

31. Kapitel.

Eiserne Kuppeldächer.

235.
Construction.

Die in der Neuzeit meist übliche Construction des Kuppeldaches ist die von *Schwedler* angegebene, bei welcher alle tragenden Theile in die Dachfläche verlegt sind. Man kann aber auch ebene Hauptträger anordnen, welche den zu überdeckenden Raum in der einen Richtung überspannen und zusammen mit Bindern zweiter, auch wohl noch dritter Ordnung das Kuppeldach tragen. Ein Beispiel für eine solche Construction ist in Art. 248 besprochen.

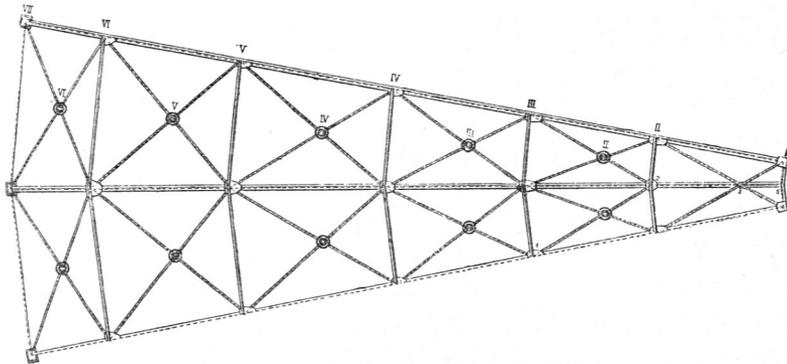
Die *Schwedler'sche* Kuppel-Construction ist für runde Grundrissformen und sehr große Weiten mit gutem Erfolge ausgeführt; sie läßt den ganzen Innenraum frei und wirkt dadurch auch architektonisch sehr günstig; sie ist einfach und leicht und gestattet ein bequemes Aufstellen, da jeder innerhalb eines vollen Ringes liegende Kuppeltheil ein festes System bildet, welches für sich gehoben werden kann. Fig. 220 (S. 77) zeigt im mittleren Theile ein solches Kuppeldach. Wie der Aufbau vorzunehmen ist, damit das Fachwerk geometrisch und statisch bestimmt wird, ist in Art. 138 (S. 186 u. 187) vorgeführt.

a) *Schwedler'sche* Kuppeln.236.
Theile.

Die nothwendigen Theile des *Schwedler'schen* Kuppel-Fachwerkes sind:

- 1) Die Gratsparren, welche vom Auflager bis zu einem fog. Laternenringe laufen und meistens gebrochene Linien bilden (siehe Fig. 397, S. 187); unter jedem Grat ist ein Gratsparren anzuordnen.
- 2) Die Ringe, welche in verschiedenen Höhen ringsherum laufend die Gratsparren mit einander verbinden; besonders wichtig sind der in der Höhe der Auflager anzubringende unterste Ring, der fog. Fußring oder Mauerring, und der oberste Ring, der fog. Laternenring. Der Fußring erleidet stets Zug und der Laternenring stets Druck.
- 3) Die Schrägstäbe in den trapezförmigen Seitenfeldern, welche durch die Gratsparren und die Ringe gebildet werden. Man verwendet meistens in jedem Felde

Fig. 624.

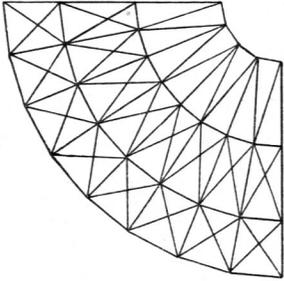


Von einem Gasbehälter zu Berlin²⁷⁶⁾.

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

²⁷⁶⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1876, Bl. 32.

Fig. 625.



zwei einander kreuzende Schrägstäbe, welche wie Gegen-diagonalen wirken und nur auf Zug beansprucht werden. Wenn in den obersten Seitenfeldern, welche nur geringe Breite erhalten, die Schrägstäbe mit den Gratsparren sehr kleine Winkel einschließen würden, so läßt man daselbst wohl die Schrägstäbe nach Fig. 624²⁷⁶⁾ über zwei Felder laufen. Eine andere Lösung dieser Schwierigkeit zeigt Fig. 625. Abwechselnd ist immer ein Sparren bis zum Laternenring durchgeführt, während jeweilig der andere Sparren am nächst unteren Ringe in zwei Sparren zerfpalten ist, welche nach den Eckpunkten

des Laternenringes laufen; letzterer hat dann nur halb so viele Seiten, als die anderen Ringe. Diese Anordnung ist weniger einfach, als die in Fig. 624 vorgeführte, welche deshalb vorzuziehen ist.

Die unter 1 bis 3 angegebenen Theile sind für die Standfähigkeit der Kuppel ausreichend. Die Gratsparren tragen noch die Pfetten, welche meistens als Holzpfetten construiert werden, rings um die Kuppel laufen und die Holzschalung aufnehmen. Die Schalung spielt hier eine große Rolle, um einseitige Belastungen unschädlich zu machen. Auf den Laternenring setzt sich fast stets eine Laterne.

Die erzeugende Curve der Kuppel ist gewöhnlich eine Parabel oder eine cubische Parabel. Wählt man die letztere Curve, so herrscht bei gleichmäßig vertheilter Belastung in den Zwischenringen die Spannung Null. Näheres darüber ist in Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 454, S. 424²⁷⁷⁾ dieses »Handbuches« zu finden; eben daselbst ist auch ein Zahlenbeispiel durchgerechnet.

^{237.}
Kuppelcurve.

Auf Grund der von *Scharowsky*²⁷⁸⁾ durchgeführten Berechnungen der Gewichte *Schwedler*'scher Kuppeln mit Durchmesser von 10 bis zu 60^m hat der Verfasser ermittelt, daß man das Eifengewicht *g'* für das Quadr.-Meter überdeckter Grundfläche nach der Formel

^{238.}
Eigengewicht
der Kuppel.

$$g' = 0,25 D + 19,5 \dots \dots \dots 37.$$

ermitteln kann. In dieser Formel bedeutet *D* den Durchmesser der Kuppel (in Met.); *g'* wird in Kilogr. erhalten, und zwar einschließlic des Gewichtes der Laterne. Will man das gefammte Eigengewicht der Kuppel haben, so rechne man für Pfetten, Schalung und Deckung mit Pappe ein Gewicht

$$g'' = 35,5 \text{ Kilogr.}$$

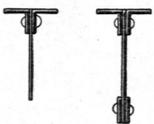
hinzu. Das gefammte Eigengewicht für das Quadr.-Meter überdeckter Grundfläche wird demnach

$$g = 0,25 D + 55 \text{ Kilogr.} \dots \dots \dots 38.$$

Die Gratsparren, auch kurz Sparren genannt, werden als Stäbe des Kuppel-Fachwerkes auf Druck und durch die Pfetten außerdem noch auf Biegung beansprucht; sie sind für diese zusammengesetzte Beanspruchung zu berechnen, und die Querschnittsform ist mit Rücksicht auf dieselbe zu wählen; auch muß gute Befestigung der Knotenbleche für die Schrägstäbe, der sog. Wind-Knotenbleche, möglich sein.

^{239.}
Gratsparren.

Fig. 626.

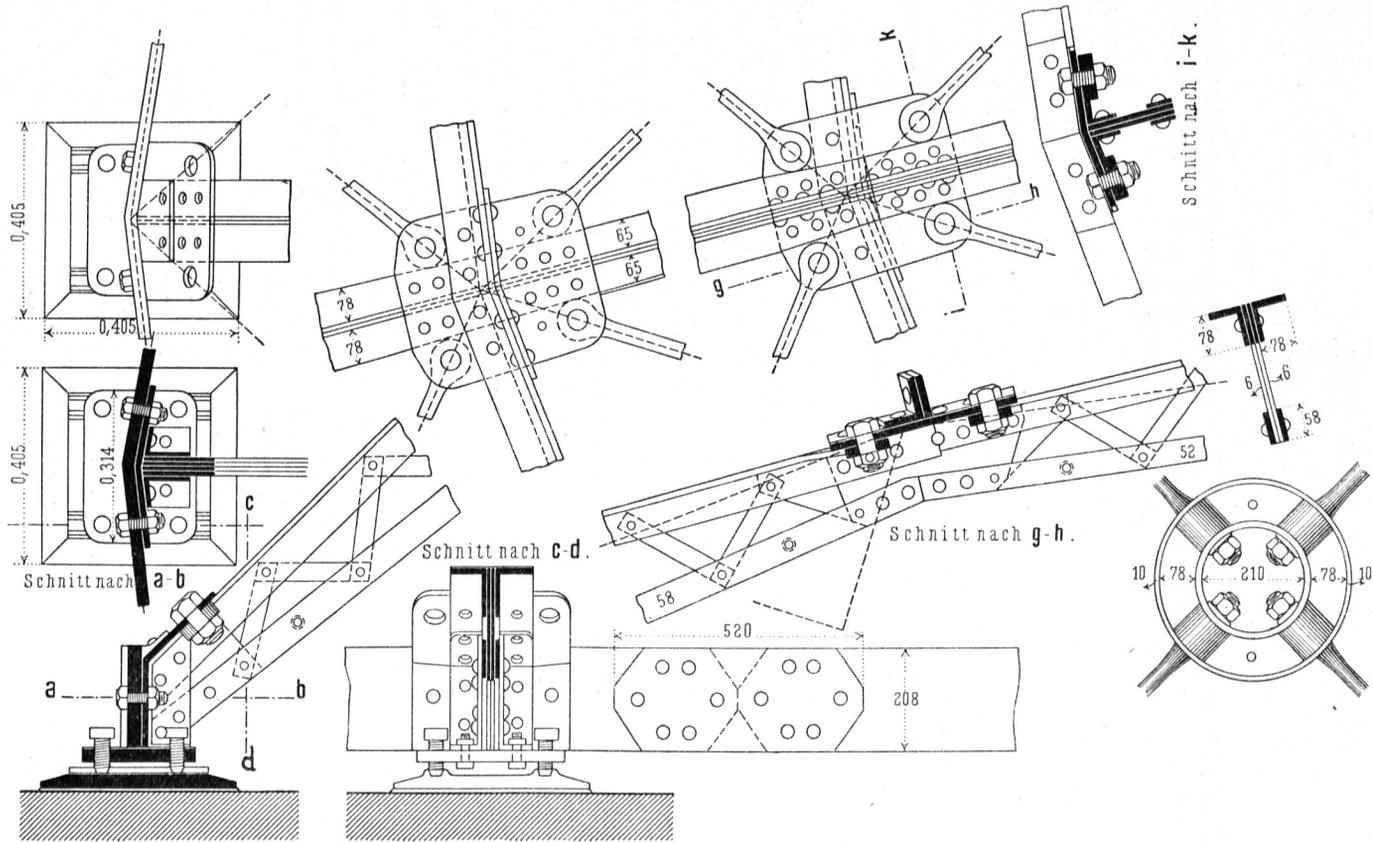


Nach dem Vorgange *Schwedler*'s construiert man die Sparren meistens aus zwei Winkeleisen mit dazwischen befindlichem Steh-

²⁷⁷⁾ 2. Aufl.: Art. 243, S. 231.

²⁷⁸⁾ In: Musterbuch für Eifen-Constructions. Leipzig 1895. Theil I, S. 136, 137.

Fig. 627.



Vom Gasbehälter am Hellweg zu Berlin ²⁷⁹⁾.

$\frac{1}{16}$ n. Gr.

blech, welches nach Bedarf noch durch zwei weitere aufgenietete lothrechte Flacheisen verstärkt wird (Fig. 626). Die Winkeleisen sind etwa $40 \times 40 \times 6$ bis $75 \times 75 \times 10$ mm stark und die Stehbleche 120×8 bis 320×10 mm. Die aufgenieteten Verstärkungsflacheisen haben etwa 40×6 bis 50×8 mm Querschnitt.

Die obere Begrenzung der Sparren ist krummlinig, der erzeugenden Kuppelcurve entsprechend; die untere Begrenzung des Stehbleches von Knotenpunkt zu Knotenpunkt ist eine Gerade. Die Stöße des Stehbleches werden in die Knotenpunkte verlegt, also an diejenigen Stellen, an welchen Sparren und Ringe zusammentreffen. Auf die nicht lothrechten Winkeleisenfchenkel kommen die Wind-Knotenbleche und auf letztere die Ringe (Fig. 628 u. 629²⁸¹).

Die Sparren werden wohl auch aus Gitterwerk hergestellt, bestehend aus zwei Winkeleisen als oberer und zwei Flacheisen als unterer Gurtung, so wie dazwischen liegendem Flacheisen-Gitterwerk (Fig. 627²⁷⁹). An den Knotenpunkten und in der

Fig. 628.

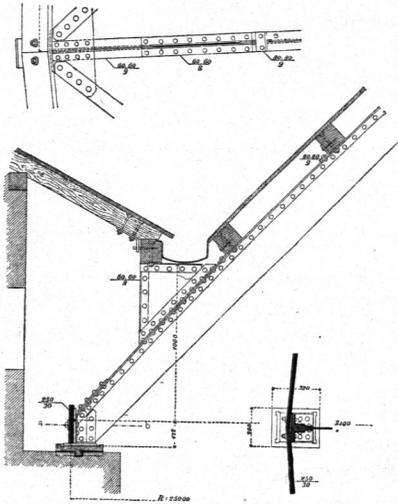
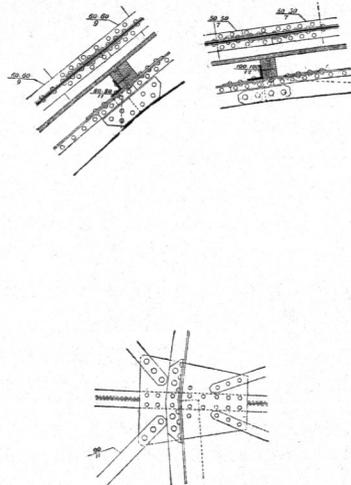


Fig. 629.



Vom Gafometer der dritten Gasanstalt zu Dresden²⁸¹.

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

Nähe des Mauer- und Laternenringes ersetzt man das Gitterwerk zweckmässig durch eine Blechwand. Gegen die Verwendung von Gittersparren spricht die schon mehrfach hervorgehobene Schwierigkeit guter Unterhaltung und bei Kuppeln mittlerer Grösse der Umstand, dass bei sparfamer Ausführung die einzelnen Theile sehr geringe Abmessungen erhalten, was zu Unzuträglichkeiten führt. Wenn es sich um sehr grosse Kuppeln handelt, so wird man allerdings dennoch zu Gittersparren greifen.

Ein Beispiel ist die Kuppel vom Blumen-Ausstellungsdom in der Weltausstellung zu Chicago. Dieselbe hatte 57 m Durchmesser und als Erzeugende einen Viertelkreis von 28,5 m Halbmesser, bildete also eine volle Halbkugel. Jeder der 20 Hauptsparren war im Querschnitt 0,914 m hoch, bestand in der oberen und unteren Gurtung aus je zwei Winkeleisen von $100 \times 76 \times 10$ mm und doppelter Netzwerkvergitterung zwischen den Gurtungen (Flacheisen 90×10 mm²⁸⁰).

²⁷⁹) Fac.-Repr. nach: Zeitchr. f. Bauw. 1866, Bl. 11.

²⁸⁰) Siehe: Allg. Bauz. 1893, S. 13 u. Bl. 1, 2, 3, 4, 5. — Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 457.

²⁸¹) Fac.-Repr. nach: Zeitchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, Bl. 86.

240.
Zwischenringe.

Die Zwischenringe können schwach fein, wenn sie nur als Theile des Kuppel-Fachwerkes zu wirken haben. Sie bestehen meistens nur aus einem Winkeleisen, etwa $50 \times 50 \times 7$ bis $120 \times 120 \times 13$ mm stark. Der Stofs wird an denjenigen Stellen vorgenommen, wo Sparren und Ringe einander treffen; für den einen Schenkel dient das Wind-Knotenblech als Stofsblech, und für den anderen Schenkel wird ein besonderes Stofsblech aufgelegt. Damit diese einfachen Winkeleisen bei dem auftretenden Drucke nicht zerknickt werden oder ausbiegen, hat *Schwedler* sie mit den angrenzenden Holzpfetten durch 8 bis 10 mm starke Schraubenbolzen verbunden.

Beim Blumen-Ausstellungsdom in Chicago sind die Ringe zugleich Pfetten und deshalb mit Blechträger-Querschnitt construirt.

241.
Laternenring.

Der Laternenring muß widerstandsfähig gegen Druck sein. Er wird aus zwei Winkeleisen (Fig. 631²⁸²), aus lothrechttem Blech mit oben säumenden Winkeleisen, auch wohl aus einem **L**-Eisen gebildet (Fig. 630).

In Fig. 631 besteht der wirkfame Laternenring nur aus den beiden Winkeleisen; dargestellt ist die Stofsstelle: das zwischen die lothrechten Schenkel der Winkeleisen gelegte Blech stößt diese; das aufgelegte wagrechte Blech stößt die wagrechten Winkeleisenschinkel.

242.
Fußring.

Der Fußring oder Mauerring hat nur Zug zu ertragen. Man construirt ihn meistens als lothrechtes Flacheisen, welches, da die im Ringe herrschenden Kräfte sehr groß werden können, große Querschnittsfläche erhält. Fig. 627 zeigt ein Flacheisen von 208×20 mm; es kommen aber viel größere Querschnittsflächen vor. Der Stofs des Fußringes wird durch beiderseits aufgelegte Lafchen (Fig. 627) vorgenommen, und zwar an beliebiger, bequem liegender Stelle.

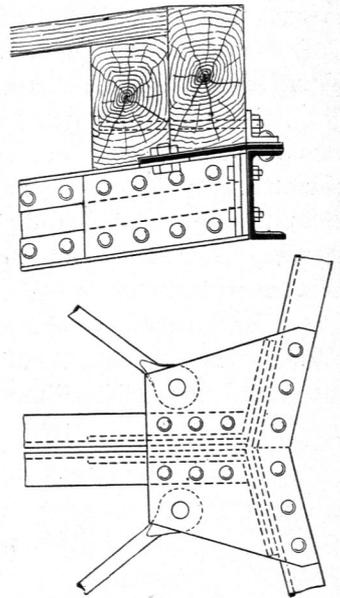
243.
Schrägstäbe.

Schwedler verwendete zu den Schrägstäben Rundeisen von 25 bis 30 mm Durchmesser; wo die beiden Schrägstäbe sich treffen, wurde ein Schloß (Fig. 627) angebracht, mit dessen Hilfe etwaige Ungenauigkeiten beseitigt werden können. Um Durchbiegung in Folge des Gewichtes der Schloßer zu vermeiden, hängte *Schwedler* dieselben mittels Schleifen an den Holzpfetten auf. *Scharowsky* zieht für die Schrägstäbe Flacheisen vor, weil die Rundeisen theurer seien, durch die große Zahl von Spannschloßern leicht ungleichmäßige Spannung in die Diagonalen komme, die Spannschloßer durch ihr Gewicht die Schrägstäbe durchbiegen und der nur durch Bolzen zu bewirkende Anchluss der Rundeisen-Diagonalen starke Knotenbleche erfordere.

244.
Knotenpunkte.

Die Construction der Knotenpunkte an den Zwischenringen bietet keine Schwierigkeit; der An-

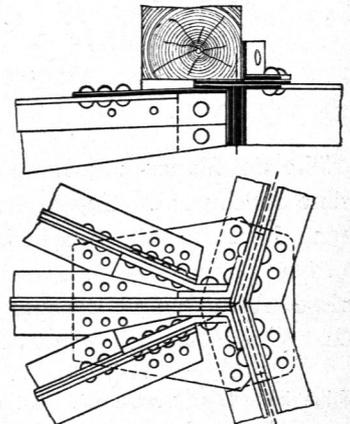
Fig. 630.



Vom Locomotivschuppen auf dem Bahnhof zu Bremen.

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

Fig. 631.

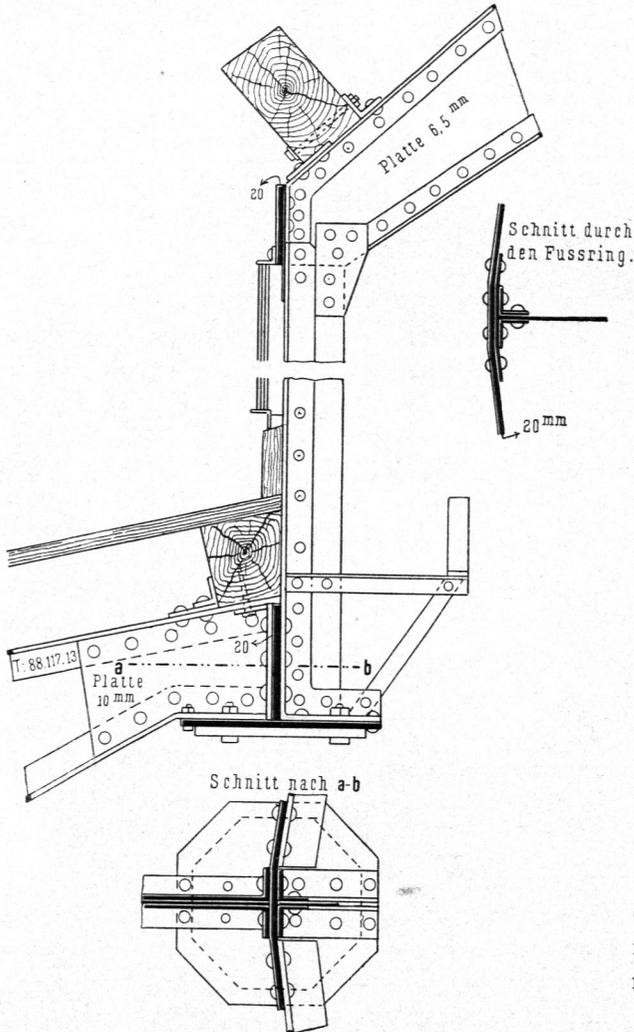


Vom Gasbehälter in der Holzmarktstraße zu Berlin²⁸²).

$\frac{1}{16}$ n. Gr.

schluss der Schrägstäbe und Ringe erfolgt mittels des Knotenbleches, welches in die anschließenden Seitenebenen gebogen wird und den Stofs der wagrechten Winkel-eisenfchenkel sowohl bei den Sparren, wie bei den Ringen vermittelt; die lothrechten Winkel-eisenfchenkel werden durch Bleche, die Stehbleche der Sparren durch beiderseitige Lafchen (Fig. 629) gestofsen. Die etwa auf das Stehblech gelegten

Fig. 632.



Von einem Locomotivschuppen der Preussischen Ostbahn.

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

Verstärkungs-Flacheisen dürfen in der Regel, da sie nur wegen der Biegungsbeanspruchung aufgesetzt sind, diese aber nahe an den Knotenpunkten sehr klein ist, stumpf vor die Stofslafchen laufen.

Die Verbindung der Sparren mit dem Laternenring wird mittels lothrechter Winkel-eisen oder winkelförmig gebogener Bleche und entsprechend geformter Knotenbleche vorgenommen. Ein Beispiel zeigt Fig. 630. Verwickelter ist die Construction, wenn nach Fig. 625 (S. 319) drei Grat sparren an einem Punkte des Laternenringes zusammentreffen. Einen solchen Knotenpunkt veranschaulicht Fig. 631²⁸²⁾; für den Anchluss der beiden schräg anlaufenden Sparren sind besondere lothrechte Knotenbleche auf die Schenkel der beiden Winkel gelegt, welche den mittelsten Sparren mit dem Laternenring verbinden; außerdem sind die drei Sparren auch mit dem Wind-Knotenblech vernietet.

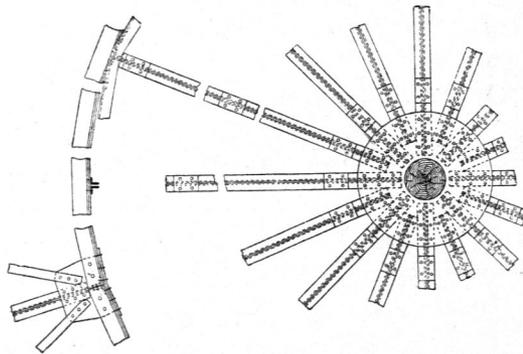
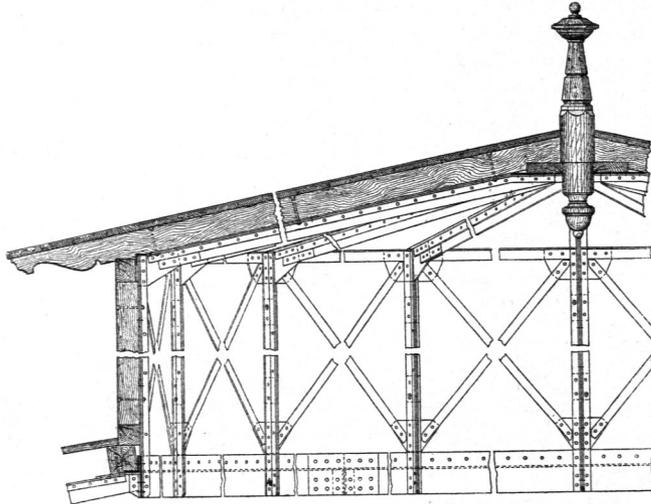
Die Auflager-Knotenpunkte sind zugleich diejenigen Knotenpunkte, in denen die Grat sparren mit dem Fustring

245.
Auflager-Knotenpunkte.

der Grundfläche; deshalb sind die gußeisernen Auflagerplatten in Fig. 627 mit gehobelten Bahnen hergestellt, in welche die vier Stellschrauben paffen.

Wenn der Fußring am oberen Ende eines lothrechten, cylindrischen Aufbaues liegt, wie beim Locomotivschuppen in Fig. 220 (S. 77), so ändert sich die Construction etwas; ein solcher Knotenpunkt ist in Fig. 632 dargestellt.

Fig. 633.

Laterne²⁸³. — $\frac{1}{50}$ n. Gr.

246.
Laterne.

Die Laterne soll des Zusammenhanges wegen an dieser Stelle sofort mit besprochen werden. Nennt man den Durchmesser des Grundrisskreises der Kuppel D , den Durchmesser der Laterne D_2 , die Höhe des lothrechten Unterbaues der Laterne h_1 und die Dachhöhe der Laterne h_2 , so kann man

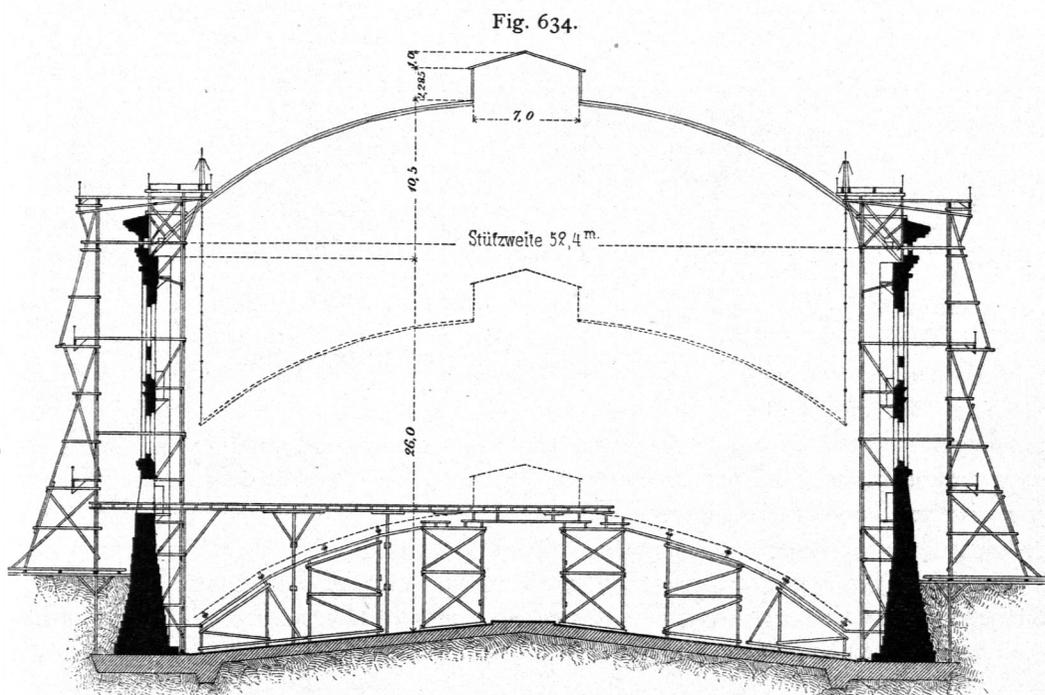
$$D_2 = 0,2 D, \quad h_1 = 0,05 D \quad \text{und} \quad h_2 = 0,02 D$$

eingeführen²⁸³). Die Anzahl der Seiten für die Laterne und demnach die Zahl der

²⁸³) Nach: SCHAROWSKY, a. a. O., Theil I, S. 131, 134, 135.

Sparren für dieselbe wählt man zweckmäfsig kleiner, als die Zahl der Kuppelsparren, etwa halb, unter Umständen nur ein Viertel so groß, wie letztere. Es empfiehlt sich, die lothrechten Laternenpfosten an den Laternenring nicht in den Knotenpunkten, in welchen die Gratsparren der Kuppel anschließen, sondern daneben oder je in der Mitte zwischen zwei Knotenpunkten anzuordnen; die Anschlüsse werden alsdann einfacher²⁸³⁾. Die hierdurch im Laternenring erzeugten Biegungsspannungen sind bei der Querschnittsbemessung natürlich als Zusatzspannungen zu berücksichtigen.

Die Pfosten der Laterne werden aus zwei Winkeleisen mit Zwischenraum und die Laternenparren eben so constructirt; die Verbindung durch in die Zwischenräume



Vom Gafometer der dritten Gasanstalt zu Dresden²⁸⁴⁾.

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

eingelegte Bleche ist leicht herzustellen. Am oberen Ende der Pfosten muß, wegen der durch die Laternenparren ausgeübten Kräfte, ein Zugring angebracht werden; die lothrechten Seitenflächen der Laterne sind durch Schrägstäbe (Flach- oder Rund-eisen) auszusteiern. Fig. 633²⁸³⁾ giebt eine solche Laterne.

Da jeder innerhalb eines vollen Ringes liegende Theil der Kuppel ein festes System bildet und als solches gehoben werden kann, so baut man die ganze Kuppel mit Ausnahme der äußersten Ringzone unten zusammen und hebt nunmehr die ganze Construction von einem festen zur Ausführung der Umfangsmauer errichteten Ringgerüst aus (Fig. 634²⁸⁴⁾ oder von fliegenden Gerüsten aus in die erforderliche Höhe.

247.
Aufstellung
des
Kuppeldaches.

²⁸⁴⁾ Facf.-Repr. nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, Bl. 858.

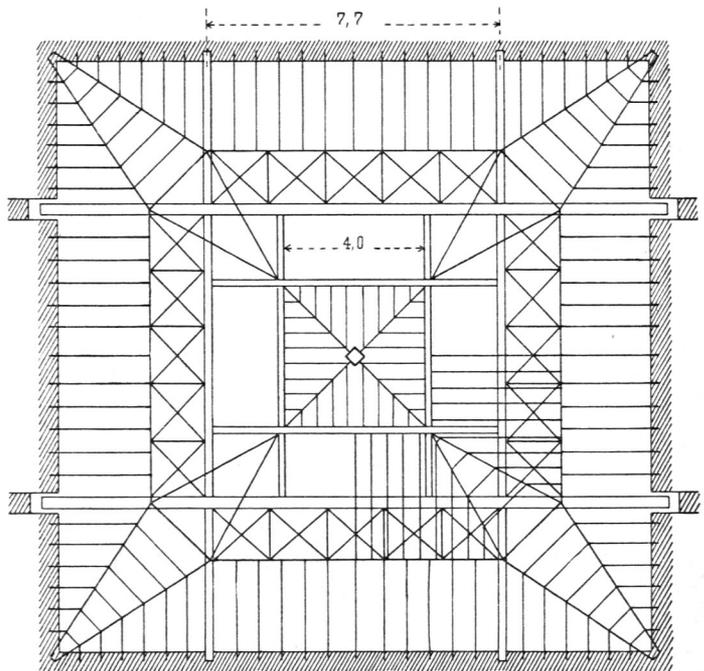
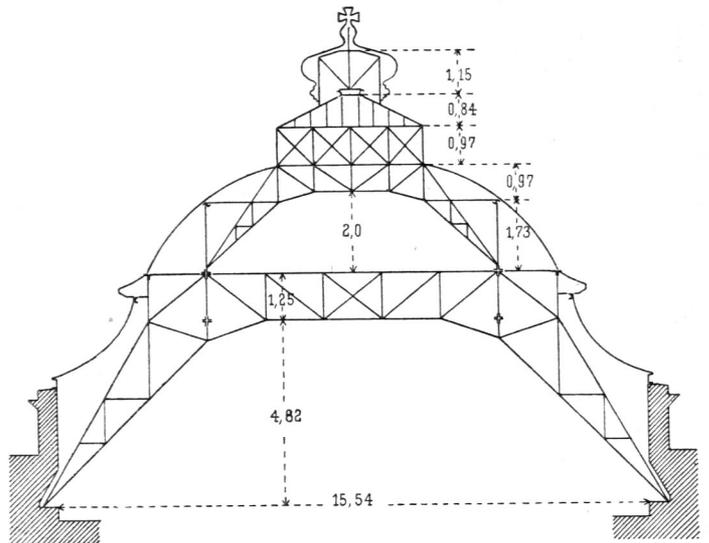
Das Heben erfolgt mit Hilfe von Hebeladen; die auswärts liegenden Theile, d. h. den Mauerring, die Auflager und die äußersten Sparrentheile, baut man auf dem Gerüst zusammen und verbindet sie mit der in den Hebeladen hängenden Dach-Construction durch Vernietung. Diese Aufstellung des Kuppeldaches ist von *Schwedler* angegeben und vielfach ausgeführt; die Hebung erfordert gewöhnlich nur 8 bis 10 Stunden, ist also in einem Tage bequem ausführbar. Fig. 634 zeigt die Art des Vorganges.

b) Kuppeln mit ebenen Trägern.

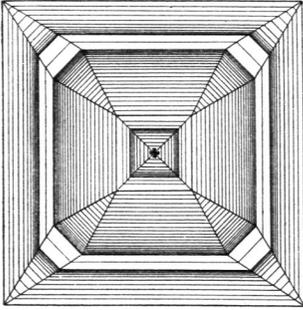
Wenn die Eisen-Construction im Inneren nicht sichtbar zu sein braucht, kann es vortheilhaft sein, die Kuppel aus verschiedenen ebenen Trägern (Hauptträgern, Trägern zweiter und dritter Ordnung), zusammenzubauen. Fig. 635²⁸⁵⁾ giebt ein beachtenswerthes Beispiel einer solchen Kuppel.

Es handelte sich um die Ueberdeckung eines quadratischen, im Lichten $15,54\text{ m}$ weiten Raumes. Zwei Hauptträger, welche $16,04\text{ m}$ Stützweite und $7,7\text{ m}$ Abstand von einander haben, überspannen den Raum; die Träger sind Fachwerkträger von der eigenartigen, aus Fig. 635 ersichtlichen Gestalt. Gegen diese Hauptträger setzen sich unter einem Winkel von 90° im Grundriss zwei Nebenhauptträger derart, daß im Grundriss ein quadratischer Raum von $7,70\text{ m}$ Seitenlänge entsteht. Der so gebildete untere Kuppeltheil nimmt nunmehr den oberen Kuppeltheil auf, dessen Hauptträger wiederum zwei, den unteren ähnlich gebildete Träger sind. Auch hier sind Nebenträger, wie unten, angeordnet. Die Fußpunkte dieser Träger

Fig. 635.

Vom Erbgroßherzoglichen Palais zu Karlsruhe²⁸⁵⁾. $\frac{1}{200}$ n. Gr.

²⁸⁵⁾ Nach freundlicher Mittheilung des Herrn Oberbaudirectors Professor Dr. *Durm* zu Karlsruhe.

Fig. 636²⁸⁵⁾.

liegen aber nicht in den Eckpunkten des Quadrates von 7,70 m Seitenlänge, sondern weiter nach innen, so dass man im Grundriss ein inneres Quadrat von 4,00 m Seitenlänge erhält. Auf die wagrechten Theile der oberen Gurtungen dieser Träger setzt sich jederseits eine 0,97 m hohe, lothrechte, verglaste Wand, welche das ebenfalls verglaste vierseitige Zelt Dach aufnimmt. In der Höhe der oberen Gurtung der zuerst erwähnten Träger sind noch die im Grundriss dargestellten wagrechten Träger (Fachwerkträger mit gekreuzten Diagonalen) angebracht, welche zusammen mit den dreieckigen, an die Eckpunkte des großen Quadrates anschließenden Feldern das Viereck zu einer unverfchieblichen Scheibe machen. Die innere Gurtung der wagrechten Träger ist zugleich die obere Gurtung der Hauptträger und Nebenhauptträger. Von der oberen Gurtung der Träger des oberen Kuppeltheiles nach der äußeren Gurtung der wagrechten Träger laufen gekrümmte, verglaste, im Grundriss trapezförmige Flächen; zwischen je zwei dieser Flächen ist über Ecke eine solche mit dreieckigem Grundriss eingeschaltet; die Grate, so wie die Anordnung der Dachflächen sind in Fig. 636²⁸⁵⁾ angegeben.

32. Kapitel.

Flache Zelt- und Walmdächer aus Eisen und aus Holz und Eisen.

a) Flache Zeltächer aus Eisen und aus Holz und Eisen.

Wie bei den Kuppeldächern wird auch bei den flachen Zeltäckern die Construction entweder aus ebenen Bindern zusammengesetzt, oder es werden nach Art der *Schwedler'schen* Kuppeln alle tragenden Theile in die Dachfläche verlegt. Bei Zeltäckern mit einer größeren Seitenzahl der Grundfigur ist die letztere Constructionweise üblich und zweckmäßig; hierüber ist in Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 456, S. 427²⁸⁶⁾ dieses »Handbuches« das Erforderliche gesagt; die Construction im Einzelnen ist derjenigen bei den Kuppeln ganz ähnlich, nur einfacher, weil die Sparren geradlinig verlaufen. Deshalb braucht auf diese Constructionweise hier nicht näher eingegangen zu werden. Wenn aber das flache Zelt Dach über quadratischer Grundfläche zu erbauen ist, so greift man vielfach zur Construction aus ebenen Bindern.

Naturgemäß ergibt sich die folgende Anordnung. Man legt in die Richtung der einen Diagonale des Grundquadrats einen Binder, welcher als Hauptträger des Ganzen wirkt und als Balkenbinder hergestellt wird, sei es als englischer Dachstuhl, sei es als *Polonceau-* (*Wiegmann-*) Dachstuhl. Gegen diesen Träger lehnen sich unter rechtem Winkel im Grundriss zwei Halbbinder, welche der zweiten Diagonale des Grundquadrats entsprechen. Diese beiden sich im Grundriss durchschneidenden Binder nehmen die Pfetten auf; wird die Länge der Pfetten zu groß, so ordnet man Zwischenbinder, sog. Schiffbinder, an.

Was die Auflagerung anlangt, so ist ein Auflager des Hauptbinders fest, das andere in der Richtung der Axe beweglich zu machen; damit der Firstpunkt des Hauptbinders im Raume fest gelegt werde, muß auch eines der Auflager der beiden Halbbinder als festes hergestellt werden, während das andere in der Richtung der betreffenden Diagonale des Grundquadrats beweglich zu machen ist.

249.
Allgemeines.

250.
Eisernes
Zelt Dach
über
quadratischer
Grundfläche.

²⁸⁶⁾ 2. Aufl.: Art. 245, S. 234.