

Grundrifs entstehenden vier Rechteckfelder legen; diejenigen der dreieckigen Grundrifsfelder schiften sich gegen die äussersten Seitenparren der Rechteckfelder. Der mittlere quadratische Theil in Fig. 394 ist durch ein Dachlicht überdeckt.

136.  
Halbe  
Zeltdächer.

Halbe Zeltdächer werden wie gewöhnliche Zeltdächer behandelt; besondere Sorgfalt ist dem Anfallspunkte zu widmen, in welchem die Grate einander schneiden. Man ordnet hier zweckmäfsig einen ganzen Binder an und construiert, wie bei den Walmdächern gezeigt ist. Der Anfallspunkt erhält eine Helmftange; die Zuganker vereinigt man in einem Schlofs, von welchem aus die resultirende wagrechte Kraft weiter nach festen Punkten geführt werden mufs (siehe Fig. 395<sup>194</sup>).

Man hat auch den von den Gratbindern auf die Helmftange ausgeübten Schub durch eine Strebe und Schwelle in der Mittelaxe der Kirche aufgehoben (Fig. 396<sup>195</sup>). Die Schwelle ist auf die Schlufssteine der beiden letzten Gewölbe gelegt.

Ferner wird auch auf die Tafel bei S. 197 hingewiesen.

### c) Kuppeldächer.

137.  
Allgemeines.

Die Kuppeldächer sind Zeltdächer, deren Dachlinie eine krumme Linie ist; sie werden über kreisförmiger, elliptischer oder vieleckiger Grundfläche aufgebaut. Auch über dem Theile eines Kreifes, einer Ellipse oder eines Vieleckes erbaut man Kuppeldächer und erhält so bezw. eine halbe, Drittel-, Viertelkuppel. Fast stets hat das Kuppeldach in seiner Mitte eine fog. Laterne, die oft als Thurm ausgebildet ist und von der Dach-Construction getragen wird. Wichtig ist, dafs man den vom Kuppeldach umschlossenen inneren Raum möglichst frei von Constructionstheilen hält, sei es, weil die Construction von unten sichtbar bleibt und die architektonische Wirkung durch die kreuz- und querlaufenden Stäbe gestört werden würde, sei es, weil man den Raum in der Kuppel ausnutzen will. Wenn die Holzkuppel als Schutzkuppel für eine gemauerte innere Kuppel dient, so läfst man die innere Kuppel möglichst in den freien Kuppelraum hineinreichen und kann dann nicht gut durchgehende Hölzer anbringen. Es ist ferner nicht zweckmäfsig, das Kuppeldach auf die innere gemauerte Kuppel zu stützen, und so bietet sich für das Kuppeldach nur die ringsum laufende Mauer zur Anordnung der Auflager. Die Aufgabe ist demnach hier, eine Construction als stabiles, räumliches Fachwerk herzustellen, welche nur auf der Umfangsmauer Auflager findet und im Inneren einen möglichst freien Raum läfst.

138.  
Construction.

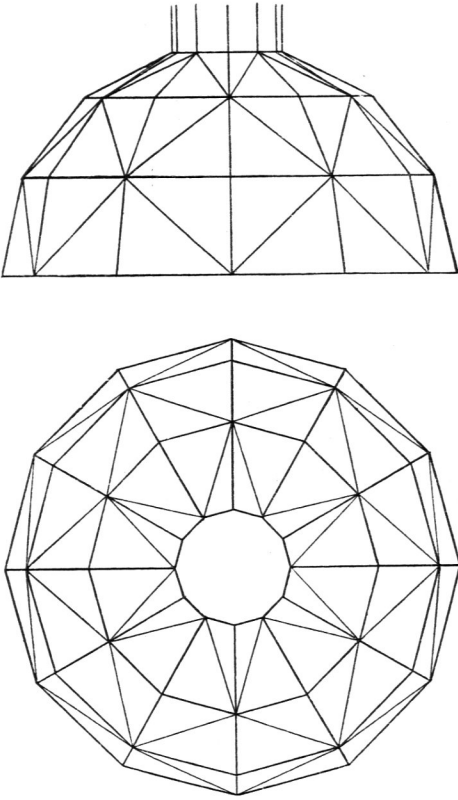
Die Bedingungen der Stabilität beim räumlichen Fachwerk sind in Art. 118 (S. 145) unterfucht; dieselben haben auch hier Geltung; die neuere Constructionsweise construiert die Kuppeldächer nach den dort entwickelten Bedingungen.

Bei der älteren Constructionsart stellte man eine gröfsere Zahl von Bindern radial auf; diese Anordnung, bei welcher der innere Kuppelraum stark verbaut wird, ist heute fast ganz zu Gunsten derjenigen verlassen, bei welcher alle tragenden Theile in die Dachfläche verlegt werden; die letztere Constructionsweise ist von *Schwedler* für die eisernen Kuppeln erfunden und für diese vielfach ausgeführt; sie eignet sich auch für Holzkuppeln. Gewöhnlich ersetzt man die stetig gekrümmte Kuppelfläche (die Rotationsfläche) durch ein dieser Fläche eingeschriebenes Vieleck mit Kanten unter den Graten und den Ringen der Kuppel.

Die äusseren auf die Kuppel wirkenden Kräfte (Belastungen) und die Berechnung sind in Theil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« entwickelt.

Nach den Unterfuchungen in Art. 118 (S. 145) erhält man ein statisch bestimmtes, räumliches Fachwerk folgendermassen. Man wähle als Zahl der Auflager

Fig. 397.



eine gerade Zahl, mache die Hälfte der Auflager fest (Punktlager), die andere Hälfte frei in der Auflagerebene beweglich (Ebenenlager), verbinde jedes bewegliche Lager mit zwei festen Lagern durch Stäbe, ordne die Gratsparren, so wie die der Grundfigur ähnlichen, in verschiedenen Höhen liegenden Ringe an, und verfehe jedes Seitenfeld mit einer Diagonale. Das entstehende räumliche Fachwerk ist, falls oben ein Laternenring liegt, statisch bestimmt. Bei der in Fig. 397 dargestellten Kuppel über einer zwölfseitigen Grundfigur sind 6 Punktlager und 6 Ebenenlager vorhanden; mithin ist die Zahl der Auflagerunbekannten  $n = 3 \cdot 6 + 6 = 24$ . Es muß also, falls  $k$  die Zahl der Knotenpunkte bedeutet, die Zahl der Stäbe  $s = 3k - n = 3k - 24$  sein. Die Zahl der Knotenpunkte ist  $k = 4 \cdot 12 = 48$ ; also muß  $s = 3 \cdot 48 - 24 = 120$  sein. In der That ist  $s = 10 \cdot 12 = 120$ . Da nun außerdem jeder Knotenpunkt durch Aufbau von den Auflagern aus stets dadurch im Raume fest gelegt ist, daß er mit drei festen, nicht mit ihm in einer Ebene liegenden Punkten verbunden ist, so ist das Fachwerk statisch bestimmt.

Die in den Seitenfeldern liegenden Diagonalen haben Zug und Druck zu erleiden; will man, daß dieselben nur Zug oder nur Druck erhalten, so ordne man in jedem Felde gekreuzte Diagonalen an; dieselben können sowohl als Zugdiagonalen aus Eisen, wie als Druckdiagonalen aus Holz hergestellt werden. Der oberste Ring, der Laternenring, erhält stets Druck, und wird, wie die übrigen Ringe, aus Holz ausgeführt; den Fußring, welcher die Ebenen- und Punktlager mit einander verbindet und nicht unbedeutenden Zug zu erleiden hat, bildet man zweckmäßig aus Eisen.

Wegen der Einzelausbildung der Knotenpunkte kann auf diejenige hingewiesen werden, welche in Art. 130 (S. 170) bei den *Otzen'schen* Thurmdächern vorgeführt ist; die Knotenpunkte können hier ganz ähnlich angebildet werden, wobei sich Zuhilfenahme von Eisen empfiehlt.

Auf die unter den Graten angeordneten Kuppelsparren, welche die Stelle der Binder vertreten, kommen ringsherum laufende Pfetten für die Dachschalung. Wenn die freie Länge der Pfetten in den unteren Feldern zu groß wird, so kann man sie durch zwischengesetzte Kuppelsparren unterstützen, wodurch die Seitenzahl der Grundfigur vergrößert wird. Diese zwischengesetzten Sparren brauchen nicht bis zum Laternenring zu reichen.

Es liegt nahe, die Kuppelsparren als gekrümmte Bohlenparren herzustellen, wie in Art. 105 (S. 132) für Satteldächer vorgeführt wurde. Dadurch erhält man die Dachform in natürlichster Weise. Man kann die Gratparren der Kuppel aus hochkantigen Bohlen ausbilden, durch Pfetten als Ringe verbinden und mit Diago-

Fig. 398.

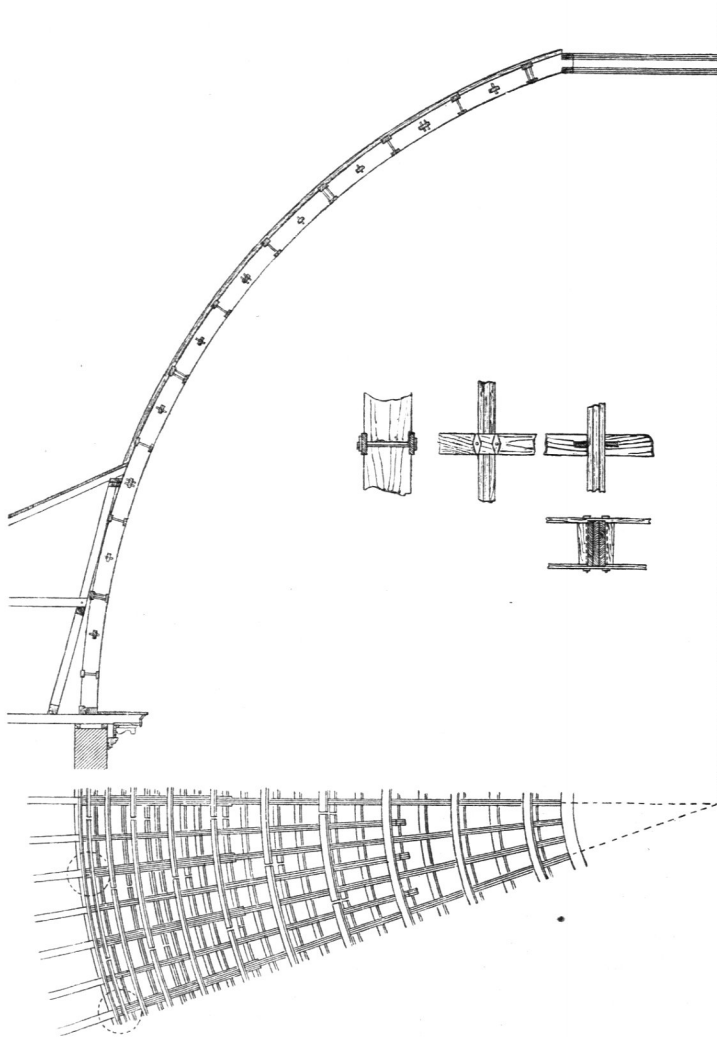
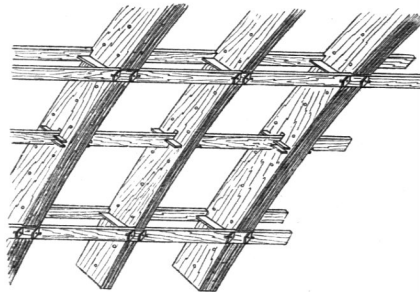
 $\frac{1}{200}$  n. Gr.

Fig. 399.

 $\frac{1}{100}$  n. Gr.Von der katholischen Kirche zu Darmstadt <sup>196)</sup>.

<sup>196)</sup> Nach: MOLLER, a. a. O., Heft I.

nalen in allen Seitenfeldern versehen; dann erhält man das vorstehend beschriebene Kuppelgerippe. Man kann auch die Bohlengefäße so nahe an einander stellen, daß auf ihnen ohne Weiteres die Schalung, welche dann die Diagonalen ersetzt, angebracht werden kann. Eine solche Kuppel ist die von *Moller* entworfene und

ausgeführte Kuppel der katholischen Kirche zu Darmstadt (Fig. 398<sup>196</sup>), welche, zweckmäßig und wohl überlegt erdacht, vielfach als Vorbild gedient hat und weit bekannt geworden ist.

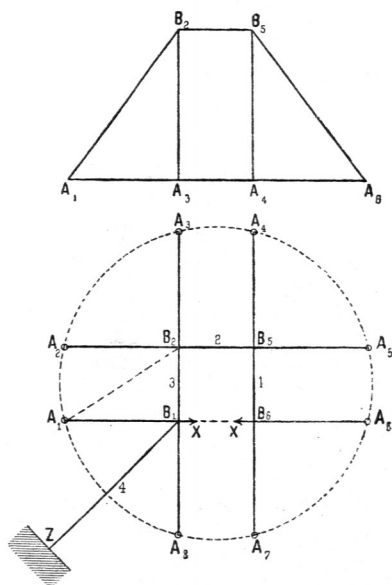
Sie überspannt einen Grundkreis von 33,50 m Durchmesser, besteht aus 56 radial gestellten Bohlenparren, welche sich oben gegen einen gleichfalls aus Bohlen hergestellten Laternenring lehnen und unten auf einen gemeinsamen Fußsring setzen. Zwischen je zwei dieser Hauptparren ist ein weiterer angeordnet, der aber nicht bis zum Laternenring hinauf reicht. Die Sparren werden durch herumlaufende Ringe — von *Moller* Gurtbänder genannt — mit einander verbunden, welche Ringe 2,125 m von einander entfernt sind. Außer diesen laufen auch Querriegel rings um die Kuppel, alle Bohlenbogen mit einander verbindend; je ein Querriegel liegt zwischen zwei Gurtbändern. Endlich ist noch, etwa in ein Drittel der Höhe über der Auflagerebene, ein herumlaufender Ring aus zwei über einander liegenden Hölzern angeordnet, welcher durch schief gestellte Pfosten gestützt wird und für das äußere Dach als Pfette dient; dieser Ring soll eine wagrechte Verschiebung der ganzen Kuppel verhüten. Diagonalen sind nicht angebracht; ihre Stelle vertritt wohl die Schalung. Die Bohlenbogen bestehen im unteren Theile

aus 5 und im oberen Theile aus 3 hochkantigen Bohlenlagen, jede 5 cm stark und 38 cm breit; sie sind aus 1,60 m langen Bohlenstücken zusammengesetzt; die Zwischensparren haben nur je drei Bohlenlagen. Die Gurtbänder sind aus jungem, geriffenem Eichenholz, 10 cm hoch, 25 cm stark und laufen außen und innen um die ganze Kuppel herum. Die Verbindung derselben mit den Bohlenparren ist in Fig. 399 dargestellt, eben so die der Querriegel, welche aus 12 cm hohen Bohlen gebildet sind und durch die Bohlenbogen hindurchgehen. Besonders gefürchtet wurde bei der Herstellung dieser Kuppel das ungleiche Setzen und Senken einzelner Bohlenparren, da bei der großen Länge der Sparren eine große Zahl von Stofsugen vorhanden ist. Deshalb wurden die Gurtbänder mit ihrer halben Stärke in die Bohlenparren eingelassen, so daß sie mit der hohen Seite tragen; dadurch sollte verhindert werden, daß die ungleichmäßigen Senkungen sich nach oben oder unten fortsetzten. Wegen weiterer Einzelheiten wird auf die unten erwähnte Quelle<sup>196</sup>) verwiesen.

Unter Umständen kann auch die Anordnung mit radialen Bindern empfehlenswerth sein; nur muß man Sorge tragen, daß das entstehende Fachwerk stabil ist. Die zwei nachstehend beschriebenen Constructionen bieten keine stabilen Fachwerke, worauf hier besonders hingewiesen wird.

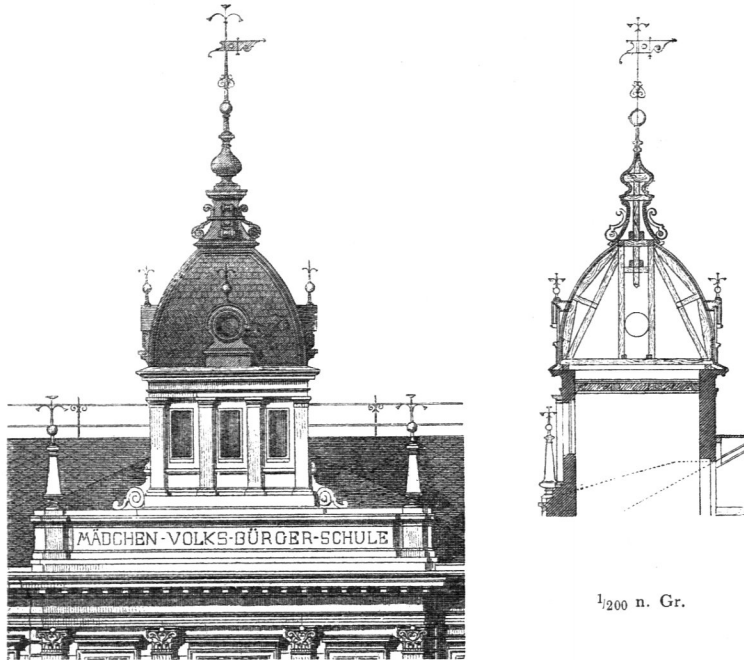
140.  
Aeltere Kuppel-  
Construction.

Fig. 401.



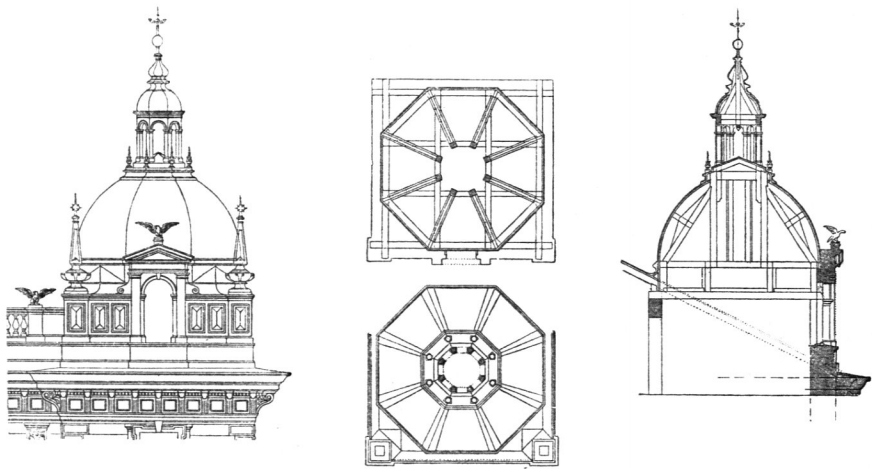
Zwei in lothrechten, einander unter 90 Grad schneidenden Ebenen liegende Fachwerke  $A_1 C A_3$  und  $A_2 C A_4$  (Fig. 400) stützen sich auf die vier festen Auflager  $A_1$ ,

Fig. 402.

 $\frac{1}{200}$  n. Gr.Von der Mädchen-Volkschule zu Neutitschein<sup>197)</sup>.

$A_2, A_3, A_4$ . Punkt  $C$  ist durch Verbindung mit  $A_1, A_2, A_3$  und  $A_4$  gleichfalls im Raume fest gelegt, und zwar mit einem Stabe mehr, als nöthig wäre. Fügt man nun  $B_1, B_2, B_3, B_4$  hinzu, indem man diese Punkte je mit  $C$  und dem betreffenden Auflagerpunkte  $A$  verbindet, und die Stäbe  $B_1, B_2, B_3, B_4$  anbringt, so wäre zu untersuchen, ob dieses Fachwerk stabil ist. Wäre dies der Fall, so könnte man

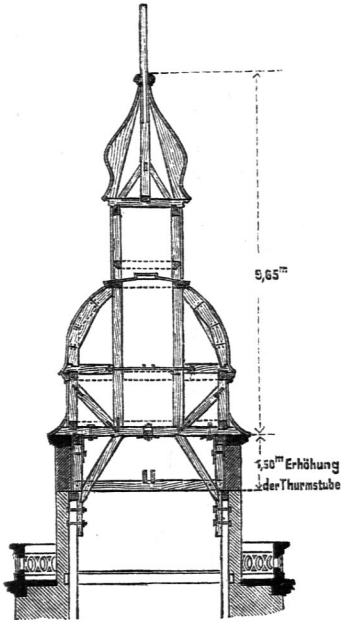
Fig. 403.

Von einem Wohnhaus zu Wien<sup>198)</sup>. $\frac{1}{200}$  n. Gr.

<sup>197)</sup> Facf.-Repr. nach: Allg. Bauz. 1889, Bl. 27.

<sup>198)</sup> Facf.-Repr. nach ebendaf., 1883, Bl. 65.

Fig. 404.

Vom Rathaus zu Münsterberg<sup>199)</sup>. $\frac{1}{200}$  n. Gr.

weiter darauf aufbauen, insbesondere zwischen die Hauptbinder Zwischenbinder setzen, welche sich gegen die Hölzer  $B_1 B_2$ ,  $B_2 B_3$ ,  $B_3 B_4$ ,  $B_4 B_1$  lehnen.

Die Zahl der Auflagerunbekannten ist  $n = 3 \cdot 4 = 12$ , die Zahl der Knotenpunkte  $k = 9$ ; es muß also die Zahl der Stäbe  $s = 3 \cdot 9 - 12 = 15$  sein. Vorhanden sind 16 Stäbe, und da  $C$  durch einen Stab zu viel mit den Auflagern verbunden ist, so wäre demnach Stabilität möglich.

Baut man von unten auf, indem man die Auflager  $A$  und Punkt  $C$  als fest ansieht, so verbinden wir  $B_1$  mit  $A_1$ ,  $C$  und  $Z$  (der Verbindungsstab  $B_1 Z$  ist ein nachher fortzulassender Ergänzungsstab); Punkt  $B_2$  wird mit  $A_2$ ,  $C$ ,  $B_1$ , Punkt  $B_3$  mit  $A_3$ ,  $C$ ,  $B_2$ , Punkt  $B_4$  mit  $A_4$ ,  $C$ ,  $B_3$  verbunden. Es fragt sich, ob Stab  $B_1 Z$  durch  $B_1 B_4$  ersetzt werden kann. Wirkt in der Richtung  $B_4 B_1$  in den Punkten  $B_1$  und  $B_4$  je  $X$ , so erhält man leicht als Spannungen in den Stäben 1, 2, 3 . . .

$$S_1' = -2 X \sin 45^\circ, S_2' = +X = S_3' = S_5',$$

$$S_4' = -2 X \sin 45^\circ, S_8 = 0.$$

Stab  $B_1 B_4$  kann also Stab  $B_1 Z$  nicht ersetzen (siehe Art. 120, S. 150); die Construction ist nicht stabil. Man kann also auf dieser Grundlage nicht weiter aufbauen.

Man hat wohl im Grundriss vier einander unter 90 Grad kreuzende Hängewerke, deren je zwei parallel sind, angeordnet (Fig. 401); in den Schnittpunkten derselben sind die Hängefäulen, welche unter Umständen als Laternen-, bzw. Dachreiter-

pfeften weiter geführt werden.

Verfährt man hier so, wie so eben gezeigt, und führt  $B_1 Z$  als Ergänzungsstab ein, so erhält man, wenn in den Punkten  $B_1$ , bzw.  $B_6$  je  $X$  als Zug in der Richtung  $B_1 B_6$  wirkt,

$$S_1 = -X, S_2 = +X, S_3 = -X, S_4 = 0.$$

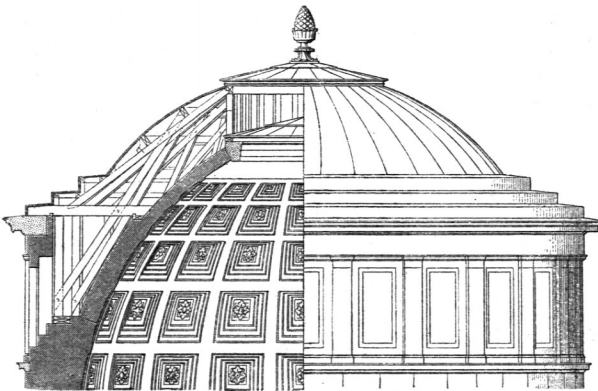
Auch dieses Fachwerk ist also eigentlich unbrauchbar. Dennoch kann man es ausführen, wenn die Abmessungen kleine oder mittlere sind und die Kuppel verschalt wird. Man sieht nämlich leicht, daß das räumliche Fachwerk sofort stabil wird, wenn man die Diagonale  $A_1 B_2$  einzieht; denn dann wird Punkt  $B_2$  durch Verbindung mit  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  räumlich bestimmt, eben so Punkt  $B_5$  durch Verbindung mit  $B_2$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ , Punkt  $B_6$  mit  $B_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$  und Punkt  $B_1$  mit  $B_6$ ,  $A_8$ ,  $A_1$ . Die Diagonale wird aber durch die Schalung vollständig ersetzt.

Eine in dieser Weise construirte Kuppel zeigt Fig. 402<sup>197)</sup>.

Den günstigen Einfluss der Schalung kann man auch bei der in Fig. 403<sup>198)</sup> dargestellten Construction mit in Rechnung ziehen.

Acht radiale Halbbinder setzen sich gegen die durch einen im Grundriss achteckigen Laternenring mit einander verbundenen Pfeften. Wenn in den Seitenflächen der Kuppel Diago-

Fig. 405.

Vom Badehaus zu Oeynhaufen<sup>200)</sup>. $\frac{1}{150}$  n. Gr.

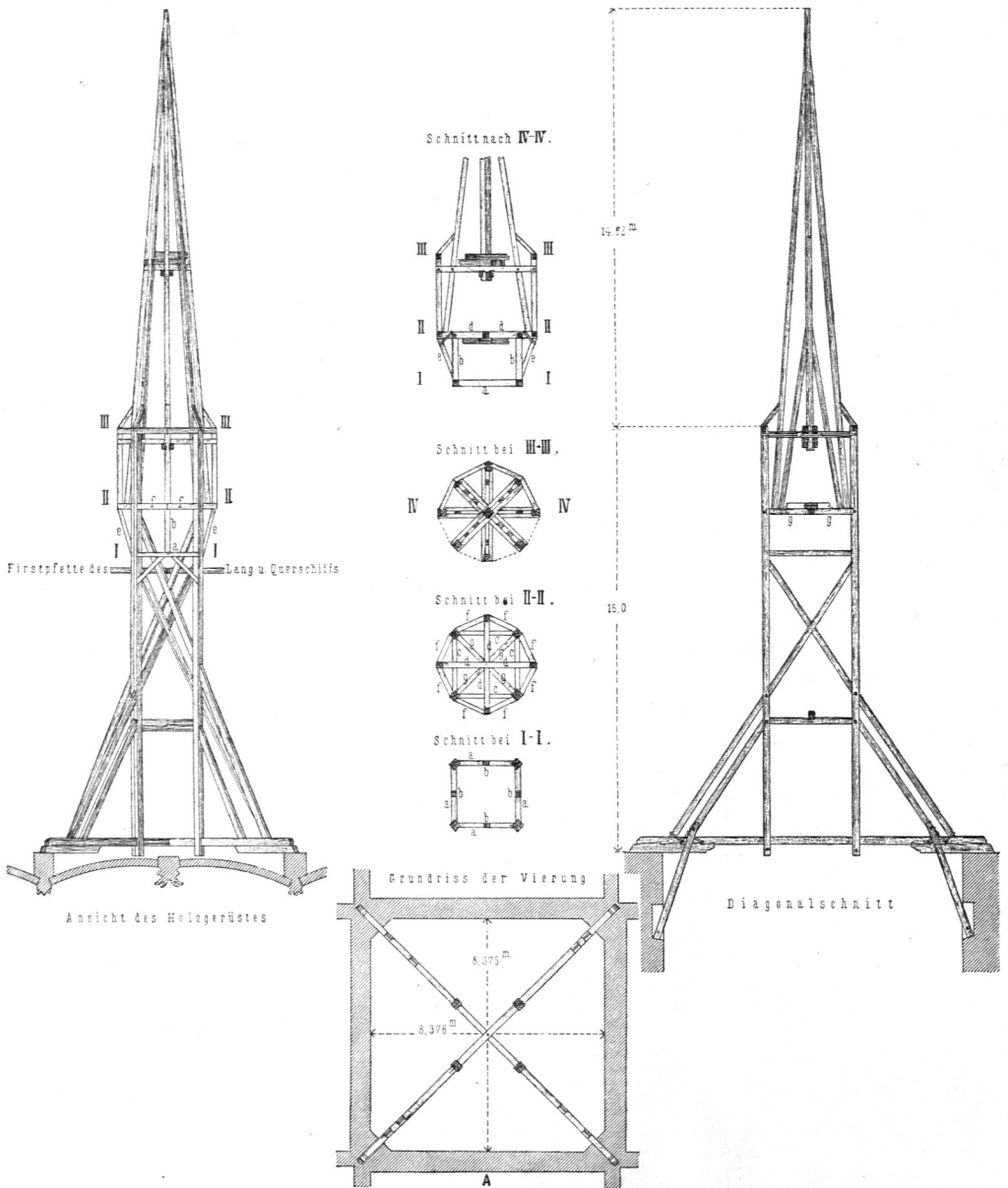
<sup>199)</sup> Facf.-Repr. nach: Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 131.

<sup>200)</sup> Facf.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1858, Bl. 23.

nalen wären, so würde das Fachwerk (als Flechtwerk) stabil sein; die Schalung vertritt die Stelle der Diagonalen.

Ähnlich ist die Anordnung in Fig. 404<sup>199)</sup>.

Fig. 406.



Von der Weißgerberkirche zu Wien<sup>201)</sup>.

<sup>1</sup>/<sub>270</sub> n. Gr.

Dieselbe zeigt ein kuppelartiges Thurmdach für kleine Weiten über achteckigem Grundriss. Es scheint, daß die ganze Construction auf zwei einander unter 90 Grad schneidenden Balken ruht, in welche sich Wechsel unter 45 Grad fetzen, die dann die über Ecke gelegten Stichbalken aufnehmen.

<sup>201)</sup> Nach: WIST, J. Studien über ausgeführte Wiener Bau-Constructionen. Wien 1872. Bd. I, Bl. 20, 21.

Auf diese 8 radial liegenden Balken sind die 8 Stiele aufgesetzt, welche oben einen Laternenring tragen; gegen diesen, bezw. die Stiele setzen sich die Kuppelstärren.

Sehr einfach wird die Construction, wenn es zulässig ist, die Holzkuppel auf die innere, gemauerte Kuppel zu stützen. Eine solche ohne Weiteres leicht verständliche Anordnung zeigt Fig. 405<sup>200)</sup>.

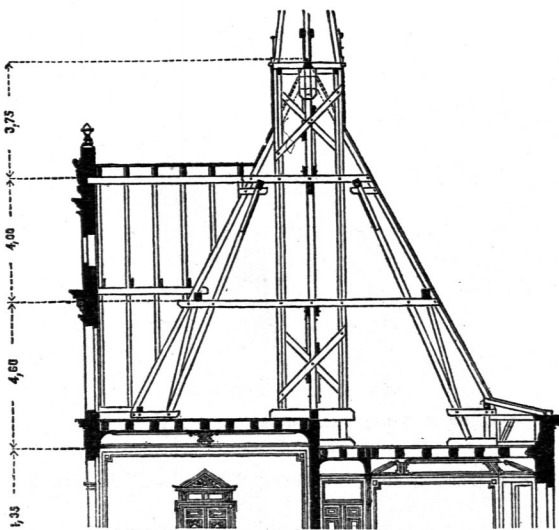
Am Widerlager der Kuppel stehen auf einer Holzschwelle Stiele, die an ihrem oberen Ende wagrechte Zangen tragen; die Zangen finden ein zweites Auflager auf dem Kuppelmauerwerk; sie nehmen die tragenden Sparren auf, welche sich oben in einen Laternenring setzen, der gleichfalls vom Kuppelmauerwerk getragen wird.

#### d) Dachreiter.

Die Dachreiter sind Thürme von gewöhnlich kleinen Abmessungen, welche sowohl auf einfachen Satteldächern, wie besonders bei Kirchen, gern an der Schnittstelle des Lang- und Quer Schiffes, also über der Vierung angeordnet werden; auch als Schmuck von flachen Zeldächern und Kuppeldächern kommen Dachreiter vielfach zur Anwendung. Sie haben meistens zunächst über der Dachfläche einen lothrechten, vier- oder achtseitigen Theil, über welchem dann der pyramidale Theil, der eigentliche Thurm folgt. Damit die auf den Dachreiter wirkenden Kräfte sicher in das stützende Mauerwerk geführt werden, setze man die Dachreiter auf genügend starke Constructionen, z. B. auf die Dachbalkenlage oder Hängewerke u. dergl. Wenn der im Inneren des Daches befindliche Theil der Construction vier Stiele hat, aus denen oberhalb des Dachfirstes der Uebergang in das Achteck erfolgt, so kann man diese Stiele entweder in die Firstlinie, bezw. in die beiden sich kreuzenden Firstlinien legen oder zwischen dieselben anordnen; für beide Lagen sind weiterhin Beispiele vorgeführt. Zur Erläuterung der Construction der Dachreiter dienen Fig. 406 bis 411.

141.  
Zweck  
und  
Construction.

Fig. 407.



Vom Bankgebäude des Sparcassenvereins zu Danzig<sup>202)</sup>.

<sup>1/250</sup> n. Gr.

Fig. 406<sup>201)</sup> zeigt den Dachreiter von der Weißgerberkirche zu Wien.

Derselbe ist über der Vierung errichtet, ruht vermittels vier Doppelpfosten auf Balken, welche in den lothrechten Diagonalebene der Vierung verlegt sind. Die Doppelpfosten sind in den beiden Diagonalebene vermittels mehrfacher Hängewerke kräftig verstrebt, deren Streben zwischen den Doppelpfosten durchgehen. Die Lage der Firstpfetten der anschließenden Dächer ist in Fig. 406 angegeben. Beachtenswerth ist auch die Ueberführung aus dem Viereck der Pfosten in das Achteck. Bei I—I ist das Gerüst noch vierseitig; dort sind zwischen die Doppelpfosten Balken *a* eingezapft, welche die in den vier Seitenebenen befindlichen Pfosten *b* tragen. Bei II—II sind in denselben Seitenebenen die Balken *c* angebracht, welche die Querbalken *d* tragen; diese reichen über die Seitenebenen so weit hinaus, wie es die Achteckform bedingt, und sind durch Kopfbänder *e* gegen die Balken in der Höhe I—I abgestützt. Randhölzer *f* verbinden die

<sup>202)</sup> Facs.-Repr. nach: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 500.