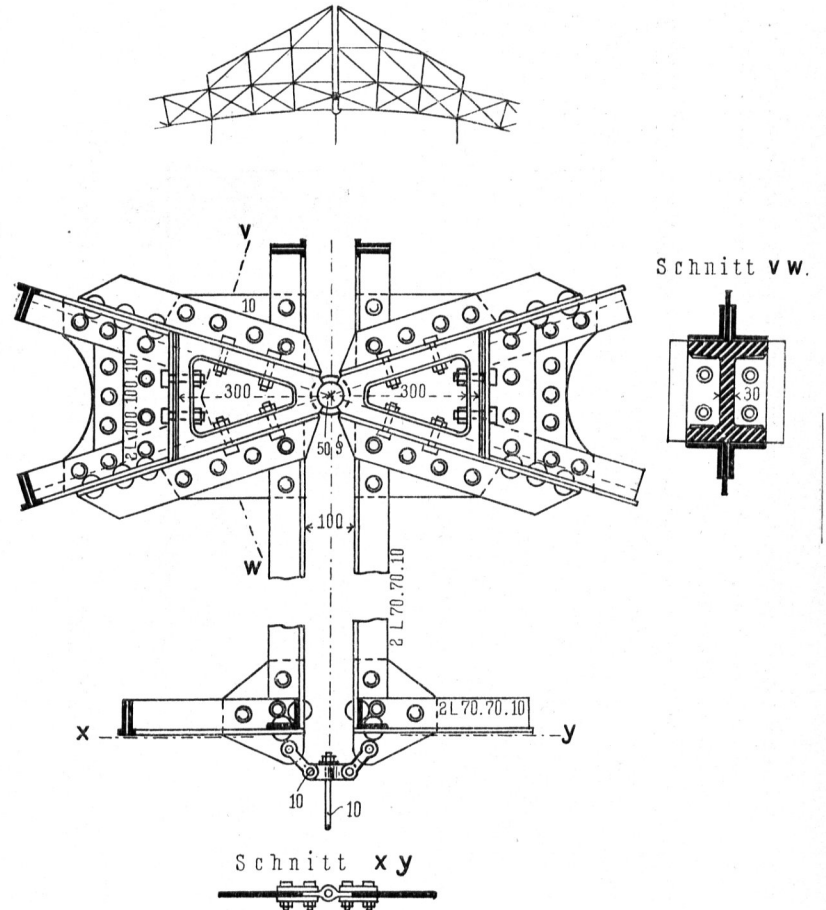
²⁵⁷⁾ Nach: Die Bauwerke der Berliner Stadteisenbahn. Berlin 1886. Bl. 20 u. S. 83.

Fig. 565.



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

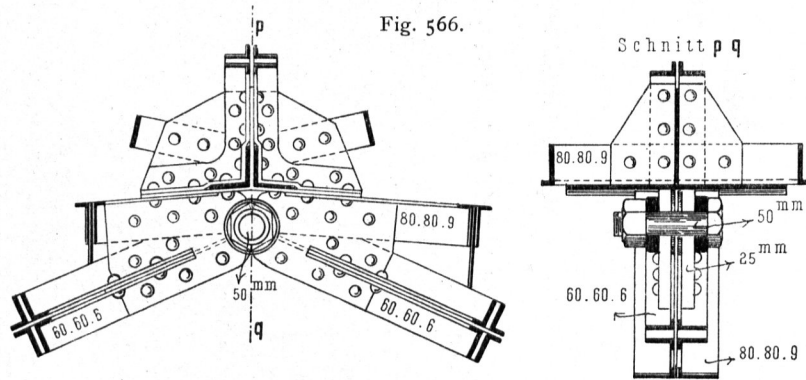
Fig. 567.



Von der Halle des Schleifischen Bahnhofes der Berliner Stadteisenbahn²⁵⁷⁾.

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

Fig. 566.

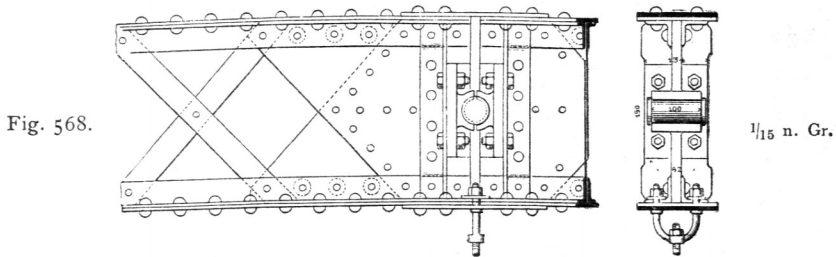


Vom Schuppen für den Hammer zu Bochum²⁴⁸⁾. — $\frac{1}{15}$ n. Gr.

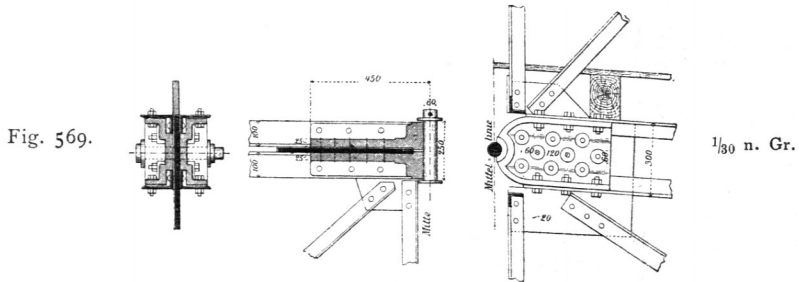
- 2) beide Bogenhälften umfassen den Scheitelbolzen ganz (Fig. 570 u. 571);
 3) für die wagrechte und für die lothrechte Seitenkraft wird je ein besonderes Constructions-glied angebracht (Fig. 573).

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

Zwischen die Gurtungs-Winkleisen ist ein Knotenblech (10 mm) eingelegt, durch aufgelegte Bleche verstärkt, und dann sind vor Kopf 2 Winkleisen (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 Winkleisen 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, Winkleisen, 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.

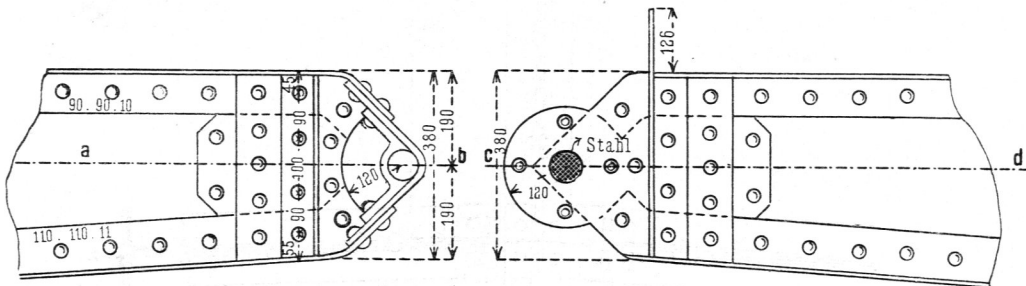
²⁵⁹⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, Bl. 9.

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.

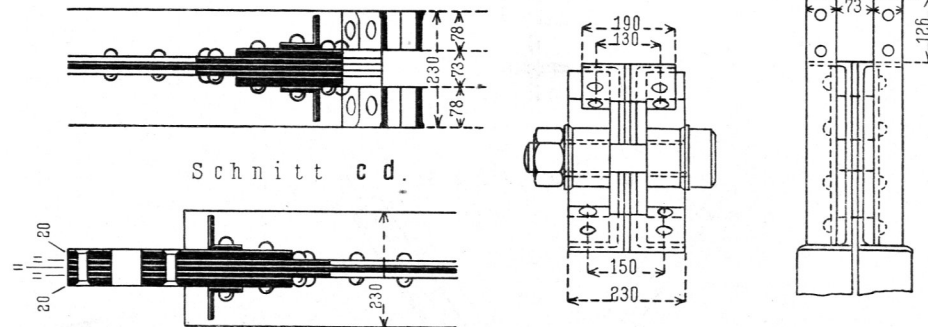
Die Construction 2 hilft diesem Uebelstande ab; die Scheitelkraft kann bei beliebiger Richtung sicher übertragen werden. Ein Beispiel zeigt Fig. 570²⁵⁷⁾.

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.

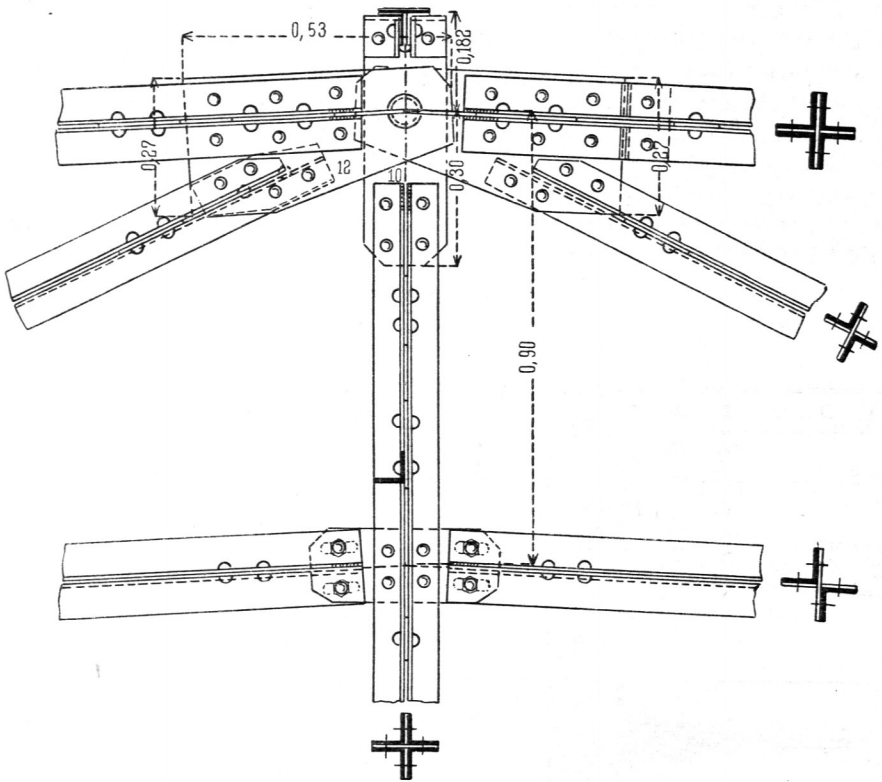
Theil paßt genau in einen Hohlraum auf der linken Hälfte, der nach gleichem Halbmesser ausgechnitten ist. Es scheint, daß auf eine Uebertragung des Scheiteldruckes am Umfange dieser Cylinderfläche gerechnet ist, außerdem wohl auch auf eine solche durch den Bolzen. Auf der linken Seite sind Bänder aus 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.

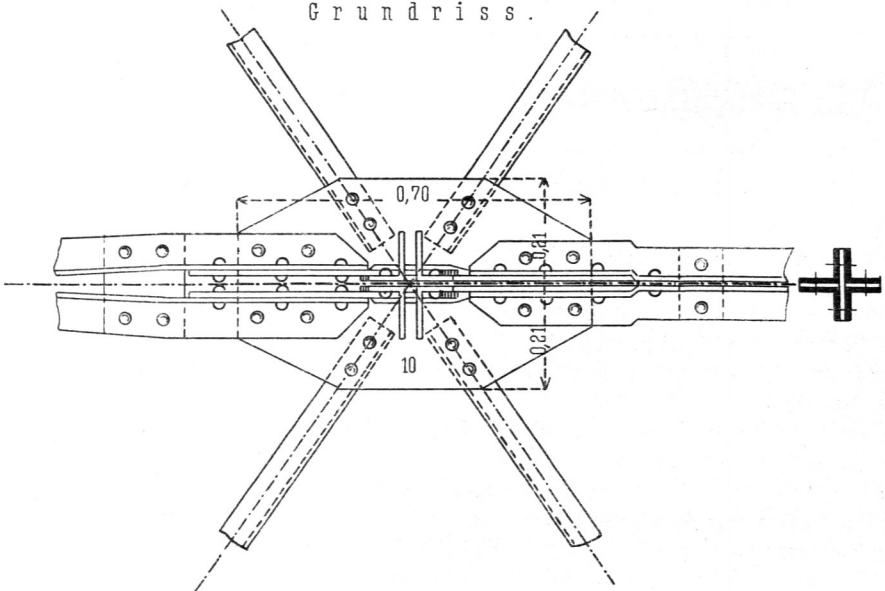
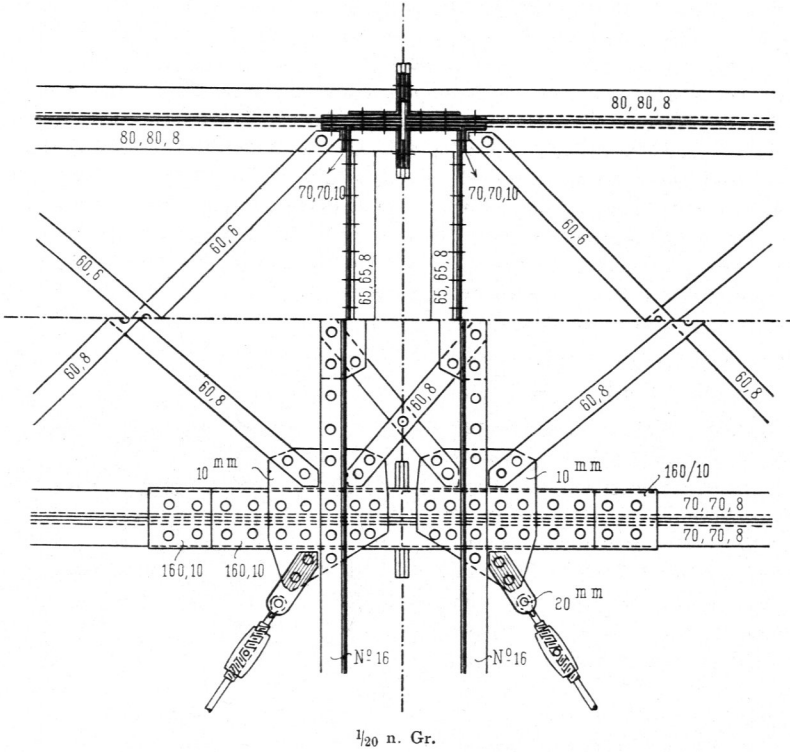
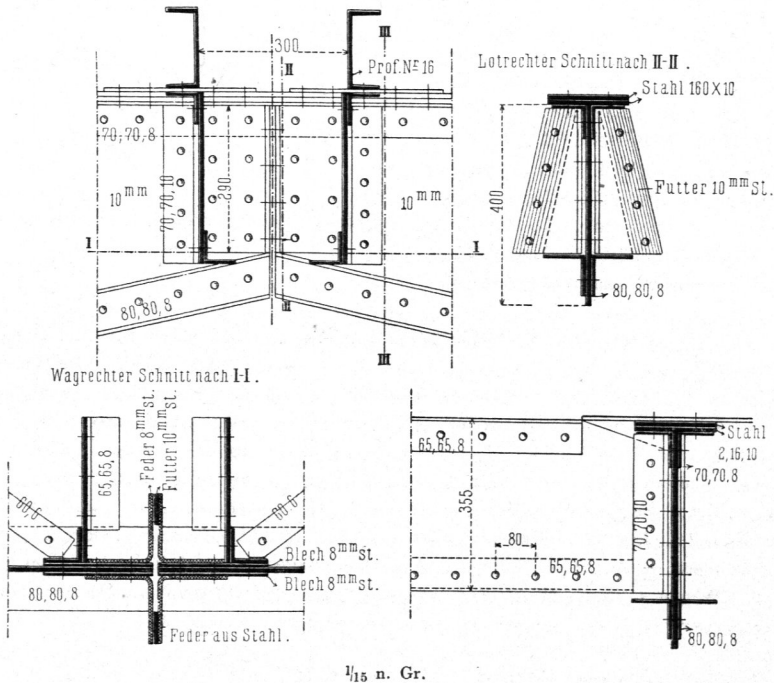
Von der Personenhalle auf dem Centralbahnhof zu Mainz ²⁵¹). $\frac{1}{15}$ n. Gr.

Fig. 572.



1/20 n. Gr.

Fig. 573.



1/15 n. Gr.

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.

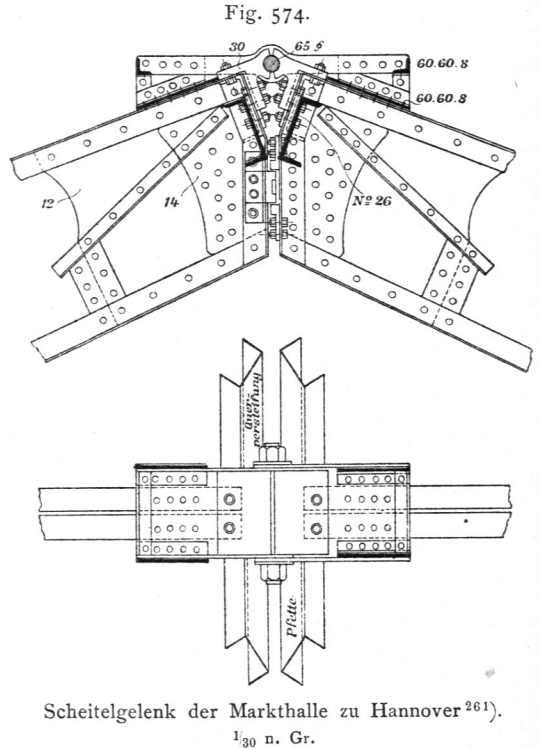
Die wagrechten und lothrechten Seitenkräfte der Scheitelkraft werden gefondert übertragen. Für die wagrechte Seitenkraft sind auf die obere Gurtung zwei biegbare Stahlplatten von je 160×10 mm genietet, welche mit 2500 kg für 1 qcm meistbeansprucht werden; damit diese die für einen Bogenträger mit drei 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 abstehenden 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 abstehenden 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.



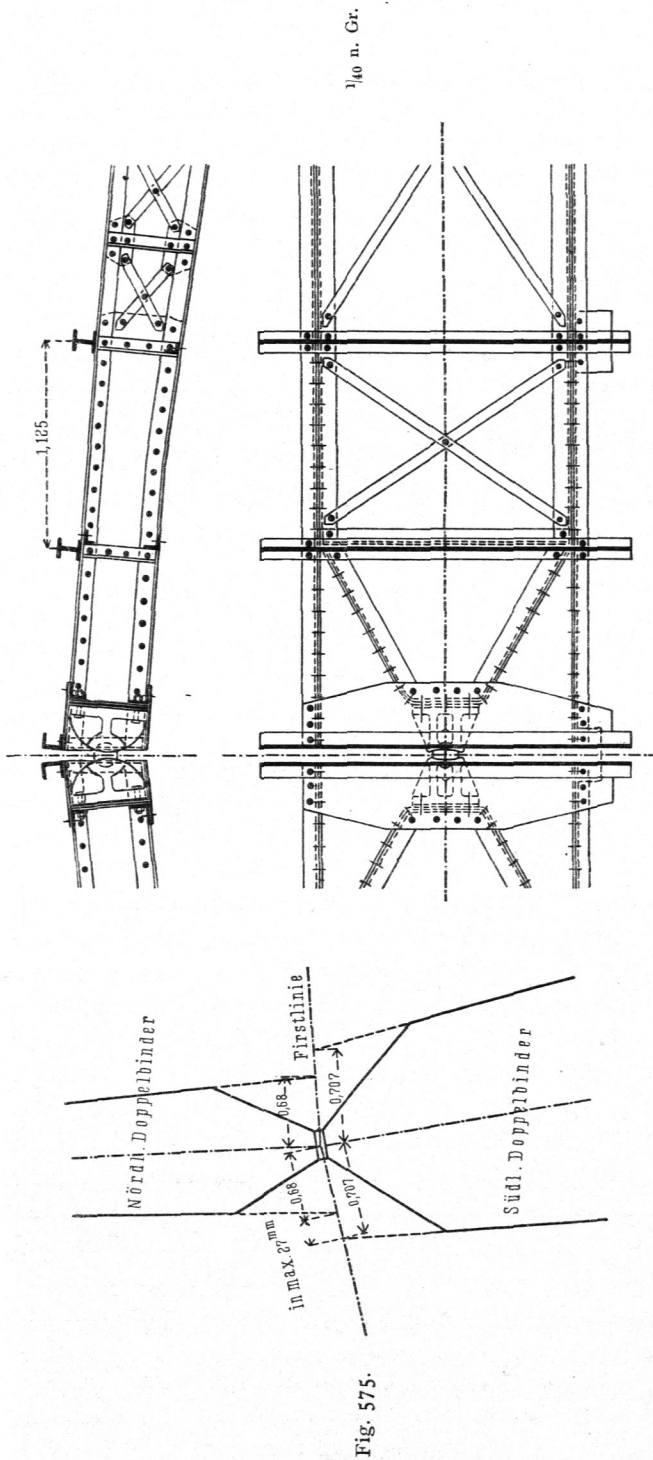
²⁶⁰⁾ Nach: Zeitchr. f. Bauw. 1891, S. 332.

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

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

d) Dachbinder aus Holz und Eifen.

215.
Ueberficht.



Scheitelgelenk des Bahnhofes Friedrictstrafse der Berliner Stadteifenbahn 262)

Als Dachbinder aus Holz und Eifen sollen folche Dachbinder bezeichnet werden, bei denen die für die Construction erforderlichen Stücke zum Theile aus Holz, zum Theile aus Eifen hergestellt sind. Diese Dachbinder wurden zuerst etwa um die Mitte unseres Jahrhunderts gebaut; sie ergaben sich aus dem Bedürfnis, weite Räume ohne mittlere Unterstützungen zu überdachen. Die vorher übliche alleinige Verwendung von Holz ergab sehr schwere Dächer; auch stieg der Preis des Holzes immer mehr, während derjenige des Eisens mit der Verbesserung der Herstellungsweise sank. Die Holz-Eisen-Dächer bilden den Uebergang vom reinen Holzdache zum reinen Eisendache. Sie haben an der Hand der vervollkommenen Theorie eine solche Ausbildung gewonnen, daß sie trotz der vorwiegenden Verwendung rein eiserner Dächer und neben denselben auch heute noch mit Nutzen ausgeführt werden und unter Umständen vor ganz eisernen Dächern den Vorzug verdienen.

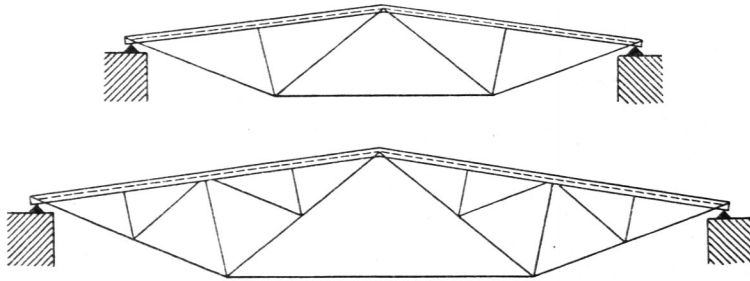
Bei diesen Dachbindern ist hauptsächlich in der Zuggurtung und in den auf Zug beanspruch-

ten Gitterstäben das Holz durch Eisen ersetzt, da das Holz für Zugstäbe wenig geeignet ist; aber auch die gedrückten Gitterstäbe werden vielfach aus Eisen, meistens aus Gußeisen, gebildet; das Holz wird hauptsächlich für die oberen Gurtungsstäbe verwendet.

216.
Gesamt-
anordnung der
Binder.

Die Herstellung der oberen Gurtung aus Holz bedingt eine möglichst einfache Form. Deshalb ist zweckmäßiger Weise und nahezu ausschließlich die Form des Daches mit zwei ebenen Dachflächen gewählt worden. Im Uebrigen gilt hier alles in Art. 80 u. 81 (S. 100 u. 101) über die Anordnung von Balken-Dachbindern Gesagte: sie müssen geometrisch und sollten auch statisch bestimmt sein. Belastungen zwischen den Knotenpunkten sind zu vermeiden; die Stabachsen sollen sich jeweils in einem Punkte schneiden. Nicht unbeachtet sollte man auch das verschiedene elastische Verhalten des Eisens und des Holzes lassen. *Marloh* macht in einer sehr beachtenswerthen Abhandlung²⁶³⁾ darauf aufmerksam, daß die aus Holz hergestellten oberen Gurtungen durch die angeflossenen Spannwerksglieder keine einseitigen Spannungszunahmen erfahren sollten. Abgesehen davon, daß die Kräfte bei der geringen Abscherfestigkeit des Holzes in der Faserrichtung in die Holzgurtung schlecht überführt werden, würden auch durch die stärkeren Längenänderungen einzelner Theile der

Fig. 576.



Holzgurtung verschiedene Eisenstäbe entlastet, andere zu stark beansprucht. Deshalb sollte das eiserne Spannwerk nur an den Enden der oberen Gurtungsstäbe (am Kopf und am First) eine in ihre Richtung fallende Seitenkraft haben, sonst aber nur senkrecht zu ihrer Richtung wirken. Diesen Bedingungen entspreche der sog. englische Dachstuhl nicht, wohl aber der *Polonceau-* oder *Wiegmann-Dachstuhl*, sowohl der einfache, wie der doppelte, für welche *Marloh* die Formen in Fig. 576 vorschlägt. Außer diesen letzteren schlägt *Marloh* einen Dreiecksbinder vor, der ähnlich, wie der *Polonceau-Binder*, aus zwei verstärkten Trägern zusammengesetzt ist; die obere Gurtung jedes dieser Einzelträger ist geradlinig und aus Holz, die untere Gurtung parabolisch und aus Eisen; einfache Pfosten übertragen den Druck aus den oberen Knotenpunkten in die untere Gurtung (Fig. 577 u. 578). Für Einzellasten und schwere (Laternen-) Aufbauten ist diese Binderform nicht geeignet; bei ungleichmäßiger Belastung ist man wegen der fehlenden Schrägstäbe auf die Steifigkeit der oberen Gurtung angewiesen.

Marloh stellt an der angegebenen Stelle Untersuchungen an, unter welchen Bedingungen die rein eisernen Dächer, bezw. die Holz-Eisen-Dächer mit Rücksicht auf die Kosten vorzuziehen seien. Die Ergebnisse sind die folgenden:

²⁶³⁾ Siehe: Zeitchr. f. Bauw. 1892, S. 565.

1) Bei flachen Dächern und kleinen Weiten (bei einer Dachneigung $\text{tg } \alpha = \frac{1}{5}$ bis zu Weiten von etwa 15 m) sind rein eiserne Dächer vorteilhafter, als Holz-Eisen-Dächer, und zwar sowohl der einfache eiserne deutsche Dachstuhl, als der eiserne englische Dachstuhl und der eiserne *Polonceau*-Dachstuhl.

2) Bei größeren Weiten ist der einfache *Polonceau*- (oder *Wiegmann*-) Dachbinder mit Holzgurtung und eisernem Spannwerk der billigste Binder, an dessen Stelle jedoch der doppelte *Polonceau*-Dachstuhl treten muß, wenn für eine größere Zahl von Pfetten Stützpunkte zu schaffen sind.

3) Bei steilen Dächern mit $\text{tg } \alpha > 1$ ist der Dreiecksbinder mit oberer Holzgurtung und eisernem parabolischem Spannwerk (Fig. 577 u. 578) am vorteil-

Fig. 577.

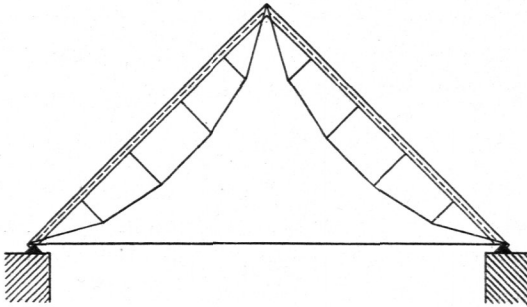
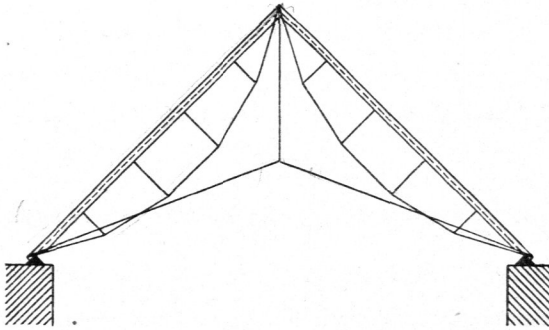


Fig. 578.



haftesten, wenn keine schweren Aufbauten auf das Dach zu setzen oder sonstige Einzellasten am Dache aufzuhängen sind; anderenfalls ist der einfache oder doppelte *Polonceau*-Dachstuhl mit Holzgurtung zu wählen.

4) *Polonceau*-Dachbinder sind stets mit möglichst großem Gurtungswinkel herzustellen, da mit kleiner werdendem Winkel die Gesamtkosten des Binders erheblich steigen. Bei den Dreieckbindern mit parabolischem Spannwerk ändern sich die Kosten mit der Änderung des Pfeilverhältnisses der Parabel, so lange dasselbe zwischen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{10}$ bleibt, nicht erheblich.

Gegenüber den früher besprochenen, rein eisernen Dächern treten Besonderheiten hier nur an denjenigen Stellen auf, an denen Holz verwendet ist und an

denen Holztheile und Eifentheile mit einander zu verbinden sind, also nur an der gedrückten Gurtung, an den gedrückten Gitterstäben und an den betreffenden Knotenpunkten.

1) Obere oder Strebengurtung.

Wenn die Pfetten nur in den Knotenpunkten der oberen Gurtung angeordnet sind, was stets empfehlenswerth ist, so werden die Stäbe der letzteren nur auf Druck in der Richtung ihrer Axe beansprucht.

Die Querschnittsform ist rechteckig, zweckmässig quadratisch; je nach Bedarf ordnet man einen oder zwei neben einander liegende, gehörig in Verbindung gebrachte Balken an (Fig. 584). Die QuerschnittsgröÙe ist derart zu bestimmen, dass der Stab genügende Sicherheit sowohl gegen einfachen Druck, wie gegen Zerknicken bietet. Nennt man die gröÙste, ungünstigstenfalls im Stabe auftretende Kraft P (in Tonnen), die Querschnittsfläche F , die Stablänge, welche für Zerknicken in Frage kommt, λ , und die zulässige Druckbeanspruchung für das Quadr.-Centim. K , so muss nach Theil I, Bd. I, zweite Hälfte (Art. 341, S. 304²⁶⁴) dieses »Handbuches« der Querschnitt so bestimmt werden, dass stattfindet:

$$F \geq \frac{P}{K} \quad \text{und} \quad \mathcal{F}_{min} \geq 83 P \lambda_m^2 \quad 33.$$

Mit Rücksicht auf Zerknicken ist die quadratische Querschnittsform am günstigsten, wenn Ausbiegen nach allen Richtungen möglich ist. Man bestimmt nun am besten zunächst die QuerschnittsgröÙe F nach der ersten Gleichung, wählt die Abmessungen des Querschnittes b und h nach praktischen Rücksichten und untersucht, ob der gewählte Querschnitt ein genügend großes Trägheitsmoment \mathcal{F}_{min} hat, so dass die zweite Gleichung erfüllt ist. Wenn dies nicht der Fall ist, so verstärkt man den Querschnitt entsprechend.

Beispiel. Es sei $P = 18000$ kg, $K = 80$ kg für 1 qcm und $\lambda = 2,2$ m; alsdann muss

$$F \geq \frac{18000}{80}, \quad F \geq 225 \text{ qcm} \quad \text{und} \quad \mathcal{F}_{min} \geq 83 \cdot 18 \cdot 2,2^2, \quad \mathcal{F}_{min} \geq 7231$$

sein. Würde man einen quadratischen Querschnitt wählen, also $b = h$, so müsste nach der ersten Beziehung wenigstens

$$b^2 = 225 \text{ cm}^2 \quad \text{und} \quad b = 15 \text{ cm}$$

sein; alsdann wäre $\mathcal{F}_{min} = \frac{b^4}{12} = 4219$; dies genügt nach der zweiten Bedingung nicht; nach dieser

muss $\mathcal{F}_{min} = \frac{b^4}{12} = 7231$ sein, woraus $b = 17,2$ cm folgt. Der Querschnitt müsste also wenigstens ein Quadrat von $\infty 18$ cm Seitenlänge sein; alsdann wäre $F = b^2 = 324$ qcm.

Wollte man einen rechteckigen Querschnitt mit $b = 16$ cm wählen, so wäre die Bedingungsgleichung, weil $\mathcal{F}_{min} = \frac{h b^3}{12}$ ist,

$$\frac{h b^3}{12} = 7231,$$

woraus mit $b = 16$ cm

$$h = \frac{12 \cdot 7231}{16^3} = 21,2 \text{ cm} = \infty 22 \text{ cm}$$

folgt; alsdann würde

$$b h = 16 \cdot 22 = 352 \text{ qcm}.$$

Wie aus diesem Beispiel ersichtlich ist, ist die Rücksicht auf Zerknicken für die Querschnittsbestimmung von großer Wichtigkeit. Schwierig ist die Entscheidung

²⁶⁴) 2. Aufl.: Art. 137, S. 116.

^{218.}
Pfetten nur in
den Knoten-
punkten.

der Frage, welche Länge λ als Berechnungslänge eingeführt werden soll. Die Formel

$$\mathcal{F}_{min} = 83 P \lambda^2,$$

worin P in Tonnen und λ in Met. einzuführen ist, setzt für die Länge λ frei drehbare Enden in den Knotenpunkten voraus, eine Voraussetzung, welche hier nicht erfüllt ist. Eher scheint die im eben genannten Heft (Art. 336, S. 299²⁶⁵) dieses »Handbuches« ebenfalls behandelte beiderseitige Einspannung des Stabes zu stimmen; die Voraussetzung dieser Einspannung würde dazu führen, daß man dem Stabe eine 4-mal so große Kraft P zumuthen dürfte, als nach obiger Formel; der Querschnitt brauchte dann nur ein \mathcal{F}_{min} zu haben, das ein Viertel des früheren beträgt. Diese Annahme aber ist zu günstig, insbesondere mit Rücksicht darauf, daß die Knotenpunkte nicht als feste Punkte angesehen werden können; die Pfetten verhindern ein Ausbiegen aus der Ebene des Binders nicht unter allen Umständen. Es empfiehlt sich deshalb, die oben angeführte Formel 33 anzuwenden. Diese Berechnungsweise kann auch gewählt werden, wenn es sich um Holz-Diagonalen handelt, deren Enden in gußeisernen Schuhen sitzen.

Wenn Pfetten, also Lastpunkte, auch zwischen den Knotenpunkten der oberen Gurtung angeordnet sind, so muß der betreffende obere Gurtungsstab zugleich als Balken wirken, um die Lasten dieser Zwischenpfetten auf die Knotenpunkte zu übertragen; er erleidet durch diese Lasten Biegungsbeanspruchungen, welche zu denjenigen hinzukommen, die er als Fachwerkstab erleidet. Die größte, ungünstigstenfalls im Querschnitt stattfindende Spannung darf die zulässige Beanspruchung nicht überschreiten. Nennt man das größte durch die Lasten der Zwischenpfetten erzeugte Moment M und die größte Axialkraft P , so ist

$$N_{min} = -\frac{P}{F} - \frac{6M}{bh^2} \text{ (größter Druck im Querschnitt),}$$

$$N_{max} = -\frac{P}{F} + \frac{6M}{bh^2} \text{ (größter Zug im Querschnitt).}$$

Da der Gurtungsstab durchweg gleichen Querschnitt erhält, so ist derjenige Querschnitt zu Grunde zu legen, für welchen M seinen Größtwerth hat. Man kann bei dieser Rechnung von der Continuität über dem Fachwerkknoten absehen und die einzelnen Stäbe als frei aufliegende Balken ansehen. Wenn K die zulässige Druckbeanspruchung ist, so lautet nunmehr die Bedingungsgleichung für den Querschnitt:

$$K = \frac{P}{F} + \frac{6M}{hF}.$$

Man nehme zunächst $F (= bh)$ an, ermittle aus der eben vorgeführten Gleichung h und prüfe, ob die für b und h sich ergebenden Werthe angemessene sind; anderenfalls verbessere man durch Annahme eines neuen Werthes für F .

Beispiel. In einem Stabe der oberen Gurtung eines Dachbinders herrscht in Folge seiner Zugehörigkeit zum Fachwerk ein größter Druck $P' = 14500$ kg. In der Mitte seiner Länge, die (in der Dachschräge gemessen) 4,5 m beträgt, befindet sich eine Pfette, auf welche ungünstigstenfalls ein Winddruck $W = 700$ kg, so wie eine lothrechte Last von Schnee und Eigengewicht $G_1 + S = 1000$ kg wirken; die Abmessungen des oberen Gurtungsstabes sind zu bestimmen. Es ist $\cos \alpha = 0,895$ und $\sin \alpha = 0,447$.

Die Kraft $G_1 + S$ zerlegt sich zunächst in eine Seitenkraft senkrecht zur Dachschräge gleich $(G_1 + S) \cos \alpha = 895$ kg und eine in die Axe fallende gleich $(G_1 + S) \sin \alpha = 447$ kg. Auf den Balken

219.
Pfetten
auch zwischen
den Knoten-
punkten.

wirkt also fenkrecht zu feiner Axe und in feiner Mitte ungünstigftenfalls die Kraft $700 + 895 = 1595$ kg, wofür abgerundet 1600 kg gefetzt wird. Das größte hierdurch erzeugte Moment ift $M = 800.225 = 180000$ Kilogr.-Centim.

Die größte Axialkraft beträgt $14500 + 447 = 14947$ kg, wofür abgerundet $P = 15000$ kg gefetzt wird. Nun fei die zuläßige Beanspruchung $K = 100$ kg für 1 qcm; alsdann lautet die Bedingungsgleichung für den Querschnitt:

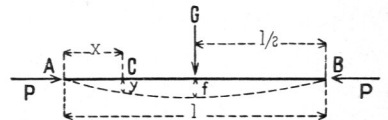
$$100 = \frac{15000}{F} + \frac{180000 \cdot 6}{Fh}.$$

Nimmt man verfuchsweife $F = 300$ qcm an, fo ergiebt fich $h = 72$ cm, ein unbrauchbarer Werth. Wählt man $F = 400$ qcm, fo wird $h = 43$ cm, ebenfalls nicht brauchbar. Wählt man $F = 500$ qcm, fo wird $h = 31$ cm, und da $bh = 500$ fein foll, $b = \frac{500}{31} = \infty 17$ cm. Sonach würde ein Querschnitt von 17×31 cm genügen.

220.
Genauere
Berechnung.

Die vorftehende Berechnung ift eine Annäherungsrechnung, welche allerdings in den meiften Fällen genügen dürfte. Immerhin ift zu beachten, dafs durch die normale Laft G eine elastifche Durchbiegung auftritt, welche das Moment M vergrößert und wegen der Axialkraft P auch auf die Sicherheit gegen Zerknicken nicht ohne Einfluß ift. Die genauere Unterfuchung foll für den Fall geführt werden, dafs der Balken in der Mitte mit einer Laft G belaftet ift und außerdem die Axialkraft P zu ertragen hat; dabei follten die Abmessungen des Balkens ermittelt werden. Der bequemeren Behandlung wegen ift in Fig. 579 die Balkenaxe wagrecht gezeichnet.

Fig. 579.



Der Anfangspunkt der Coordinaten liege in A und die Durchbiegung im Punkte C mit der Abfciffe x fei y ; alsdann ift in C

$$M_x = -\frac{G}{2}x - Py = -P\left(y + \frac{G}{2P}x\right).$$

Die Gleichung der elastifchen Linie²⁶⁶⁾ lautet:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{P}{E\mathcal{I}}\left(y + \frac{G}{2P}x\right),$$

und, wenn abkürzungsweife $\frac{P}{E\mathcal{I}} = a^2$ gefetzt wird,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -a^2\left(y + \frac{G}{2P}x\right).$$

Setzt man $\frac{G}{2P} = \beta$, fo ift

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -a^2(y + \beta x).$$

Es fei $\frac{d^2y}{dx^2} = z$; alsdann lautet die letzte Gleichung:

$$z = -a^2(y + \beta x), \quad \text{also} \quad \frac{dz}{dx} = -a^2\left(\frac{dy}{dx} + \beta\right)$$

und

$$\frac{d^2z}{dx^2} = -a^2\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = -a^2z,$$

²⁶⁶⁾ Diese Gleichung gilt zunächst nur bis zur Balkenmitte. Da aber die Curve symmetrisch zur Mitte verläuft, fo genügt die Unterfuchung bis zur Mitte.

woraus folgt:

$$z = A \sin ax + B \cos ax, \\ - a^2 (y + \beta x) = A \sin ax + B \cos ax,$$

und

$$- a^2 \left(\frac{dy}{dx} + \beta \right) = A a \cos ax - B a \sin ax.$$

Für $x = 0$ ist $y = 0$, also $B = 0$; für $x = \frac{l}{2}$ ist $\frac{dy}{dx} = 0$; mithin

$$- a^2 \beta = A a \cos \left(\frac{al}{2} \right), \quad \text{woraus} \quad A = - \frac{a \beta}{\cos \left(\frac{al}{2} \right)} \text{ folgt.}$$

Die Gleichung der elastischen Linie heißt hiernach

$$+ a^2 (y + \beta x) = + \frac{a \beta}{\cos \left(\frac{al}{2} \right)} \sin ax.$$

Für $x = \frac{l}{2}$ ist $y = f$, d. h.

$$+ a^2 \left(f + \beta \frac{l}{2} \right) = + a \beta \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right) \quad \text{oder} \quad a \left(f + \beta \frac{l}{2} \right) = \beta \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right);$$

fomit

$$f = \beta \left(\frac{1}{a} \operatorname{tg} \frac{al}{2} - \frac{l}{2} \right) \quad \dots \dots \dots 34$$

Das größte Moment findet in der Balkenmitte statt und hat (ohne Rückficht auf das Vorzeichen) den Werth

$$M_{\text{mitte}} = P f + \frac{G}{2} \frac{l}{2} = P \left(f + \frac{G}{2P} \frac{l}{2} \right) = P \left(f + \beta \frac{l}{2} \right).$$

Mit dem oben gefundenen Werthe für f erhält man

$$M_{\text{mitte}} = P \beta \left(\frac{1}{a} \operatorname{tg} \frac{al}{2} - \frac{l}{2} + \frac{l}{2} \right) = \frac{P \beta}{a} \operatorname{tg} \frac{al}{2} = \frac{P}{2a} \frac{G}{P} \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right),$$

$$M_{\text{mitte}} = \frac{G}{2a} \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right) \quad \dots \dots \dots 35.$$

Die größte im meist gefährdeten Querschnitt stattfindende Beanspruchung ist demnach

$$N_{\text{max}} = \frac{P}{F} + \frac{6M}{bh^2} = \frac{P}{F} + \frac{6G}{2abh^2} \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right).$$

Die Bedingungsgleichung für den Querschnitt ist fomit

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{P}{bh} + \frac{6}{bh^2} \frac{G}{2a} \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right) \\ K &= \frac{P}{F} + \frac{6}{Fh} \frac{G}{2a} \operatorname{tg} \left(\frac{al}{2} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 36.$$

Man wird zweckmäßig zuerst M_{mitte} bestimmen und dann $F = bh$ annehmen, aus der Gleichung 36 die Querschnittsabmessung h (wie oben) ermitteln und sehen, ob die Werthe für b und h angemessen sind; anderenfalls verbessere man durch Annahme eines neuen Werthes für F .

Beispiel. Es sei $P = 15000 \text{ kg}$, $G = 1600 \text{ kg}$ und $l = 450 \text{ cm}$, demnach mit den vorstehend gebrauchten Bezeichnungen $a^2 = \frac{P}{E \mathcal{F}} = \frac{15000}{120000 \mathcal{F}} = \frac{1}{8 \mathcal{F}}$.

Um a bestimmen zu können, muß \mathcal{F} , also auch der Querschnitt, vorläufig angenommen werden. Mit $b = 24$ cm und $h = 30$ cm ist

$$\mathcal{F} = \frac{b h^3}{12} = 54000, \quad a^2 = \frac{1}{432000}, \quad a = \frac{1}{658}, \quad a l = \frac{450}{658} = 0,6839 \quad \text{und} \quad \frac{a l}{2} = 0,34195.$$

Der zugehörige Winkel α beträgt $19^{\circ}37'$, also $\operatorname{tg} \frac{a l}{2} = 0,356$ und

$$M_{\text{mitte}} = \frac{G}{2a} \operatorname{tg} \left(\frac{a l}{2} \right) = \frac{1600}{2} \cdot 658 \cdot 0,356 = 187\,200 \text{ kgcm.}$$

Ferner ist $\beta = \frac{G}{2P} = \frac{800}{15000} = 0,053$ und

$$f = \beta \left(\frac{1}{a} \operatorname{tg} \frac{a l}{2} - \frac{l}{2} \right) = 0,053 (658 \cdot 0,356 - 225) = 0,477 \text{ cm} = \approx 0,5 \text{ cm} = 5 \text{ mm.}$$

Nummehr lautet die Bedingungsgleichung für die Querschnittsbildung

$$K = \frac{15000}{F} + \frac{6}{F h} \left[\frac{G}{2a} \operatorname{tg} \left(\frac{a l}{2} \right) \right] = \frac{15000}{F} + \frac{6}{F h} 187\,200.$$

Mit $h = 30$ cm und $K = 100$ kg wird

$$F = \frac{15000}{100} + \frac{6}{100 \cdot 30} 187\,200 = 150 + 374 = 524 \text{ qcm}$$

und

$$b = \frac{F}{h} = \frac{524}{30} = 17,5 = \approx 18 \text{ cm.}$$

Der Querschnitt 18×30 cm kann nicht sofort gewählt werden, weil er unter der Annahme eines Querschnittes von 24×30 cm zur Ermittlung von a gefunden ist; man sieht aber, daß der zuerst angenommene Querschnitt verringert werden kann. Nimmt man ein zweites Mal $b = 20$ cm und $h = 30$ cm an, so wird

$$\mathcal{F} = 45000, \quad a^2 = \frac{1}{360000}, \quad a = \frac{1}{600}, \quad a l = 0,75 \quad \text{und} \quad \frac{a l}{2} = 0,375,$$

$$\alpha = 21^{\circ}30' \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \frac{a l}{2} = 0,394; \quad \text{sonach}$$

$$M_{\text{mitte}} = \frac{1600 \cdot 600}{2} 0,394 = 189\,120 \text{ kgcm,} \quad \beta = 0,053 \quad \text{und} \quad f = 0,053 (600 \cdot 0,394 - 225) = 0,6 \text{ cm} = 6 \text{ mm;}$$

$$F = \frac{15000}{100} + \frac{6}{100 \cdot 30} 189\,120 = 150 + 378 = 528 \text{ qcm} \quad \text{und} \quad b = \frac{528}{30} = \approx 18 \text{ cm.}$$

Der Querschnitt 20×30 cm genügt also jedenfalls.

2) Auf Druck beanspruchte Gitterstäbe; Knotenpunkte.

221.
Druckstäbe.

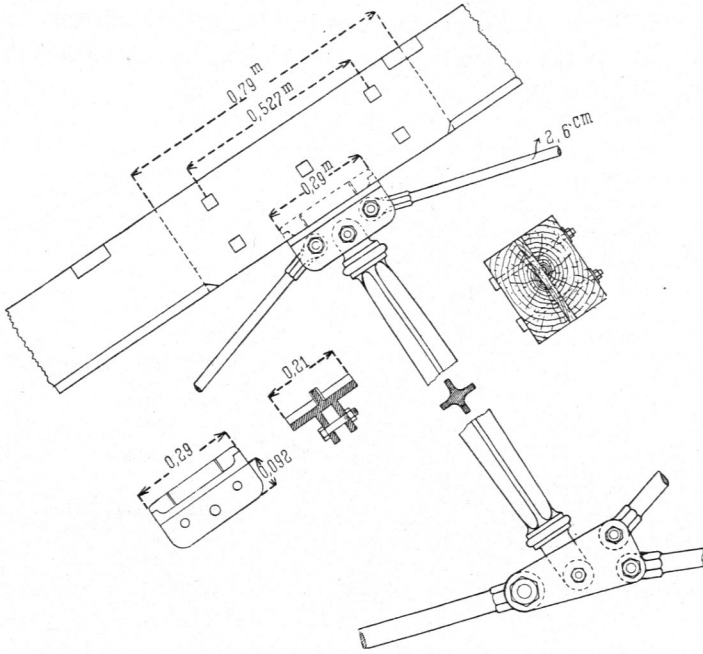
Die auf Druck beanspruchten Gitterstäbe werden aus Holz, Gufseifen oder Schweifseifen hergestellt. Holz erhält rechteckigen (bezw. quadratischen) Querschnitt und Gufseifen kreis- oder kreuzförmigen Querschnitt (Fig. 580); auch setzt man wohl an den Kreisquerschnitt Kreuzarme. Bei den aus Gufseifen hergestellten Stäben kann man den Querschnitt auch leicht nach der Stabmitte hin vergrößern, wodurch man größere Sicherheit gegen Zerknicken erhält. Von den schweifseiferen Gitterstäben gilt das in Art. 173 bis 175 (S. 237) Gefagte. Bei der Berechnung des Querschnittes ist Rücksicht auf Zerknicken zu nehmen; die Stäben können dabei als drehbar angenommen werden. Wenn der Querschnitt zwei rechtwinkelig zu einander stehende Symmetrieachsen mit gleich großen Trägheitsmomenten hat, so sind alle Trägheitsmomente gleich groß und die Querschnittsform am günstigsten.

222.
Knotenpunkte.

Die allgemeine, in Art. 179 (S. 242) angegebene Regel für die Bildung der Knotenpunkte ist auch hier zu beachten, d. h. die Axen der an einem Knotenpunkte zusammentreffenden Stäbe sollen einander möglichst in einem Punkte schneiden.

Fig. 580.

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



Von
der Central-
Markthalle
zu
Wien²⁶⁷⁾.

Fig. 581²⁶⁸⁾.

$\frac{1}{2}$ n. Gr.

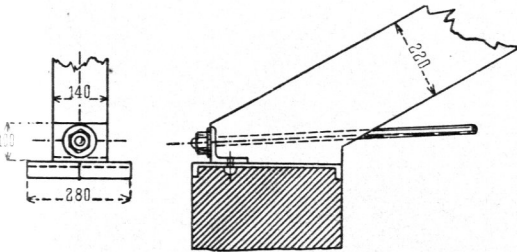


Fig. 582²⁶⁸⁾.

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

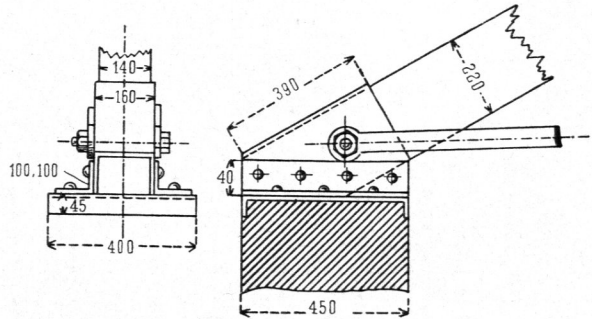
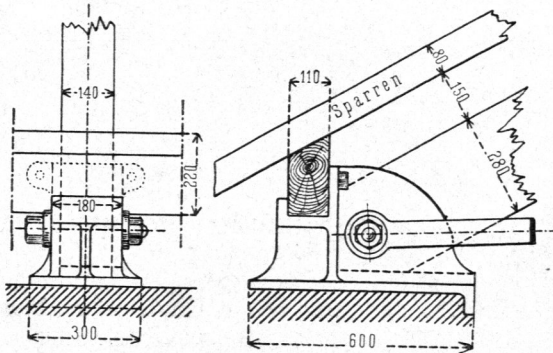


Fig. 583²⁶⁸⁾.

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



²⁶⁷⁾ Nach: WIST, a. a. O., Band I., Bl. 24, 25.

²⁶⁸⁾ Nach: *Nowv. annales de la constr.* 1884, Pl. 38, 39.

Die Verbindung von Holz und Eisen wird fast ausschließlich mit Hilfe gußeiserner oder aus Blech zusammen genieteter Schuhe vorgenommen; dabei ist zu beachten, daß nicht etwa die anschließenden Zugbänder einzelne Theile der Gußeisenschuhe auf Abbrechen in Anspruch nehmen dürfen.

Fig. 584.

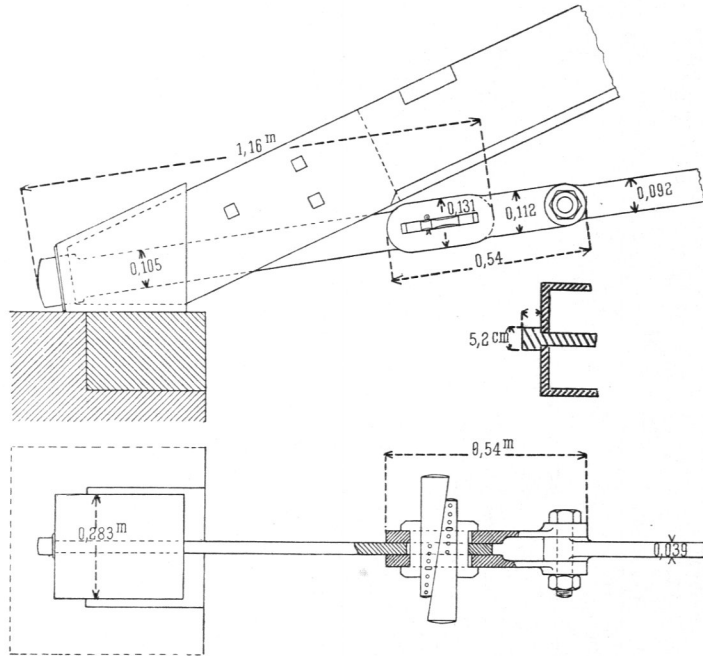
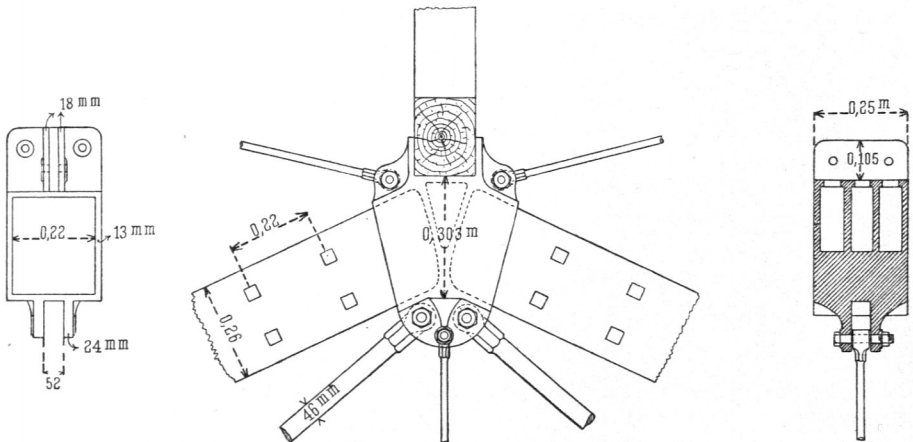


Fig. 585.



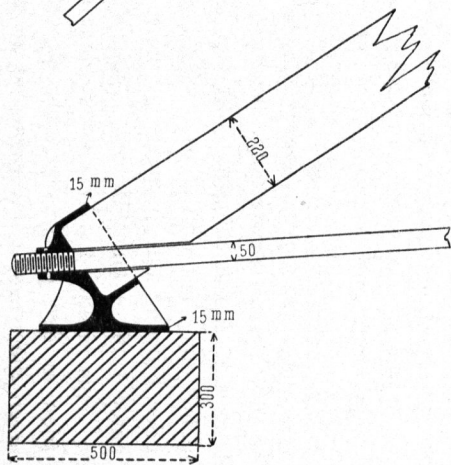
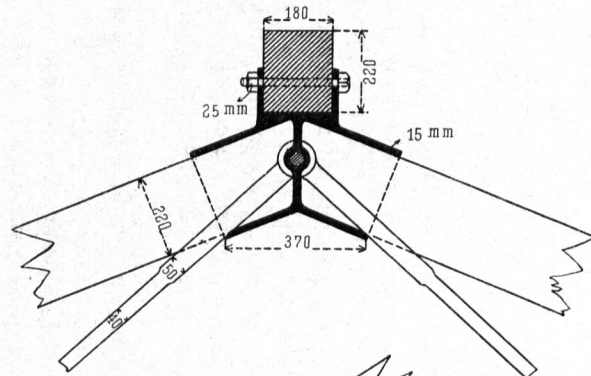
Von der Central-Markthalle zu Wien²⁶⁷⁾.

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

Fig. 580 bis 588 führen eine Anzahl gut construirter Knotenpunkte vor.

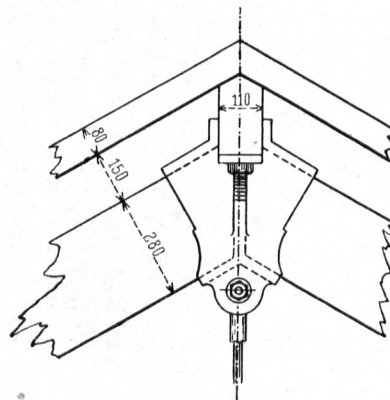
Fig. 580²⁶⁷⁾ zeigt einen Zwischenknotenpunkt, bei welchem sich allerdings die Axen der Zugbänder nicht auf der Axe des oberen Gurtungsstabes schneiden. Fig. 581 bis 584²⁶⁷⁾ geben Auflager-Knotenpunkte. Bei Fig. 581 ist ein Schuh überhaupt nicht verwendet; der untere als Rundeisen construirte Gurtungsstab ist durch das Ende des oberen Holz-Gurtungsstabes gesteckt. Fig. 582 zeigt einen aus

Fig. 586 ²⁶⁹).



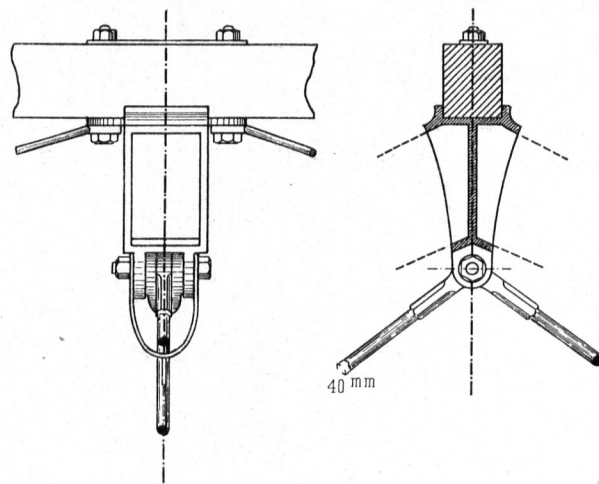
$\frac{1}{20}$ n. Gr.

Fig. 587 ²⁶⁸).



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

Fig. 588.



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

Von einem Locomotivschuppen der Berlin-Hamburger Eifenbahn ²⁷⁰).

Schweißseifenblech zusammengenieteten Schuh. In Fig. 583, 584 u. 586 (unterer Theil ²⁶⁹) sind gußeiserne Schuhe verwendet. In Fig. 585 bis 588 sind endlich eine Anzahl von Firft-Knotenpunkten dargestellt, welche nach dem Vorstehenden ohne weitere Erläuterung verständlich sein dürften.

Einige weitere Knotenpunkte für Holz-Eisen-Dächer folgen im nächsten Kapitel.

30. Kapitel.

Eiserne Thurmdächer.

^{223.}
Allgemeines.

Die Gesamtanordnung der eisernen Thurmdächer ist bereits in Kap. 28 behandelt; insbesondere sind an jener Stelle die statischen Verhältnisse und die theoretischen Grundlagen für die Construction besprochen.

Eiserne Thurmdächer haben vor den massiven, aus Hausteinen oder aus Ziegeln hergestellten Thurmspitzen den Vortheil geringeren Gewichtes; sie belasten also das Mauerwerk und den Baugrund wesentlich weniger, als jene. Gegenüber den Holzthürmen haben sie folgende Vortheile: der Aufbau ist leichter und für die Werkleute weniger gefährlich; man kann die einzelnen Theile kürzer und handlicher bemessen, als die entsprechenden Holzstücke, weil die Verbindungsfähigkeit durch Vernietung eine vorzügliche ist; die Verbindungen selbst sind besser, als beim Holzbau; die Feuersgefahr ist geringer, als bei den Holzthürmen. Endlich kann man den oberen Theil des Helmes, etwa das obere Drittel, im Inneren des unteren Thurms theiles zusammenbauen und darauf im Ganzen heben; dadurch wird das Einrücken der Spitze vermieden und der sonst überaus gefährliche Aufbau der Spitze zu einer verhältnismässig gefahrlosen Arbeit gemacht.

Die eisernen Thurmhelme werden mit dem Thurmmauerwerk verankert.

^{224.}
Theile eiserner
Thurmhelme.

Das Fachwerk des eisernen Thurmhelms besteht aus folgenden Theilen:

- 1) Den Gratparren, welche von den Auflagern oder von besonderen Giebelspitzen aus (Fig. 356 u. 379, S. 153 u. 178) bis zur Spitze laufen und an dieser mittels einer verhältnismässig kurzen Helmstange mit einander vereinigt werden.
- 2) Den Ringen, welche, zwischen den einzelnen Stockwerken wagrecht herumlaufend die Gratparren mit einander verbinden.
- 3) Den in den geneigten Seitenfeldern angeordneten Diagonalen; es genügt, wenn in jedem durch Gratparren und Ringe gebildeten trapezförmigen Felde eine Diagonale angebracht wird; alsdann wird sie auf Zug und auf Druck beansprucht. Oder es werden in jedem Felde zwei sich kreuzende Diagonalen angebracht, welche wie Gegendiagonalen wirken und nur Zug aufnehmen.
- 4) Einem Fuhring, welcher die Auflager verbindet. Wenn alle Auflager fest sind, so ist der Fuhring nicht nöthig. Ist von den Auflagern, deren Zahl eine gerade ist, abwechselnd eines fest und eines in der Auflagerebene beweglich, so muß der Auflager- oder Fuhring angeordnet werden.

Die unter 1 bis 4 angegebenen Theile genügen für die Stabilität des Thurmfachwerkes. Aus praktischen Gründen ordnet man ferner noch folg.

- 5) Böden in den durch die Lage der Ringe bestimmten Höhen an. Diese Böden zerlegen die ganze Thurmpyramide in einzelne Stockwerke; sie sind erforder-

²⁶⁹) Nach: Deutsches Bauhandbuch, Bd. II, Halbbd. 1. Berlin 1880. S. 170.

²⁷⁰) Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1862, Bl. 65.