

2°

612

DIE
DOMKUPPEL IN FLORENZ
UND DIE
KUPPEL DER PETERSKIRCHE IN ROM.

ZWEI
GROSSCONSTRUCTIONEN DER ITALIENISCHEN RENAISSANCE

VON

DR. JOSEF DURM

GROSSHERZOGL. BADEN. BAUDIREKTOR UND PROFESSOR DER ARCHITEKTUR
AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN KARLSRUHE.

MIT 4 KUPFERTAFELN.

(SONDERABDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN, JAHRG. 1887.)

BERLIN 1887
VERLAG VON ERNST & KORN
(WILH. ERNST)
GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.

TUM
TB Stammgelände

0004

C

980



DIE
DOMKUPPEL IN FLORENZ
UND DIE
KUPPEL DER PETERSKIRCHE
IN ROM.



DIE
DOMKUPPEL IN FLORENZ
UND DIE
KUPPEL DER PETERSKIRCHE IN ROM.

ZWEI
GROSSCONSTRUCTIONEN DER ITALIENISCHEN RENAISSANCE

VON

DR. JOSEF DURM

GROSSHERZOGL. BADEN. BAUDIREKTOR UND PROFESSOR DER ARCHITEKTUR
AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN KARLSRUHE.

MIT 4 KUPFERTAFELN.

(SONDERABDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN, JAHRG. 1887.)

BERLIN 1887
VERLAG VON ERNST & KORN
(WILH. ERNST)
GROPIUS'SCHE BUCH- UND KUNSTHANDLUNG.

A. Die Domkuppel in Florenz.

Die Veröffentlichung der Bauacten über die Florentiner Domkuppel durch Cesare Guasti¹ und derjenigen über den Langhausbau mit ihren Ausführungen von Camillo Boito,² sowie die Schrift des A. Nardini über den Antheil Brunellescos am Baue,³ haben manche der seither herrschenden Ansichten über die Entstehung und die technische Ausführung des Bauwerkes erschüttert, es sind auch die neuen Ergebnisse von Kunstschriftstellern und Architekten schon mannigfach beherzigt und verwertet worden, ausgiebig z. B. von Dr. O. Mothes,⁴ ferner von W. Bode in der fünften Auflage des „Cicerone“⁵ und zumtheil von W. Lübkes Architekturgeschichte⁶ — kaum oder gar nicht dagegen von J. Burckhardt,⁷ von Paul Laspeyres⁸ und von R. Redtenbacher.⁹

Nach Boito (a. a. O. S. 255 bis 257) wurden am 21. Juli 1294 die ersten Verordnungen für die bereits begonnene Kirche ausgegeben, 1294 im September oder 1296 fand — je nachdem Villani oder eine alte Inschrift Recht hat — die feierliche Grundsteinlegung statt (*si benedice la prima pietra*), am 1. April 1300 erhielt der Dombaumeister Arnolfo Steuerfreiheit bis zu seinem am 13. März 1310 erfolgten Tode.

W. Bode (Cicerone, S. 57) läßt den Bau 1296 beginnen, den Meister Arnolfo schon 1300 sterben und in diesen vier Jahren die zwei ersten Joche von der Westseite aus einwölben. Die nun folgende Thätigkeit des 1336 gestorbenen Giotto kann hier außer Betracht bleiben.

Nicht bestritten wird bis jetzt die Angabe, daß am 30. August 1367 ein von den Obermeistern (Capomaestri) Francesco Talenti und Giovanni di Lapo Ghini gefertigtes Baumodell der Kirche öffentlich ausgestellt und angenommen wurde und daß am 19. November des gleichen Jahres alle seitherigen Zeich-

nungen und Modelle, mit Ausnahme des genannten, vernichtet wurden. Mit dieser Zerstörung der älteren Modelle wird auch die Annahme J. Burckhardts (gestützt auf eine Stelle in Brunellescos vita anon. ed. Moreni. 167), daß Brunellesco ein von Arnolfo 1310 hinterlassenes Modell gekannt habe, hinfällig (siehe Geschichte der Renaissance in Italien, S. 25). Der Plan Arnolfos war demnach verlassen worden, nachdem seine Ausführung schon früher ins Stocken gerathen war.

Dreiundsiebzig Jahre nach der Grundsteinlegung gab man somit den alten Plan auf und die neuen Baumeister legten mit theilweiser Beibehaltung der seitlichen Umfassungsmauern und der Giebelmauer die Kirche größer an und erweiterten den inneren Kuppeldurchmesser auf das jetzige Maß, indem sie ihn gleich der ursprünglichen äußeren Giebelbreite machten (vergl. Boito, Abbildung 24 oder deren Abdruck bei Mothes, Abbildung 203; a. a. O.). Die größere Länge des Schiffes, der größere Durchmesser des Achteckes hatten wohl auch eine durchgreifende Umgestaltung der Kuppel im Aeußeren im Gefolge, die nach obigem auch erwiesen sein würde, wenn die Kirche auf dem bekannten, vor 1334 gemalten Fresco in der Capellone degli Spagnuoli der Maria novella in Florenz eine Abbildung des Modells von Arnolfo nicht ist. Boito glaubt bestimmt an die Uebereinstimmung des Bildes mit Arnolfos Entwurf, während Bode im Cicerone den Nachweis zu liefern verspricht, daß das Bild die Kirche Arnolfos nicht vorstelle. Schenken wir zunächst den Ausführungen Boitos Glauben, so besteht der wesentliche Unterschied zwischen der Kuppel des Arnolfo und der des Talenti in dem höheren Tambour, der bei letzterem über das Hauptgesims des Mittelschiffes noch emporgeführt und von acht Rundfenstern durchbrochen ist, während er von Arnolfo, nach dem Frescogemälde, nicht höher als das Hauptgesims des Mittelschiffes angenommen war [vergl. Abbildung auf Blatt 2]. Die Spitzkuppel mit vortretenden Eckrippen und Laterne waren bei beiden die gleichen, und nur in der mehr oder weniger steilen Führung der Umrifslinie der Kuppel konnte ein Unterschied obgewaltet haben.

Auch nach Nardini (a. a. O.) hatte das Modell von 1367 den höheren Tambour mit den Rundfenstern vorgesehen, denn bis 1420 wurden die Meister eidlich verpflichtet, von diesem nicht abzuweichen; nach der gleichen Quelle war mit der Aufmauerung des Tambours mit den Rundfenstern 1407 begonnen worden und dieselbe urkundlich 1409 zum größten Theil schon ausgeführt.

Diese Ansicht theilt Laspeyres (a. a. O. S. 1) und auch Bode (Cicerone, S. 89); — Lübke (a. a. O. S. 276) und Redtenbacher (a. a. O. S. 62) halten an der alten Vasari-Aussage, daß

1) La cupola di Santa Maria del Fiore, illustrata per Cesare Guasti. In Firenze per Barbera Bianchi. 1857.

2) Architettura del medio evo in Italia, ricerche di Camillo Boito, Milano — Ulrico Höpli 1880 — Il duomo di Firenze e Francesco Talenti, p. 185 bis 295.

3) Filippo di Ser Brunellesco e la cupola del duomo di Firenze, Studi di A. Nardini — Despotti — Mospignotti. Livorno, Maucci 1885 — besprochen im Repertorium für Kunstwissenschaft Bd. IX, 4. Heft, S. 481 ff.

4) Dr. O. Mothes, Die Baukunst des Mittelalters in Italien — Jena 1884.

5) Der Cicerone, Leipzig 1884, S. 57 und 89.

6) W. Lübke, Geschichte der Architektur. Sechste Auflage, II. Bd. S. 276.

7) J. Burckhardt, Geschichte der Renaissance in Italien. Stuttgart, II. Auflage. 1878.

8) Paul Laspeyres, Die Kirchen der Renaissance in Mittelitalien. Berlin und Stuttgart 1882.

9) R. Redtenbacher, Architektur der italienischen Renaissance. Frankfurt 1886.

Brunellesco 1407 den Rath zum Bau des Tambours mit den Rundfenstern, d. h. in seiner jetzigen Gestalt, gegeben habe, fest. Guasti ist in seiner Ansicht unsicher und glaubt, daß die Architektur und Profilirung des Gesimses, über dem sich der Tambour mit den Rundfenstern erhebt, nicht auf dessen Ausführung nach einer alten Zeichnung schliessen lasse. In dem Umstande, daß 1407 die mittlere Tribuna mit ihren fünf Capellen und 1421 die dritte und letzte abgerüstet wurde, kann er keine Gewähr erblicken, daß der Tambour vor dem Eintritt Brunellescos nach der Zeichnung Arnolfos (heute würde er wohl sagen Talenti) schon ausgeführt gewesen sei. Thatsache ist, daß Brunellesco in den Urkunden zum ersten Male 1417 erscheint (Guasti, a. a. O. prospetto chronologico, S. 189) und daß es sich bei den Wettbewerben von 1417 nicht um die Gewinnung eines neuen Entwurfes für die Kuppel im ganzen, d. h. mit Unterbau, handelte, sondern lediglich nur um die Art der Ausführung der Kuppel vom Tambourabschluss aufwärts. „Armadura“ und „Pontes“ spielen die Hauptrolle. Die Erläuterungen für die Ausführung, mit welchen Brunellesco im April 1420 sein Modell begleitete, sind bis auf die Bestimmung der Bogenlinie der Kuppel durchaus technischer und nicht künstlerischer Natur. Der Techniker Brunellesco und nicht der Künstler Brunellesco hatte den Löwenantheil bei der Aufgabe; letzterem fielen nur die Bestimmung der Umrisslinie der Kuppel, die Ausbildung der Marmorrippen und später der Laterne zu, für welche man ja erst 1432, nach florentiner Brauch von Fall zu Fall vorgehend, eine weitere Wettbewerbung eröffnete, bei der sich Brunellesco die Krone seines Werkes im Kampfe erringen mußte — wohl als ein Beweis des Vertrauens, das er sich durch seine Kuppelausführung bei seinen Mitbürgern erworben hatte!

Nardini läßt sogar die Aufmauerung der Kuppel schon bis zu einer Höhe von sechs Braccien gediehen gewesen sein, als Brunellesco, Ghiberti und Battista d'Antonio den Bau übernahmen; mithin habe er den ersten Macignoring nicht einmal angegeben und auch die Form der Wölbungslinie sei schon eine gegebene gewesen (zum Beleg ein Gutachten des Giovanni da Prato 1426), sowie auch die Idee der Doppelkuppel, auf welche die 1413 bis 1420 ausgeführten Kuppeltheile mit ihren ausgesparten Gängen und Treppen und der genannte erste Verankerungsring hinwiesen.

Nach diesem ist also das Verdienst Brunellescos um die Erfindung der Kuppel gleich Null und nur die im Stil beklagenswerthe Durchbildung der Einzelheiten und die Art der Construction sein Werk und am Baue selbst noch, nach den Urkunden in den „Carte Stroziane“, die vier halbrunden Aedicula über den Sacristeien. Hier dürfte Nardini doch zu weit gegangen sein. Sachlich ist dagegen anzuführen, daß der Mittelpunkt der Bogenlinie der Kuppel beinahe zwei Ellen über der Oberkante des innern Umgangsgesimses (obersten Tambourgesimses) liegt und dieses Stück Kuppelgemäuer für die Beurtheilung der Form der Wölbungslinie nicht herangezogen werden kann, da es beinahe noch senkrecht aufsteigt, und weil das Material für das Kuppelgesims (per leghame della chornicie della Chupola) erst am 15. Juni und 31. October 1420 angefahren wurde (Guasti, Nr. 184 Fuhrmannsrechnungen, a. a. O.).

Brunellesco würde aber sicher in seiner Baubeschreibung die Ausführung eines Steinringes, auf dem die beiden Kuppeln zugleich aufsetzen sollen, nicht anempfohlen haben, wenn ein solcher schon vorhanden gewesen wäre. Den Gedanken einer Doppelkuppel brauchte er allerdings nicht erst zu erfinden, derselbe war, wenn auch noch nicht ganz ausgereift, in der nahegelegenen Taufkirche von San Giovanni und in der von Cremona schon vorhanden; es konnte deshalb sehr wohl auch schon in der Absicht des Talenti (der diese Vorbilder wohl auch nicht unbeachtet gelassen hatte) gelegen haben, eine solche auszu-

führen. Das Modell des Talenti kennen wir nicht und können deshalb auch nicht beurtheilen, wie weit Brunellesco von diesem beeinflusst werden konnte. In der angeführten Stelle bei Burckhardt dürfte wohl — statt Arnolfo — Talenti zu setzen sein; dann wissen wir wenigstens, daß Brunellesco an des letzteren Modell nichts weiter auszusetzen hatte, als daß dessen Ausführung ein Gerüst vom Boden aus nöthig gemacht haben würde. Es hatte demnach Talenti's Kuppel wohl eine weniger steile Form als die heutige, es näherte sich die Wölbungslinie mehr dem Viertelskreis und hätte bei der Ausführung zum „Wölben auf Schalung und auf Traggerüsten“ geschritten werden müssen.

Angesichts dieser Thatsachen und Vorbilder hatte es Brunellesco doch kaum nöthig, nach Rom zu gehen „um an Römerbauten die Methode aufzufinden, wie er die Kuppel von Sta. Maria del Fiore einwölben könne.“ In Rom giebt und gab es aus antiker Zeit weder Klostergewölbe noch Doppelkuppeln, und wenn gesagt wird: „die Elemente, welche die Kunst der Renaissance bedingen, bestehen in der römischen Constructionsweise“ (vergl. Redtenbacher, a. a. O. S. 62 und 63), so ist dies ein Irrthum, oder trifft doch nur bedingungsweise zu.

Die Vorkommnisse bei der Wettbewerbung um die Domkuppel sind bei Guasti aus den Acten zu lesen; dieselben sind auch sonst hinlänglich bekannt geworden, gleichwie der Erfolg. Nachdem am 20. December 1418 den Preisrichtern das zukünftliche Honorar ausbezahlt worden war, erhielten am 11. Juli 1419 Brunellesco und am 11. August 1419 Ghiberti gleichfalls Belohnungen für ihre Modelle. Nach den Acten wurde am 29. December 1419 an Brunellesco, Nanni d'Antonio di Banco und Donatello eine weitere Zahlung geleistet für ein gemauertes Modell, an dem gezeigt wurde, daß man ohne Schalung und Traggerüste (ich sage nicht ohne Lehr- oder Hilfsgerüste, denn das wäre unrichtig) einen Theil der Kuppel wenigstens einwölben könne.

1420 machte Brunellesco nach der Angabe der vier Abgeordneten allein ein Modell und schliesslich im Verein mit Ghiberti ein solches der ganzen Kirche. Am 30. April 1420 wurden die Vorbereitungen zum Mauern getroffen, am 15. Juni 1420 Macignosteine für die große Kuppel angefahren, am 28. Juni 1420 acht tannene Lehrbogen für die große Kuppel gefertigt, am 9. Juli 1420 wurde Eisenzeug als Verbindungsmaterial für die große Kuppel geliefert, am 7. August 1420 mit dem Mauern begonnen und am 31. October 1420 wurden u. a. 120 Ellen der erwähnten Macignoquadern für die Verbindung des Kuppelgesimses angefahren. — Angesichts dieser Thatsachen kann die Angabe Bodes (Cicerone S. 88, Fußnote) „zur Wölbung wurde 1425 der Grund gelegt“, auf sich beruhen bleiben.

„Für die Beurtheilung der Domkuppel ist die Denkschrift und die Baubeschreibung Vasaris maßgebend“ — so Redtenbacher (a. a. O. S. 68) und mit ihm viele Andere! Das ist eben nicht der Fall, denn verglichen mit dem von Guasti (51 u. 52) herausgegebenen Originalberichte aus dem Jahre 1420 ist jene weniger klar und in den Maßangaben vielfach unrichtig, auf welchen Umstand Guasti in zugehörigen Fußnoten aufmerksam macht. Auch gab Brunellesco im folgenden Jahre (13. März 1421) weitere Bestimmungen heraus, welche jene früheren zum Theil aufhoben.

Wie stimmt nun aber weiter die Baubeschreibung Brunellescos mit der wirklichen Ausführung? — Ganz und gar nicht! Bekundet der theilweise Widerruf der technischen Maßnahmen im Jahre 1421 eine gewisse Unsicherheit des Baumeisters, so erscheint diese noch auffallender, wenn man die Ausführung mit dem Bilde vergleicht, das Brunellesco in seinem verbesserten Baubefehl giebt. In der Zeit von 1417 bis 1421 war sich der Mann noch nicht klar geworden über das, was er

im Einzelnen sollte, aber in der Praxis traf er zur Zeit dann doch das Richtige.

Die Uebersetzung des, in den folgenden Fußnoten 1) bis 14) aufgeführten ursprünglichen, nun zu beleuchtenden und zu untersuchenden Wortlautes der hochwichtigen Schriftstücke lautet wie folgt:

„Im Jahre 1420 gegebene Anleitungen des Brunelleschi für die Ausführung der Kuppel nach seinem Modell, mit einer Verbesserung aus dem Jahre 1421.“*)

1) „... Erstens: Die Kuppel hat auf der Innenseite das Längenmaß eines $\frac{1}{5}$ Spitzbogens (oder streckt sich, macht sich lang im Verhältniß eines $\frac{1}{5}$ Spitzbogens); am Fußpunkt ihrer Entwicklung sei sie $3\frac{3}{4}$ Ellen dick, man maure sie verjüngt, sodafs sie beim Anschluß an die Scheitelöffnung, welche das Fundament und die Grundlage für die Laterne abgeben muß, noch $2\frac{1}{2}$ Ellen dick bleibe.“

Nicht ohne weiteres verständlich ist die Stelle „lunga a misura di quinto acuto.“ Was war der „quinto acuto“, der $\frac{1}{5}$ Spitzbogen? Der fünfte Theil des zugehörigen Kreisumfangs? Vielleicht, aber dann geräth die Kuppel sehr viel niedriger als sie jetzt ist. Da sich Brunellesco in der Ausführung auch sonst verbesserte, so könnte in dieser Nichtübereinstimmung eine spätere Aenderung zu erkennen sein. Vasari-Uebersetzer legen die genannte Stelle mit: „Maß und Form eines Spitzbogens, der aus $\frac{4}{5}$ der Spannweite construiert ist“, aus. In Wirklichkeit ist aber der Spitzbogen genau ein Kreissectant, wenn die Aufnahmen von Sgrilli*) richtige sind, und nicht mit einem Radius von $\frac{4}{5}$ des Durchmessers geschlagen. Sgrilli findet den Radius in der Geraden, welche im Grundplan von dem Halbierungspunkt einer Achteckseite nach dem gegenüberliegenden Eckpunkt III gezogen wird. Die Wölbungslinie kann bei dem Eintritt Brunellescos keine unumstößlich gegebene gewesen sein, wenn er deren Construction anzugeben für nöthig erachtet hat.

2) „Dann mache man über dieser eine andere äußere Kuppel, um die innere vor Feuchtigkeit zu schützen und weil sie so viel prächtiger und aufgeblähter, d. h. schwellender in der Form erscheint, und sie sei am Fußpunkt ihrer Entwicklung $1\frac{3}{4}$ Ellen dick und verjünge sich in der Stärke so, dafs sie beim Scheitelring noch $\frac{2}{3}$ Ellen dick bleibt.“

Formale und praktische Gründe führt Brunellesco einzig und allein für die Gestaltung seiner Kuppel an, verschweigt er nur den Handwerkern gegenüber die statischen?

3) „Der Hohlraum, welcher zwischen beiden Kuppeln bleiben wird, sei am Fusse 2 Ellen weit; in diesen Hohlraum lege man die Treppen, um alles zwischen den zwei Kuppeln nachsehen zu können; der genannte Hohlraum habe am Scheitelring noch eine Weite von $2\frac{1}{3}$ Ellen.“

Vergleicht man die unter 1), 2) und 3) von Brunellesco gemachten Angaben über die Stärken der beiden Kuppeln und deren Zwischenraum mit der Ausführung, so stimmt letztere wieder nicht mit der ersteren überein. Der verlangten, gleich-

*) „Istruzione data nel 1420 dal Brunelleschi per costruire la cupola secondo il suo modello; con una emendazione del 1421.“

1) . . . In prima: La cupola, dallo lato di drento a misura di quinto acuto, negli angoli sia grossa nella mossa da piè braccia $3\frac{3}{4}$, e piramidalmente si muri; sicché nella fino, congiunta con l'occhio di sopra, che ha a essere fondamento e basa della lanterna, rimanga grossa braccia $2\frac{1}{2}$.

*) B. S. Sgrilli, descrizione e studj dell' insigne fabbrica di S. Maria del fiore. Firenze MDCCXXXIII.

2) Facciasi un'altra Cupola di fuori sopra questa, per conservarla dallo umido; e perchè la torni più magnifica e gonfiata, e sia grossa nella sua mossa da piè braccia $1\frac{3}{4}$, e piramidalmente segua, che insino all'occhio rimanga braccia $\frac{2}{3}$.

3) El vano che rimarrà da l'una Cupola all'altra, sia da piè braccia 2: nel quale vano si metta le scale per potero cercare tutto tra l'una Cupola e l'altra; e finisca l'detto vano a l'occhio di sopra braccia $2\frac{1}{3}$.

mäßig sich verjüngenden inneren Kuppelmauer von $3\frac{3}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$ Ellen Dicke steht eine solche in drei Absätzen gemauerte, von einer mittleren Dicke von 3,95 Ellen (unten 4,15, oben 3,60) in Wirklichkeit gegenüber, sie ist also viel dicker ausgeführt worden. Die äußere Kuppelschale wurde gleichfalls verjüngt und $1\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Ellen dick verlangt; dieser steht eine gleichförmig dicke Schale (mit Ausnahme des 8 Ellen hohen, 1,3 Ellen dicken unteren Absatzes) von 1 Elle Stärke gegenüber — also wiederum eine Aenderung. Der Hohlraum zwischen beiden Kuppelschalen wurde unten 2 Ellen, oben $2\frac{1}{3}$ Ellen weit verlangt; in Wirklichkeit ist er in den drei verschiedenen Absätzen: 2,1 — 2,5 — 2,75 Ellen breit.

Die unteren Gesamtmaße verhalten sich demnach zu einander wie $(3,75 + 2,00 + 1,25) = 7,00$ (Baubefehl)

zu $(4,15 + 2,1 + 1,3) = 7,55$ (Ausführung).

Die Kuppel wurde demnach am Fusse auch im ganzen etwas über eine halbe Elle stärker ausgeführt.

4) „Es seien 24 Sporen gemacht, von denen 8 auf die Ecken und 16 auf die Kuppelflächen kommen; jeder Ecksporn habe am Fußpunkte 7 Ellen Dicke.

Auf jedem Gewölbefeld zwischen den genannten Ecksporen seien auf der Innen- und auf der Außenseite zwei Sporen; jeder Sporn sei am Fusse vier Ellen dick. Man maure sie zusammen mit den zwei Gewölben und so lang wie diese, in gleichem Verhältniß verjüngt bis zum Scheitelring, der die Laterne trägt.“

Die Sporen sind als zwischen den zwei Gewölbeschalen massiv durchgemauerte bezeichnet und auch so ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, dafs die Ecksporen nicht 7, wie verlangt, sondern nur 6 Ellen dick gemacht wurden. Das Maß der Zwischensporen wurde in der „Verbesserung“ (1421) schon von 4 auf 3 Ellen Dicke zurückgeführt und das letztere in der Ausführung auch beibehalten.

5) „Die genannten 24 Sporen mit den genannten Kuppeln seien ringsum gegürtet von sechs Ringen (Kranzen) von dicken und langen, mit verzinnem Eisen gut verwahrten Macignoquadern, und über die genannten Sandsteinringe lege man noch Eisenreifen, die das genannte Gewölbe mit seinen Sporen umgürten. Am Anfang muß auf die Höhe von $5\frac{1}{4}$ Ellen voll gemauert werden, dann erst kommen die die Gewölbe theilenden Sporen.“

Diese verlangten sechs Macignoringe mit ihren Eisenreifen sind nicht zur Ausführung gekommen. Annähernd übereinstimmend mit der Ausführung ist die Höhenmaßangabe von $5\frac{1}{4}$ Ellen für das Vollmauern des Kuppelfusses.

6) „Der erste und zweite Steinkranz sei je 2 Ellen hoch, der dritte und vierte $1\frac{1}{3}$ Ellen, und der fünfte und sechste Kranz je 1 Elle; aber der erste Steinkranz am Fusse der Kuppel sei überdies durch lange durchbindende Macignosteine (Ankersteine) verstärkt, sodafs die beiden Gewölbe der Kuppel sich auf den genannten Macignokranz aufsetzen.“

4) Sieno fatti ventiquattro sproni, che otto ne sieno negli angoli e sedici nelle faccie; ciascuno sprone negli angoli grosso dappiè braccia sette

Dalla parte di drento, e di fuori, nel mezzo di detti angoli, in ciascuna faccia, sia due sproni; ciascuno grosso dappiè braccia quattro: e lunghe insieme le dette due volte, e piramidalmente murate insieme insino alla sommità dell'occhio inchiuso dalla lanterna, per uguale proporzione.

5) I detti ventiquattro sproni con le dette cupole sieno cinti intorno di sei cerchi di forti macigni, e lunghi, e bene sprangati di ferro stagnato: e di sopra a detti macigni, catene di ferro che cingano d'intorno la detta volta, co' loro sproni. Hassi a murare di sodo, nel principio braccia $5\frac{1}{4}$ per altezza: e poi seguano gli sproni, e dividandosi le volte.

6) El primo e secondo cerchio, alto braccia 2; e l' terzo e quarto, alto braccia $1\frac{1}{3}$; e l' quinto e sesto cerchio alto braccia 1; ma l' primo cerchio dappiè sia, oltre a ciò, afforzato con macigni lunghi per lo traverso, sì che l' una volta e l' altra della cupola si posi in su detti macigni.

Die Beschaffung und Construction des am Fusse des Klostergewölbes liegenden Steinkranzes, der ohne weiteres am Bau zur Zeit nicht festgestellt werden kann, ist durch die, bei den Bauacten befindliche Genehmigung der Behörden beglaubigt. Die fünf weiteren kamen, wie unter 5) bemerkt wurde, nicht zur Ausführung. Sie müßten, wenn ausgeführt, sichtbar sein, da sie den Hohlraum zwischen beiden Kuppeln durchschneiden würden.

7) „Ungefähr alle $12\frac{1}{2}$ Ellen seien zwischen den genannten Gewölben Tonnengewölbchen von einem Sporn zum andern gesprengt beim schmalen Durchgang zur genannten Kuppel; und unter den genannten Gewölbchen seien von einem Sporn zum andern starke Eichenholzringe (kränze) angebracht, welche die genannten Sporen verbinden und die Kuppel innerhalb umgürten; auf die genannten Eichenholzkränze sei noch ein Eisenreif gelegt.“

Würden auf der Strecke von der Kuppelsohle bis zum Scheitelring in Entfernungen von $12\frac{1}{2}$ Ellen die genannten Tonnengewölbchen (eigentlich Quergurtbögen) angeordnet, so wären fünf solcher möglich geworden. In Wirklichkeit sind aber neun solcher eingelegt und nicht von Sporn zu Sporn gesprengt, sondern von Ecksporn zu Ecksporn; es fängt auch der unterste Bogen erst 19 Ellen von der gemeinsamen Sohle der beiden Kuppelschalen an. Die überflüssige Beigabe der mit Eisen armirten, starken Eichenholzringe unter diesen Quergurtbögen kam nicht zur Ausführung.

8) „Die Sporen und die mit den Sporen verbundenen Kuppeloberflächen seien alle von „Macigno“ und „pietra forte“ (Hartstein) bis zur Höhe von 24 Ellen gemauert, und von dieser Höhe an werde mit Backsteinen oder Tuffsteinen weiter gemauert, jenachdem die eine oder andere Sorte für leichter erachtet wird als Sandstein.“

Brunellesco widerruft am 13. März 1421 (vergl. Nachschrift) diese Anordnung, indem er das Mauern mit Hartsteinen nur bis zu einer Höhe von 12 Braccien vom Entwicklungspunkt der beiden Kuppeln (also von der gemeinsamen Kuppelsohle) aus aufwärts gerechnet, gestattet, um das Gewicht der Kuppel zu erleichtern. Der Zweifel, ob Backsteine oder Tuffsteine genommen werden sollen, ist durch den genannten Widerruf ebenfalls gehoben, indem er die Verwendung von Backsteinen von jener Stelle aus bis zum Kuppelschluss bestimmt vorschreibt. In Wirklichkeit sind aber auch noch höherliegende Theile mit Macignoquadern durchschossen.

9) „Aufsenherum über den Rundfenster (des Tambours) mache man einen, mit einem durchbrochenen 2 Ellen hohen Geländer versehenen, auf Consolen ruhenden Umgang, entsprechend denjenigen der unteren Kuppelchen; oder besser zwei Umgänge übereinander über einem schön geschmückten Hauptgesimse, von denen der obere (Umgang) unbedeckt sei.“

Der Gesimsumfang wurde später, wenn auch nicht wie die der unteren Kuppelchen auf Consolen ruhend, dem Sinne — ob der Form nach ist eine andere Frage — nach den Angaben Brunellescos zum Theil ausgeführt, die Fertigstellung

7) E nell' altezza d' ogni braccia $12\frac{1}{2}$ o circa, delle dette volte, sieno volticciuole a botte tra l'uno sprone et l'altro, per audito alla detta cupola; e sotto le dette volticciuole tra l'uno sprone e l'altro, sieno catene di quercia grosse, che leghino i detti sproni, e cingano la volta drento; e in su dette quercia una catena di ferro.

8) Gli sproni murati tutti di pietra di macigno e pietra forte, e le facce della cupola tutte di pietra forte, legato con sprone insino all' altezza di braccia 24: e da indi in su si muri di mattoni o di spugna, secondo che si delibererà per chi allora l'avrà a fare, più leggeri che pietra.

9) Facciasi un andito di fuori, sopra gli occhi, che sia di sotto imbeccatellato con parapetti straforati, e d' altezza di braccia 2 in circa, all' avvenante delle tribunette di sotto; o veramente due anditi, l' uno sopra l' altro, in sun' una cornice ben ornata; e l' andito di sopra sia scoperto.

aber auf die bekannte spöttische Bemerkung Michel Angelos hin unterlassen.

10) „Das Regenwasser der Kuppel laufe in einer $\frac{1}{3}$ Elle breiten Marmorrinne zusammen und ergieße sich in Wasserspeier von Hartsteinen, die unter der Rinne eingemauert sind.“

Die Ausführung des Gesimsunganges unterblieb, mithin kommt diese Maßnahme nicht mehr in Betracht.

11) „Man mache acht Marmorkämme an die Ecken der äußeren Kuppeloberfläche, so dick als es sich schickt, über die Kuppelfläche 1 Elle vorstehend, verziere sie mit 2 Ellen breiten Gesimsen mit Wasserschrägen, sodafs es nach beiden Seiten am höchsten Punkte des Hohlziegels (d. h. des wulstförmigen Firstprofils der Kämme nach den seitlichen Begrenzungen) 1 Elle ist; die Kämme müssen sich von unten auf bis zu ihrem Ende verjüngen.“

Die angegebenen Maße der Marmorkämme, als Kernmaße genommen, entsprechen so ziemlich der Ausführung.

12) „In der oben angegebenen Art maure man die beiden Kuppeln ohne irgend ein Lehrgerüst höchstens bis zu einer Höhe von 30 Ellen; aber von da aufwärts, wie es die Meister, welche zu mauern haben werden, beschließen und bestimmen: weil beim Mauern die Praxis erst lehrt, was man in der Folge zu thun hat.“

Der Zweifel wird durch den „Rapporto dei Proveditori“ vom 24. Januar 1425 (siehe dort) gelöst, indem aus diesem entnommen werden kann, dafs auch für die obere Hälfte der Kuppel kein Traggerüst mit Schalung zur Anwendung kam. Lehrbogen und Hilfsgerüste sind selbstredend bei dem unteren und oberen Theil der Kuppel nicht als ausgeschlossen anzunehmen.

Und nun noch die „emendazione“ vom 13. März 1421:

13) . . . „Jene 16 Sporen, d. h. immer die zwei auf jeder Kuppelfläche, von denen man früher bestimmt hatte, dafs sie 4 Ellen dick auf der Aufsenseite sein müßten, mache man, um überflüssiges Gewicht zu vermeiden, nur 3 Ellen dick auf der Aufsenseite.“

14) „Und jene Kuppeln, von denen man früher bestimmt hatte, dafs sie bis zu einer Höhe von 24 Ellen in Sandstein gemauert werden sollen, mache man um jede Ueberlastung und jedes Zuvielgewicht zu vermeiden, aus Stein nur bis zur Abdeckung über den Kämpfern der kleinen Thürchen, wie man bis jetzt gemauert hat, was ungefähr 12 Ellen über dem Fußpunkt der Kuppel sein wird, und von da maure man aufwärts mit Vierecksteinen, d. i. mit Backsteinen.“

Das sind beides Maßnahmen, die sich auf die Gewichtsverminderung der Kuppel beziehen. Es finden sich nun aber innerhalb der ausgeführten Doppelkuppel weitere Zuthaten, die

10) L' acque della cupola terminino in sun' una ratta di marmo larga braccia $\frac{1}{3}$, e getti l' acque in docce di pietra forte, murate sotto la ratta.

11) Facciasi otto creste di marmo agli angoli nella superficie della cupola di fuori, grosse come si richiede, alte braccia 1 sopra la cupola, scorniciate e a tetto, larghe braccia 2 di sopra, si che braccia 1 sia dal colmo della gronda da ogni parte; e muovansi piramidali dalla mossa loro insino al fine.

12) Murinsi le cupole nel modo di sopra, senz' alcuna armadura, massime insino a braccia 30; ma da indi in su, in quel modo che sarà consigliato e deliberato per quei maestri che l' avranno a murare: perchè nel murare la pratica insegna quello che si ha da seguire.

13) . . . Che sedici sproni, cioè due per ciascuna faccia della cupola, dove altra volta si deliberò che fossero di grossezza di braccia quattro l' uno da lato di fuori, per levar via carico superfluo, si facciano di braccia tre l' uno da la parte di fuori.

14) E che le Cupole, ove altra volta si diliberò si faccessono di pietre per insino a l' altezza di braccia XXiiij^o per levar via el troppo carico e peso, si facciano di pietra per insino coperto sopra i cardinali degli uscuioli s' anno a murare al presente, che sarà di braccia dodici alto dalla mossa delle cupole: e da indi in su si murino di quadroni, cioè mattoni.

ursprünglich sind und deren Anordnung in dem Bauberichte nicht angegeben ist, das sind: der in einer Höhe von 8 Ellen von der Kuppelsohle entfernt herumgelegte Holzring, der 15 Ellen von der Kuppelsohle entfernt herumgeführte zweite innere Umgang und der 34 Ellen hoch (senkrecht gemessen) liegende dritte innere Umgang.

a) Der Holzring. Aus den Baurechnungen entnehmen wir, dafs am 21. November 1421 der Capomaestro Battista mit Anderen nach Pistoja fährt, um Eichenholz für die Kuppel zu suchen. Am 28. August 1422 wird der Fuhrlohn für 24 dicke Kastanienstämme für die Ringe der Gewölbekuppeln ausbezahlt. Am 2. September 1423 wurden die Stämme selbst mit 12 Goldgulden bezahlt. Vom 9. bis 18. August und 13. bis 22. September 1423 finden Berathungen der Meister wegen des Holzringes statt. Derselbe liegt 8 Ellen über dem Fufse der Doppelkuppel und besteht aus 24 Kastanienbalken von 35 cm Höhe und 30 cm Breite, welche an den Stößen durch 12 cm dicke, eichene Sattelhölzer und Eisenreifen (60 mm breites und 8 mm dickes Flacheisen mit Nägeln und Splintbolzen) gebunden sind. Die Angabe Guastis (a. a. O. S. 195), der Ring bestehe aus 24 Eichenholzbalken, stimmt weder mit den Angaben in den Rechnungen, noch mit der Wirklichkeit überein. (Der Ring wurde im 17. Jahrhundert durch Gherardo Silvani zum ersten Male, 1825 durch Cav. Gaetano Baccani zum zweiten Male ausgebessert.) Im Herbste des Jahres 1423 dürfte der Ring gelegt gewesen sein.

b) Der zweite innere Umgang ermöglicht zwischen den beiden Kuppeln, etwa im ersten Drittel ihrer Höhe, einen Rundgang, und sind zu dem Ende die sämtlichen Sporen von 75 cm breiten und 1,90 bzw. 2,31 m hohen Durchgangsöffnungen durchbrochen, er hat aber auch den constructiven Zweck, die beiden Kuppelschalen in erhöhtem Mafse miteinander zu verbinden. Das letztere geschieht durch $24 \times 3 = 72$ Macigno-Ankersteine von 43 cm Breite und 38 cm Höhe, welche zu dreien in jedes zwischen den Sporen liegende Feld in gleich weiten Abständen von einander eingemauert sind und welche durch die äußere Kuppelschale vollständig durchbinden und in die innere möglichst weit eingreifen. Die Sporen mit eingerechnet, sind demnach 96 Ankersteine zur Verbindung der Schalen in dieser Höhe eingelegt. Die Steinbalken sind mit Platten überlegt, welche die Decke des unteren und den Fußboden des zweiten Umganges bilden.

c) Im zweiten Drittel der Kuppelhöhe befindet sich ein dritter Umgang, der in ähnlicher Weise construirt ist und den gleichen Zweck hat. Da der Raum zwischen den Sporen hier oben enger ist, so liegen, statt der drei, nur zwei Steinbalken zwischen jedem Felde, also mit den Sporen 72 Verankerungsstücke. Diese beiden Umgänge bilden in ihrer eigenthümlichen Construction thatsächlich wirksame Verankerungsringe — „catene di macigno“ — bei thunlichst geringem Materialaufwand. Mit diesen sind die in den Acten vorkommenden weiteren zwei Verankerungsringe wohl identisch. Der Ort ihrer Anlage am Baue stimmt auch mit der Zeit ihrer Genehmigung durch die Behörden überein.

Am 27. August 1423 erhielt Brunellesco für verschiedene Leistungen und ein neues Ringmodell — „chome dè stare la chatena de' macinghi“ — ein Honorar ausbezahlt; am 6. Juni 1425 wurde mit dem Mauern dieses Macignoringes (in ein Drittel Kuppelhöhe) begonnen, obgleich noch bis zum 19., 25. und 26. August und 10. December 1425 über diesen gestritten und berathen wurde. Am 7. Januar 1428 wurde die Erlaubnis erteilt zur Ausführung eines weiteren, d. i. dritten Macignoringes . . . „ad faciendum quoddam ligamen, seu catenam macignorum designatam per dictum Filippum.“ . . .

Vergleicht man den gezeichneten Querschnitt der Ausführung und die Zeitangaben der Ausführung der verschiedenen

genannten Bestandtheile der Kuppel, so ergibt sich ganz zwanglos die erwähnte übereinstimmende Aufeinanderfolge der Arbeiten wie folgt:

1420. Vom April bis November: Vorbereitung und Beginn des Mauerns, Anfahen der Macignoquadern zum Ringe, auf dem die beiden Kuppelschalen ruhen.

1421. Im Frühjahr: Bezahlung des Modelles für die Verbindung der genannten Ringsteine.

1422. Am 6. November: Beginn des Mauerns mit Backsteinen, das demnach wohl etwas früher in Anwendung kam, als es Brunellesco in seiner „Emendazione von 1421“ bestimmte.

1422. Am 23. Juli wurde ein Gutachten der Meister über die fertigen Backsteine abgegeben, die ungleich im Gewicht, von 11 bis 14 Pfund das Stück, befunden wurden.

1423 im Spätjahr wurde der Holzring gelegt.

1425 im Sommer wurde der darüberliegende zweite Macignoring, d. h. der zweite Kuppelumfang ausgeführt.

1428 wurde der dritte Ring oder Umgang zur Ausführung genehmigt.

1436 am 20. Juni verspricht der Capomaestro, die Kuppel im Zeitraum von einem Monat geschlossen zu haben.

1436 am 30. August fand das Fest des Kuppelschlusses statt.

Die Ausführung der Kuppel verlangte also volle 16 Jahre, von 1420 bis 1436, während man die von St. Peter in Rom in 22 Monaten herstellte.

Die Angaben von Laspeyres (a. a. O. Text S. 1), dafs der bei Vasari angeführte erste Macignoring am Fufse der eigentlichen Kuppelwölbung zu denken sei, ist wohl richtig — aber die Annahme des Jahres 1423 für dessen Herstellung nicht in Uebereinstimmung mit den Aufzeichnungen in den Acten, und darnach zu verbessern. Wird der Ring unter den beiden Kuppelsohlen als der erste bezeichnet, so hätte Laspeyres den am 7. Januar 1428 genehmigten als dritten (und nicht als zweiten) nennen sollen. Ferner giebt er für die Kuppelvollendung bis zur Laterne das Jahr 1434 an, während diese erst, wie oben bemerkt, 1436 erfolgt ist. Auch die Angaben bei Redtenbacher (a. a. O. S. 65) sind darnach richtigzustellen.

Kurz vor dem Kuppelschluss traten nochmals Bedenken auf über die Gröfse der herzustellenden Scheitelöffnung. Vom August 1432 bis 25. Juni 1433 wurde darüber berathen und endlich die Verminderung um ein Drittel Elle der ehemals auf 10 Ellen Weite bestimmten Oeffnung angeordnet. Die Weite beträgt in Wirklichkeit annähernd $9\frac{1}{2}$ Ellen.

d) Ueber die Entnahme der zur Verwendung gekommenen Materialien wissen wir aus den Bauacten, dafs die von der Dombauverwaltung in Pacht genommenen Steinbrüche von Trassinai, beim Hügel von Vincigliate gelegen, ausschliesslich zur Gewinnung der Werkstücke für die grofse Kuppel ausgebeutet wurden und dafs der nöthige weifse Marmor aus Carrara bezogen worden ist. Da die Kuppelflächen verputzt sind, so lassen sich keine vollwerthigen Befundberichte über deren Zusammensetzung abgeben; vielfach sichtbar ist das Gemäuer der Sporen, deren Durchgänge mit Ueberlagquadern von 53 bis 50 cm Höhe gedeckt sind, deren Leibungen aus Quadern und Backsteingemäuer oder aus mit beiden Materialien gemischtem Mauerwerk bestehen. Die kleinen Dachluken sind aus Sandsteinen hergestellt und über diesen sind in der äußeren Kuppelschale lange Bindersteine aus Macigno gestreckt. Die senkrecht zur Wölbungslinie der Kuppel geführten Quergurten, deren Scheitel sich in der äußeren Schale verlieren, treten aus den Ecksporen nur in einer Stärke von 1 m hervor, füllen also nicht den ganzen Hohraum an dieser Stelle, sondern lassen noch 33 cm frei. Sie sind 60 bis 65 cm breit und aus 4 bis 5 cm dicken, rothen Backsteinen mit 1 bis 2 cm starken Mörtelbändern

gemauert. Das Durchschiefen des Backsteinmauerwerks mit Quadern kommt noch in den Sporen über dem dritten Umgang vor. Die Holzmodelle, welche für die Backsteine gefertigt wurden, sind noch erhalten; diese zeigen neben der für die gewöhnlichen Steine bestimmten Vierecks-Form (von $0,265 \times 0,495 \times 0,06$ oder $0,25 \times 0,49 \times 0,06$ m Größe) auch eine gebrochene mit ungleich langen Schenkeln, die zum Formen besonderer Stücke für die Gewölbegräthe dienten. Diese Modelle sind aus $1\frac{1}{2}$ cm starkem Holze zusammengezinkt und zum Theil auf den Kanten mit Leder- oder Eisenblechstreifen benagelt.

Der an einem der vorhandenen Kuppelmodelle angegebene Anschluss der Sporen an den Scheitelring stimmt nicht mit der Ausführung überein (vergl. Abb. auf Bl. 1). Die Marmorkämme der Ecksporen sind der Länge nach aus verhältnismässig kurzen Stücken zusammengesetzt und bilden wohl nur die dauerhafte und kostbare Umkleidung eines gemauerten Kernes. Da der Bestand dieser Kämme noch unversehrt ist, so lassen sich nur Vermuthungen über deren Construction aussprechen. Eine schöne stetige Linie bilden die Kämme nicht, wie man sich bei einem Blicke auf diese vom oberen Kuppelkranze aus, überzeugen kann. Einsenkungen und Knicke sind genug vorhanden, wirken aber, von unten gesehen, in keiner Weise störend. Die äusseren Kuppelflächen sind mit den landesüblichen Thonflachziegeln mit aufgebogenen Rändern, aber ohne Zuhilfenahme von Hohlziegeln eingedeckt. Die Ziegel sind wohl nach antikem Brauche (vergl. z. B. die Gewölbe der Maxentiusbasilika in Rom) in das Mörtelbett, welches auf die äussere Wölbfläche aufgetragen wurde, gesetzt und die Auskröpfungen der Ziegel mit Brocken verzwickelt. Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Gerüstlöcher über dem inneren, obersten Kuppelgesimse $0,60$ zu $0,60$ m messen.

Wie klar und einfach hat sich schliesslich nach alle den Zweifeln und Zwischenreden, nach den mannigfachen Aenderungen in den Anordnungen die Construction im ganzen und einzelnen herausgeschält und standgehalten seit 450 Jahren. — Doch was ist an derselben ursprüngliches? Klostersgewölbe auf Freistützen waren durch die vielbewunderte Lorenzokirche in Mailand bekannt. — Der lichtbringende Tambour? San Vitale in Ravenna hatte denselben, wenigstens äusserlich, wenn auch noch nicht ganz ausgereift entwickelt, vollständig dagegen hatten ihm die byzantinischen Kirchen der späteren Zeit. — Die spitzbogige Form der inneren Wölbungslinie? Das dem Dome gegenübergelegene Battistero und die Taufkirchen in Cremona und Parma hatten auch diese schon, abgesehen davon, dass sie an Römerkuppeln in Bajae vorkommt. — Die Verstärkung der Gewölbeschalen durch Sporen oder Zungen und deren Verspannung durch Schutzgewölbe? Auch diese waren an den beiden genannten Bauwerken ausgeführt, ehe Brunellesco mit seiner Kuppel begann. — Der hölzerne Verankerungsring? Derselbe ist eine byzantinische Construction, die das Battistero in Florenz ebenfalls schon hatte.

Dass die innere Kuppelform von der Sohle bis zum Scheitelring auch am Aeusseren zur Geltung gebracht ist, dass die Verspannungsgewölbe zwischen den Sporen kühner angelegt und auf das nothwendigste Maass zurückgeführt sind, gegenüber den Anordnungen bei den beiden älteren Baptisterien, und dass das Lichtmaass der Kuppel um 17 m ($42,6$ gegen $25,5$) vergrößert ist, aber trotzdem das antiker Grosconstructionen nicht erreicht, und dass der Kuppelscheitel eine Laterne trägt, das ist etwa das neue an der Sache.¹ Wenig — und doch wieder viel, aber nur möglich durch die genannten Vorstufen und nicht

1) Pantheon = $43,5$; Florenz, eingeschriebener Kreis = $41,976$; St. Peter = $42,5$; Battistero in Florenz = $25,5$; Battistero in Cremona = $19,5$; Battistero in Parma = $17,5$; S. Lorenzo in Mailand = $24,12$; S. Vitale in Ravenna = $15,7$; und die nicht ausgeführte Kuppel von S. Petronio in Bologna etwas über 30 m.

durch den Genius allein „der alles aus sich heraus ohne Vorbild zu schaffen wufste.“ Der Ruhm Brunellescos soll damit nicht geschmälert werden. Laspeyres (a. a. O. S. 2 und 3) erblickt in den Verspannungsbogen eine Vorrichtung, welche die Last der Aufsenkuppel zumeist auf die starken Haupteckrippen überträgt und im Verein mit in den Zwischensporen eingebetteten Eisenstäben und dem entsprechenden Theile der Innenschale ein aus Stein und Eisen construirtes Hängewerk bildet, das den am meisten gefährdeten Punkten der Construction, d. i. bei den Kreuzungen der Zwischensporen mit der Schale, einen festen Halt gewährt und so der Gefahr des Einwärtsknickens der überhängenden Wölbung während der Ausführung vorbeugt. Das Vorhandensein der Eisenstäbe setzt er dabei als „unzweifelhaft“ voraus.¹ Richtig ist ja, dass die Gefahr des Einknickens nach innen, sobald die Seiten des Klostersgewölbes sehr lang genommen werden, die grössere ist, will das Gewölbe nicht in sehr bedeutender Stärke hergestellt werden, wodurch wieder das Gewicht desselben und der aus diesem sich ergebende Seitenschub in schädlicher Weise gesteigert werden würde, gleichmässige Stärke des Gewölbes vom Fusse bis zum Scheitel vorausgesetzt.² Dies erkannten wohl auch die Meister der Taufkirchen in Florenz und Cremona, wenn sie die inneren Flächen ihrer grossen Klostersgewölbe durch eine Anzahl hoher, schmaler Rippen oder Sporen vor dem Einknicken sicherten und verstärkten. Die äussere Gewölbeschale konnte dünn genommen werden, indem diese nurmehr (wie dies auch Brunellesco bestimmt hervorhebt) einen decorativen und praktischen Zweck hatte: die Sporen zu verdecken, die Form der Kuppel im Aeusseren mächtiger erscheinen zu lassen und die innere Kuppel vor Nässe zu schützen. Der florentiner Architekt Alessandro Cecchini führt 1696, anlässlich seines Gutachtens über die beabsichtigte nachträgliche Verankerung der Domkuppel³ aus, dass die Kuppel zwei Bewegungen habe: α) die Neigung nach dem Mittelpunkt, zu der die Schwere des Materials zwingt, und β) den Seitenschub. Es könnten deshalb waagerechte Ringe das Knicken nach innen nicht verhüten und die Kraft nicht verringern, welche die Kuppel über ihre Basis hinauszugehen treibt. Der erwähnte Holzring habe daher dem Brunellesco niemals als „Armatura“ gedient. Der erste Theil seines Satzes wird wohl nicht bestritten werden können, wohl aber der zweite. Die Construction des Brunellesco trägt den beiden Kräftwirkungen Rechnung, indem der mächtige Holzring am Fusse der Kuppel das Ausweichen der Sporen nach aussen verhindert und die Zwischensporen das Einknicken nach innen unmöglich machen. Das Problem wurde von ihm, wenn auch mit etwas zuviel des Guten, gelöst.

1) Eine Uebertragung der Last der Aufsenkuppel auf die Eckrippen durch die Quergurten kann umsoweniger angenommen werden, als jene ja Bestandtheile der ersten sind, und da sich der Druck nur von oben nach unten fortpflanzt, so wäre eine Druckübertragung in den unteren Theilen bedeutungslos und in den oberen erscheint sie durch die geringere Entfernung der Sporen von einander nicht nothwendig. Als Träger für die äussere Wölbenschale können sie auch nicht angesehen werden, da sie, wie gesagt, Bestandtheile derselben sind. Sie könnten daher nur als Verspannungsbogen zwischen den Sporen und als Sprengbogen über der inneren Wölbenschale angesehen werden, welche sie mit Hilfe der Sporen und Eisenstäbe gegen ein Einknicken schützen. Für letzteren Zweck scheinen die Bogen im Verhältniss zu dem Gewichte der inneren Kuppelschale zu schwach, das Vorhandensein von Eisenstäben ist nicht erwiesen und in dem angeführten Sinne wirksam wären nur die steil gestellten oberen vier Bögen. Es wird sich somit der Zweck der Bögen auf ein einfaches „Verspannen“ beschränken müssen und auf ein Verdicken der äusseren Wölbenschale an einigen Stellen beim Anschluss an die mächtigen Eckrippen.

2) Ein besseres Verfahren wäre es gewesen, wenn Brunellesco die Gewölbeschalen im unteren Drittel verstärkt hätte, wodurch die senkrechte Belastung gewachsen sein würde, ohne dass der waagerechte Schub vermehrt worden wäre, die Drucklinie würde steiler in das Widerlager eintreten, die Construction somit standfester geworden sein. Bei der Peterskuppel erscheint es als ein wesentlich statischer Vorzug, dass der Kuppelfuss auf grössere Höhe vollgemauert ist.

3) Vergl. Poleni, memorie storiche della gran Cupola del tempio vaticano. Padua 1748, S. 102 bis 103.

Die wohl aus constructiven Gründen erfolgte Wahl der steilen Kuppelinie¹ machte die Herstellung der Kuppel ohne tragendes Lehrgerüst möglich; da überdies das Werk nur sehr langsam gefördert wurde, so konnte Brunellesco mit kleinen Hilfsgerüsten auch die oberen Theile der Kuppel steif und stabil erhalten, während er, wie ein Blick auf die Zeichnung erweist, die unteren ziemlich weit emporführen konnte, ohne ein Ueberkippen befürchten zu müssen „bis endlich der durch die Laterne belastete Scheitelschlufsring die straffe Verspannung der ganzen Construction bewirkte“ — allerdings hatte die fertige Kuppel 25 bzw. 36 Jahre auf diese Last zu warten. Nardini hebt nur diesen einen Umstand als einen neuen Gedanken hervor und nur dieser sei von den Zeitgenossen hoch angeschlagen worden, dafs Brunellesco ohne tragende Gerüste an die Ausführung gegangen sei. Auch J. Rondelet² ist erstaunt darüber, dafs die Erbauung dieser Kuppel soviel Lärm gemacht habe, zu einer Zeit, wo deren schon genug vorhanden waren, deren Ausführung durch die gegebenen Verhältnisse meist weniger leicht war. Den Holzring hält er angesichts der Form und Stärke der Kuppel für überflüssig, indem „die Mauer ja ein durch die Construction so gut verbundenes Vieleck bilde, dafs sie unabhängig von jenem Kranze fähig wäre, eine viel gröfsere Wirkung auszuhalten, als diejenige ist, welche die beiden Gewölbeschalen samt der Laterne hervorbringen können“ — und doch dürfte der Ring, solange das Mauerwerk noch nicht gebunden hatte, seine Schuldigkeit gethan haben.

Von den bisher veröffentlichten Zeichnungen über die Florentiner Kuppel sind nur diejenigen des Sgrilli (vergl. a. a. O.) von Werth; Isabelle ist im einzelnen unzuverlässig und unrichtig.

Verfolgen wir die Baugeschichte und das Schicksal der Domkuppel noch etwas weiter, so finden wir, dafs:

1438 die Kuppelflächen mit Ziegeln gedeckt wurden,

1444 im April das Gerüst für die Laterne nach dem Modell Brunellescos gemacht, 1445 der erste Marmor und am 23. April 1461 der letzte Stein derselben versetzt wurde, nachdem der grofse Meister am 15. April 1446 gestorben war,

1471 am 18. September wurde die Kugel fertig und diese samt dem vergoldeten Kupferkreuz vom 27. bis 30. Mai 1472 versetzt,

1507 bis 1515 wurde das Achtel des äufseren Umganges der Kuppel ausgeführt und

1572 bis 1579 die Kuppel im Innern durch G. Vasari ausgemalt.

Seit der Kreuzaufrichtung hat es der Himmel an Blitzschlägen, welche die Kuppel trafen, nicht fehlen lassen; nicht weniger als 13 werden in der Zeit von 1492 bis 1600 gemeldet. Von diesen zertrümmerte ein am 5. April 1492 niedergehender beinahe ein Drittel der Laterne, wobei fälschengrofse (chome barili) Marmorstücke in und auf die Kirche geschleudert wurden, welche die Gewölbe an fünf Stellen durchlöcherten. Die Wiederherstellung erforderte 5000 Gulden. Ein anderer Blitzschlag, am 27. Januar 1600, schleuderte die Kugel und das Kreuz und viele Marmorsplitter mit solcher Gewalt zur Erde, dafs sie bis Mitte der Via de Servi rollten. Auf Wunsch des Grofsherzogs wurde alles in der früheren Verfassung wiederhergestellt, nur die neue Kugel wurde etwas gröfser genommen und auf den Rath des Buontalenti mit einem Fensterchen versehen.

1) Es ist ein wesentliches Verdienst Brunellescos, besonders in Bezug auf die Ausführung, den Werth der steileren Wölbungsline erkannt zu haben, welche ihm die Traggerüste und die Schalung ersparte und die zum ersten Male durchgeführte Scheitelbelastung im grofsen Mafsstab ermöglichte.

2) Theoretisch-praktische Anleitung zur „Kunst zu bauen“. Aus dem Französischen. Leipzig, Darmstadt und Wien 1835. 6. Auflage. Bd. IV, S. 421.

Bedenken über die Haltbarkeit der Kuppel traten im 17. Jahrhundert auf, als ängstliche Gemüther einige, vermeintlich vorher nicht beobachtete alte Risse neu entdeckten. Nelli berichtet von zwei solchen, die sich abwärts durch den Tambour, beinahe senkrecht laufend, verfolgen liefsen und die Breite eines „soldo di braccio“ hätten. Zur Beobachtung derselben wurden im Jahre 1694 Bronzekeile in diese getrieben und Marmorschwalbenschwänze eingesetzt, die sich später locker und geborsten erwiesen. Man wurde deshalb bei dem Grofsherzog Cosimo III. vorstellig, der Gutachten von Sachverständigen einverlangte, welche auch am 6. December 1695 eingereicht wurden. Am 13. Juni 1696 wurde eine nochmalige Besichtigung der Kuppel durch den päpstlichen Baumeister Francesco Fontana, den Senator Mozzi, den Proveditore Nelli und einige „maestri dell' opera“ vorgenommen und der Vorschlag gemacht, die Kuppel mit vier Eisenreifen zu umgürten (Fontana wollte nur drei, einen innerhalb und zwei aufserhalb), die auch in Arbeit gegeben und zum Theil ausgeführt worden sein sollten.¹ Dagegen lehnte sich aber die öffentliche Meinung auf, sodafs die Anlegung der Ringe unterblieb. Nelli ärgerte sich in der Folge, dafs er dem Fontana, dessen Ansehen und Einflufs der Beschlufs zu danken war, beigepflichtet hatte und gab auf den Rath Vivianis, der doch das Gefahrgeschrei veranlafste, 1697 ein neues, seinem früheren widersprechendes Gutachten an den Grofsherzog ab.

Auch der genannte Alessandro Cecchini erschien mit seiner Abhandlung und erklärte, dafs die Kuppel keine nennenswerthen Risse durch sich zeigen könne, wenn die Fundamente unter ihr in Ruhe blieben; auch das Gewicht der Laterne sei nicht an solchen schuld, sondern nur das Nachgeben der Fundamente an einigen Stellen. Die Risse seien „uralt!“ Ungleiches Senken und Setzen von getrennt von einander aufgemauerten Kolossalstützen wird ja kaum zu verhüten sein; letzteres mufs bei Mörtelmauerwerk eintreten, da man die Mörtelbänder der einzelnen Pfeilerschichten nicht mathematisch genau gleich machen kann. Setzt sich das Gemäuer des einen Pfeilers nur um 1 cm mehr wie das des anderen, so ist der Rifs im überspannenden Bogen gewifs. Es giebt keine grofsen Kuppeln auf getrennten Freistützen, deren Steine durch Mörtel verbunden sind, die ohne kleine Risse geblieben wären, sie sind aber deswegen noch lange nicht baufällig.

Als 1720 neue „romori“ entstanden wegen der Haltbarkeit der Kuppel, schrieb der Ingenieur Bartol. Vanni aus Ponte a Sieve seinen „Discorso sopra la stabilità della cupola di S. Maria del Fiore, contro le false voci, sparse in Firenze“ und stellte scherzweise fest, dafs alle 25 Jahre die „romori“ wiederkehren, auf das Geschrei des Architekten Silvani 1670 und des Viviani 1695 verweisend; er führt aber auch aus, dafs die Umgürtung ein grober Irrthum (grossolano errore) gewesen wäre.

Dann gab auch der Pater L. Ximenes die Erklärung ab, dafs alle Risse der Kuppel von dem, bei allen Gebäuden vorkömmlichen Setzen herrühren und dafs deshalb keine Gefahr vorhanden wäre.

Nur der Paduaner Mathematiker Poleni, Professor der Astronomie und Wasserbaumeister der Republik Venedig, der die äufseren Ringe für St. Peter (1743 bis 1747) berechnete und bestimmte, erklärte sich noch 1748 in seinem genannten Werke für die Ringe, während zu gleicher Zeit Monsignor Bottari darlegte, wie gut man gethan habe, die Kuppel Brunellescos nicht zu gürtten.² Poleni vergafs wohl, dafs die statischen Bedingungen eines Klostergewölbes über einem Vieleck nicht ganz übereinstimmend sind mit denen eines Kuppelgewölbes über

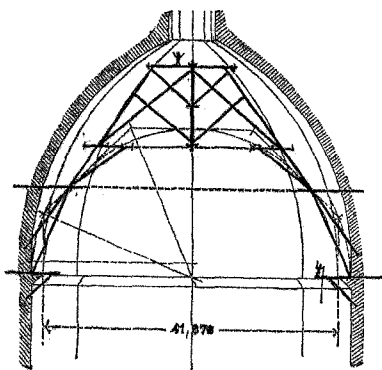
1) Vergl. Poleni, a. a. O. S. 101 bis 103.

2) Vergl. Guasti, a. a. O. S. 209 bis 210.

kreisrundem Grundplan. Rondelet¹ untersuchte später die Keile und Schwalbenschwänze und hat keine merkliche Zunahme der Risse gefunden. Temperaturwechsel und Erschütterungen konnten nach ihm die genannten Lockerungen und das Bersten hervorgerufen haben. Auch er hält das Setzen der Pfeiler im gegebenen Falle für unvermeidlich. Die neun großen Eisenringe um das vieleckige Klostersgewölbe der Lorenzocapelle haben nicht verhindert, daß dort drei Zoll weite Risse entstanden. Seit 138 Jahren ruht nun die Ringfrage und wird wohl auch begraben sein.

Ueber die zur Verwendung gekommenen Baugerüste giebt uns für die Laterne eine alte Handzeichnung in den Ufficien Aufschluß. Wir entnehmen derselben, daß der obere Kuppelring durch eine waagerechte Gerüstbettung, die unmittelbar von den Kuppelflächen aus senkrecht abgestützt war, verbreitert wurde und daß hier acht hohe Standbäume aufgestellt wurden, welche unter sich durch drei waagerechte Holzringe verbunden waren und so drei weitere Gerüstbettungen bildeten. Die Vorrichtung zum Versetzen bestand aus einem dreibeinigen Bock, von dessen Spitze das Lastseil niederging und der von einer Gerüstbettung zur anderen, wie es das Fortschreiten der Arbeit verlangte, gehoben wurde. An der Außenseite des Gerüsts angelegte Holztreppen mit Geländern vermittelten den Zugang zu den einzelnen Bettungen. Die Gerüstconstruction bestand nur aus senkrechten und waagerechten Hölzern, von jeder Kreuzversteifung war abgesehen worden — eine Anordnung, die auch das allerneueste Gerüst für die Herstellung der Marmorinrustation der Giebelfaçade noch befolgte. Ständer, Zangen und Belaghölzer, kräftig in den Abmessungen, sauber und solid verbunden — aber ohne jeden Dreiecksverband.

In dem Werke Nellis² ist auf einer Tafel (Abb. VIII, B) eine etwas verworrene Darstellung eines Kuppelgerüsts gezeichnet, mit der Unterschrift: „Questa dimostrazione e di Filippo Brunelleschi chi architetto fatta per e ponti della cupola di S. M^a del Fiore di Firenze ñil Anno MCCCXIX e fu quella che mostrò, quando fu lasciato in liberta di dover esser solo nell' operazione di d^a Cupola senza il Ghiberti suo compagno non avendola voluta dar fuori di non essere libero architetto di d^a opera; come sentiranno nella sua vita scritta da diversi. F. Brunelleschi inv. et del.“ Wir können derselben sicher entnehmen, daß das Arbeitsgerüst vom Hauptgesimse aus errichtet wurde, aber wohl in etwas anderer Weise als es die genannte Zeichnung giebt, worauf die am Kuppelanfang gelassenen Gerüstlöcher schließen lassen; daß es sich aus vier Hauptbindern zusammensetzte, welche von einer Kuppellecke zur gerade gegenüberliegenden anderen aufgerichtet und durch aus den Kuppelöffnungen vortretende Zangen gefast waren; daß nur eine einzige Zwischengerüstbettung angenommen und die zu einer abgestumpften achtseitigen Pyramide zusammengestellten Binder



Einrüstung der Kuppel des Domes in Florenz.

in ihrer oberen Hälfte durch zwei gleichlaufende waagerechte Balkenringe zusammengefast waren. Viele Verbandstücke sind mit Eisenbändern, Seilen oder Ketten zusammengehalten gezeichnet. — Was sich aus der alten Zeichnung etwa als Möglichkeit für die Gerüste herauslesen läßt, ist in der beistehenden Abbildung gegeben.

Von höchstem Interesse ist der dem Plane beigegebene „Rapporto“ des Brunellescho vom 24. Januar 1425, durch den wir neben anderen Angaben die Bestätigung erhalten, daß das Verfahren, ohne Traggerüste zu wölben, auch wirklich bis zu dem von Brunellescho zuerst angegebenen Maße eingehalten worden ist und daß auch in der Folge ohne Traggerüste weiter gewölbt wurde. Dieser Rapporto dei Provveditori, de' 24. Gennaio 1425 ist zuerst veröffentlicht bei Nelli,¹ dann auch bei Guasti.² Die Schreibweisen decken sich bei den genannten Autoren nicht vollständig, auch die Maßangaben nicht. Der Bericht lautet in der Uebersetzung:

„Erstens mache man über dem zweiten Umgang der großen Kuppel, wo jetzt die Macignoverankerung (catena de' macigni) gemacht ist, auf jeder der acht Flächen der genannten Kuppel eine runde Oeffnung (occhio) von einer Elle (0,583 m) Durchmesser, um bequem Gerüste für das Mosaik, welches hier ausgeführt werden soll, herstellen zu können, oder für eine andere Arbeit, und um in die Kirche hinabsehen zu können und für viele andere Zwecke. Der Zugang zur genannten runden Oeffnung sei nicht mehr und nicht weniger als $1\frac{1}{8}$ Ellen (0,6558 m) breit und $3\frac{3}{8}$ Ellen (1,968 m) hoch (nach Guasti nur $3\frac{1}{8}$ Ellen). Zur größeren Sicherheit maure man sie vorläufig wieder zu, so zwar, daß man sie später zu genannten Zwecken leicht wieder ausräumen kann.“

Diese Oeffnungen mit ihren Zugängen beziehen sich auf die innere Kuppelschale und wurden ausgeführt. Die beabsichtigte Mosaicirung der Kuppel ist durch diese Stelle des Berichtes beglaubigt.

„Ferner mauere man die über dem zweiten Umgang angenommenen kleinen Dachluken (uscioi) über den Kämpfern 0,58 m hoch und in der ganzen Stärke der äußeren Kuppelschale mit Backsteinen und in der Wölbfläche liegend, damit letztere nicht in störender Weise unterbrochen werde; und wenn je diese Zuthat dem Auge bäuerisch erscheinen würde oder den Aufgang und die Treppen behinderte, so kann man sie nach der Vollendung der Kuppel wieder wegnehmen, sodafs man doch mit dem Mauern der Kuppel bis zu ihrer Spitze mit größter Sicherheit fortfahren kann.“

Die „liegenden Lichter“, auf die hier abgehoben zu sein scheint, wurden auch in der genannten Art ausgeführt.

„Ferner mauere man in jedes Flachfeld der Kuppel, d. i. zwischen zwei Sporen, die auf den Kuppelflächen emporgeführt sind (acht Kuppelflächen, jede durch zwei Sporen in drei Felder getheilt, im ganzen also 24 Flachfelder), zwei Macigno - Ankersteine (catene de' macigni) von mindestens $\frac{3}{4}$ Ellen (0,437 m) Höhe und Breite, die in der Länge von einer Kuppel zur anderen reichen. Auch lege man über jeden Macigno - Ankerstein einen Eisenreif (Stichanker), so lang als jener.“

Auch daraus geht hervor, daß mit den „Catene di macigno“ die Steinbalken der Umgänge gemeint sind. Die hier angegebenen Querschnittsmaße der Steine stimmen mit der Ausführung, auch die Anzahl der Steinbalken zwischen den Sporen würde zutreffend sein. Der ausgeführte zweite Umgang hat, wie gezeigt wurde, je drei, der obere je zwei solcher, zwischen den von den Sporen begrenzten Feldern. Die von Laspeyres vermutheten Stichanker in den Sporen wären bei den Ankersteinen der Umgänge gesichert.

„Ferner lasse man auch große Backsteine von nicht mehr als 25 bis 30 Pfund Gewicht das Stück machen und mauere mit diesen nach dem Beschlufs des Leitenden —

1) a. a. O. Bd. III, S. 318.

2) Pianta ed alzati interiori ed esterni dell' insigne. Chiesa di S. Maria del Fiore, metropolitana fiorentina. Firenze 1755.

1) a. a. O. S. XVII bis XXI.

2) a. a. O. S. 39 und 40.

fischgrätenförmig.¹ Und auf der Innenseite der Kuppel mache man eine Brustwehr aus Brettern, die bei größerer persönlicher Sicherheit den Meistern den Einblick (in die Arbeit?) ermöglicht. Man befestige [ich halte „murisi“ für einen Schreibfehler und setze dafür „munisi“] sie mit Rundholz und drei Stricken sowohl innen als außen. Man sagte deshalb noch nichts vom Lichte, weil man ja durch die acht unteren Rundöffnungen (occhi di sotto) genug Helligkeit bekommt; wenn man aber schließlich doch noch welches brauchen würde, so kann man dies leicht von der Laterne her beschaffen. Auch sagte man noch nichts über das weitere Einwölben auf Rüstbogen (vergl. Art. 12 d. Inst. 1420), nicht als ob diese Arbeit nicht stärker und schöner geworden wäre; aber da es noch nicht begonnen ist, könnte es scheinen, daß jetzt das Einwölben eine außerordentliche Arbeit sei gegenüber der bisher ausgeführten, und auch eine ganz andere sein würde, und daß es sich ohne Traggerüste schwerer wölben lasse; aber nur um keine Trag- oder Stützgerüste machen zu müssen, unterliefs man gleich am Anfang das Einwölben auf Rüstbogen usw. Und wenn man rasch über die vorgetragenen Dinge schlüssig wird, so kann die Ausführung im Monat März erfolgen.“

Und nun noch ein Blick auf die Vorstufen — zunächst auf das seines Alters wegen viel umstrittene Battistero San Giovanni in Florenz und seine Veröffentlichungen. M. E. Isabelle² nimmt den Bau als ursprünglich christlichen und verlegt seine Entstehung in das 6. Jahrhundert, die Ausführung des Zeltdaches mit der Laterne nach Villani auf 1150, die Marmorbekleidung der Façade auf 1293 bis 1295. Die Hauptmaße sind bei ihm zuverlässig, das Einzelne ist aber nicht in allen Theilen der Ausführung entsprechend angegeben, die Angaben über das Material des Kuppelgewölbes sind unrichtige.

H. Hübsch³ läßt den Bau aus der ersten christlichen Bauperiode, aus dem 4. oder 5. Jahrhundert stammen und führt dafür Gründe an, die wenig überzeugend sind. Sie wurden von ihm schon vor der Herausgabe seines großen Werkes bekannt gegeben und in den Mittheilungen der k. k. Centralcommission zur Erforschung und Erhaltung der Baudenkmale von C. F. Czörnig, Wien 1860, Bd. V, S. 167 von W. Lübke richtiggestellt. Gut, aber doch nicht ganz genau richtig ist bei ihm die Darstellung des Querschnittes, besser und zuverlässig der technische Theil des Textes. Kugler verlegt den Bau an das Ende des 11. Jahrhunderts, Lübke in seiner Architekturgeschichte (S. 608) sagt, daß die Gewölbeconstruction nicht vor das 12. Jahrhundert zu setzen sei, und bezeichnet den Bau als italienisch-romanischen.

J. Burckhardt (a. a. O. S. 20 bis 22) führt ihn bei der Protorenaissance auf, Hübsch nimmt die Einzelformen des Aeußeren für Frührenaissance und die inneren Säulen zum Theil für antik, Mothes (a. a. O. S. 729) giebt den Stil für toscanisch-romanisch aus. Man hat demnach die Wahl!

Hier ist nur nöthig zu wissen, daß der Bau mit seiner Kuppelconstruction vor 1296 hergestellt wurde, und dies scheint zur Genüge aus dem Vorstehenden hervorzugehen; ich bekräftige demnach die Worte von Heinrich Hübsch: „Arnolfo hätte nicht den Muth gehabt, eine so große Kuppel zu componiren,

1) Für die Wölbesteine war früher ein Gewicht von 11 bis 14 Pfund ermittelt worden, während nun solche von 25 bis 30 Pfund verlangt werden, mit welchen fischgrätenartig gemauert werden soll. Diese Steine und die genannte Wölbeart können sich auf die Herstellung der Gewölbeflächen nur insofern beziehen, als mit diesen die zweischenkeligen Formsteine in den Gräten gemeint sind, für welche die Modelle noch vorhanden sind (vergl. Blatt 1). So erklärt sich das Mehrgewicht der Steine und der Verband durch die fischgrätenartige Form der Steine.

2) M. E. Isabelle, les édifices circulaires et les dômes. Paris 1855, S. 100 bis 105.

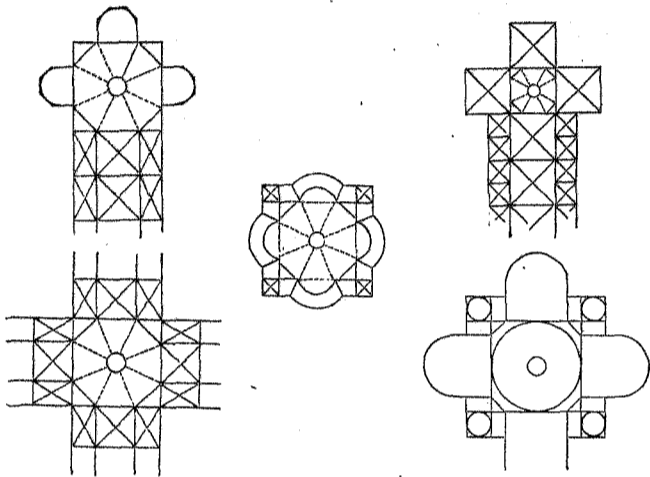
3) H. Hübsch, Die altchristlichen Kirchen, Karlsruhe 1862, S. 41 bis 44.

wenn er nicht täglich das Battistero vor Augen gehabt hätte“ und man kann hinzufügen: Brunellesco hätte ihn aus dem gleichen Grunde für die Ausführung nicht gefunden. „Es ist der erste Wegweiser zu dem sinnreichen System der Doppelkuppeln“ und in seiner Kernconstruction aus einem Gusse, durchweg aus dem gleichen Materiale, mit dem Hammer zugerichteten Macignoquäderchen von 0,085 bis 0,17 m Höhe und 0,20 bis 0,50 m Länge hergestellt, die Kuppelschale ist aus dem gleichen Materiale mit Steinen von 0,085 bis 0,10 m, unten auch 0,20 m Dicke zwischen den Mörtelbändern gemauert. Kein Putz deckt die Außenflächen des Gemäuers innerhalb des Umganges, sodafs kein Zweifel über das Material obwalten kann. Der Seitenschub des 25,5 m weiten Klostergewölbes wird durch acht nur 3,70 m dicke Widerlagspfeiler aufgenommen, während 16 Sporen oder Zungen, die mit ihren Ueberwölbungen (steigende Tonnengewölbe) zugleich das äußere Dach bilden und das marmorne Deckmaterial tragen, das Gewölbe mit der Umfassungsmauer zu einem festen Körper verbinden und die daher mit 3,4 m der Ausbiegung widerstehen und die Kuppelschale vor dem Einknicken nach innen bewahren. In einer Höhe von 30 Wölbschichten über der abgetreppten, 3,65 m vom Umgangboden abschließenden Hintermauerung liegt ein Holzring von viereckigem, waldkantigem Holze, der weder bei Isabelle noch bei Hübsch verzeichnet ist, wohl aber dem Brunellesco bekannt war. Die Durchbrechung der Ecksporen ist bei Hübsch nicht ganz zutreffend angegeben; die sämtlichen Sporen haben eine Breite von 0,60 bis 0,62 m, der Umgang eine solche von 1,22 m; die Durchlässe sind mit starken Macignoquadern waagrecht abgedeckt — wie dies später bei der Domkuppel auch gemacht wurde — und sind von deren Oberkante an die Umfassungsmauern um 10 cm übersetzt; die Kuppelstärke beträgt bei den quadratischen Oeffnungen 1,13 m. Vermöge der steilen Wölbungslinie und der mit der Umfassungsmauer verbundenen Zungen konnte auch diese Kuppel ohne tragendes Lehrgerüst und in den oberen Theilen mit kleinen Hilfslehrgerüsten ausgeführt werden. Der Spitzbogen der Wölbungslinie ist etwas über ein Fünftel der zugehörigen Kreisumfangslinie — vielleicht dem „quinto acuto“ im Baubefehl des Brunellesco entsprechend. Ohne Risse ist auch diese Kuppel nicht geblieben, von denen nicht unerhebliche im Scheitel der Spannungsgewölbe und in den Wölbflächen der großen Kuppel zwischen den Sporen zu finden sind. W. Lübke weist in den Mittheilungen der k. k. C.-C. Wien 1860, Bd. V, S. 169 auf die constructive Verwandtschaft der genannten Taufkirche mit der in Cremona hin. Dieses Bauwerk wurde unrichtig im Querschnitt in den Kunstdenkmälern des österr. Kaiserstaates (Bd. II, S. 112 bis 113. Stuttgart 1860) von Eitelberger, ein Jahr früher und besser von Spielberg in der Zeitschrift für Bauwesen (1859, Bl. 45 bis 47) veröffentlicht.

Mothes (a. a. O. S. 342) verlegt die Erbauungszeit in das Jahr 900 und schreibt seine jetzige Gestalt einem Umbau um 1167 zu, während Eitelberger und Lübke in diesem Jahr den Baubeginn annehmen. Der Bau gilt somit für jünger als sein florentiner Verwandter und ist nach Spielberg und Eitelberger mit 19,5 m Durchmesser (Mothes giebt nur 17,6 m an, indem er das Maß bei Eitelberger tadelt und das gleichlautende bei Spielberg gelten läßt) nicht unerheblich kleiner als der letztgenannte, die Wölbungslinie seiner Kuppel ist ebenso steil (ein Fünftel Halbkreisumfang), nur sind die Felder des Klostergewölbes weniger lang, aber von je vier Zwischensporen durchsetzt und durch zwei gleichstarke Ecksporen begrenzt. Die florentiner Anordnung von acht stärkeren Ecksporen und leichteren Zwischensporen ist hier verlassen und macht einem System von durchweg gleichgroßen Eck- und Zwischensporen Platz. Die Kuppelconstruction erscheint befangen und bekundet gerade keinen Fortschritt gegenüber San Giovanni; noch weniger ist dies bei einem anderen Spätling, dem 1295 fertig gewordenen

Baptisterium in Parma der Fall. Vier von den äußeren Seiten des Baues sind mit Marmor verkleidet, das Innere ist ganz aus gewöhnlichen rothen Backsteinen in tadelloser Ausführung hergestellt, dabei in den Gräthen, die allenthalben Risse zeigen, ein besonderer Verband durch Formsteine nicht bewirkt. Die 6 bis $6\frac{1}{2}$ cm dicken, 23 bis 25 cm langen Backsteine sind durch $\frac{1}{2}$ bis 1 cm starke Mörtelbänder gebunden.

Wie das Werk Brunellescos nicht ohne Vorstufen entstehen konnte, so mußte der gelungene, von den Zeitgenossen angestaunte fertige Bau zur Nachahmung herausfordern. Die Vierungskuppel ist keine Erfindung der Renaissance, auch die mit dem lichtbringenden Tambour nicht; die altchristliche, die byzantinische und die mittelalterliche Kunst machten ja allenthalben Gebrauch davon und in großartigster Weise, wie wir gesehen, die gothischen Meister des florentiner Domes, welche vor den nordischen Meistern wenigstens das voraus hatten, daß sie das von ihren Vorfahren ererbte Gefühl für Großräumigkeit bei ihren Entwürfen nicht verließ. Die Vierungskuppel geht im



Norden über das Maß des Mittelschiffes nicht hinaus, im Süden wird deren Durchmesser gleich der Breite der drei Schiffe zusammengenommen, sie wächst zu einem dominirenden Bestand-

theil des Baues heraus, und hierin steht Santa Maria del Fiore nicht vereinzelt da, unter deren Eindruck der in Italien räumlich am schönsten und großartigsten wirkende Bau von San Petronio in Bologna entstanden ist, der allerdings auch einen florentiner Architekten, den Frate Manfredi da Faenza (1382) zum Meister hat. Was der florentiner Frate im Plane festgelegt hatte, führten bologneser Meister (Antonio del Vincenzo) aus. 1388 wurde der Bau beschlossen und am 7. September 1390 fand die feierliche Grundsteinlegung statt. Zur Vollendung wurde das groß geplante Werk nicht geführt, das Holzmodell desselben ist uns aber erhalten geblieben, und dieses läßt die florentiner Einflüsse nicht verkennen. Die Vierung sollte eine beinahe gleichmächtig angelegte Kuppel krönen, um deren willen wir hier den Bau erwähnen müssen, und weil diese acht gothisch entworfene Kuppel mit ihrem hohen, von schlanken, spitzbogigen Doppelfenstern durchbrochenen Tambour schon das enthält, was beinahe 200 Jahre nachher (1467 bis 1546) St. Peter als tonangebend für den späteren Kirchenbau bringt. Geschick hat sich der Meister über das Einschneiden der Mittelschiffdächer durch die Anlagen von Walmen hinweggeholfen.

Die in den Mittheil. der k. k. C.-C. (Wien 1860, Bd. V) gegebene Abbildung läßt diese Anordnung nicht erkennen, auch sind die Strebepfeiler über Dach dort unrichtig gezeichnet, dagegen ist die Anlage der Flankenthürmchen bei den Giebeln der Querschiffe zutreffend und dahin die Angabe im „Cicerone“,¹ welche die Kuppel von vier Thürmen flankirt sein läßt, richtig zu stellen.

Und wiederum war es ein florentiner Meister, der nach Talentis, Manfredis und Brunellescos Vorgang, 85 Jahre nach der Vollendung der Kuppel von Santa Maria del Fiore (1461 bis 1546), ein gleichgroßes Riesenwerk auszuführen übernahm, das ohne die genannten Vorstufen weder erdacht, noch gemacht worden wäre — die Kuppel von San Pietro in Rom.

1) „Cicerone“, S. 147; vergl. auch Central- u. Kuppelkirchen der Renaissance in Italien von H. Strack. Berlin 1882. S. 19. Fußnote 2.

B. Die Kuppel der Peterskirche in Rom.

Was die antike „Kunst zu wölben“ nur in tastenden Versuchen und an kleinen Bauwerken wagte — das Kuppelgewölbe über quadratischem Raume auf Gewölbzwickeln — reifte bei den byzantinischen Meistern zur Großconstruction aus, deren mächtigstes Beispiel in der Agia Sofia in Constantinopel, 532 bis 537 erbaut, zur Zeit noch erhalten ist. Auf vier rechteckigen, durch Anbauten wohl verspannten Pfeilern erheben sich über dem quadratischen Grundplane von 31,4 m Seitenlänge vier ungleich weite, etwas überhöhte, halbrunde Tragbogen von 29,8 und 22,6 m Spannweite, welche mit den zwischengespannten Gewölbzwickeln ein kreisrundes Kranzgesims abschließt, über welchem sich zuerst eine niedere Flachkuppel erhob, die 22 Jahre nach der Erbauung (559) infolge eines Erdbebens einstürzte. Eine neue, am Fusse 32,68 m weite Kuppel, welche 987 abermals durch Erdbeben — nicht sehr bedeutenden — Schaden erlitt, wurde 7,85 m höher unter Verstärkung ihrer Widerlager aufgeführt, bedurfte in der zweiten Hälfte des 9. Jahrhunderts bedeutender Wiederherstellungsarbeiten, indem der westliche, 29,8 m weite Tragbogen den Einsturz drohte, wohl infolge der durch die Erdbeben gelockerten Massen, und nicht durch das Mehrgewicht der höheren Kuppel (die dafür einen geringeren Seitenschub ausübte). Im Jahre 1847 wurden durch den italienischen Architekten Fossati die letzten, sehr umfangreichen Wiederherstellungsarbeiten vorgenommen. Die Kuppel, welche sich auch bei der Erneuerung nicht zur vollen Halbkugelform aufschwang, zeigt keine ganz regelmäßige Form, vielmehr, in der Nähe betrachtet, „Ausbauchungen und Verdrückungen“ aller Art. Somit ist auch bei dieser Großconstruction nicht alles so glatt verlaufen und so schön hergestellt, wie man sich nach so manchen phantasievollen Beschreibungen denken möchte.

Den Flachkuppeln über Pfeilern und Gewölbzwickeln folgten, wenn auch wieder schüchterner in den Abmessungen, die halbkugeligen Kuppeln auf hochgeführten, durchbrochenen, cylindrischen Tambours, wie Agia Irene, Agia Theotokos in Constantinopel, eine Anzahl kleiner Kirchen in Athen u. a. O., die alle nach antiker Ueberlieferung die innere Wölbform auch im Aeußeren zeigen.

Ein neues fruchtbares Element wurde gerade mit den letztgenannten Werken in die Baukunst eingeführt — der lichtbringende, im Inneren und Aeußeren architektonisch durchgebildete Cylinder mit der Kugelhaube, über Bogen und Gewölbzwickeln auf Pfeilern und Säulen —, das die neuere Baukunst so glücklich ausbeutete und verwertete.

Eine weitere Neuerung in constructiver Beziehung haben wir in dem Zerlegen der Kuppelschale in stützende oder tragende und ausfüllende oder verspannende Theile festzustellen,

welche zwar in der römischen Wölbkunst schon verborgen, aber in dieser klaren sichtbaren Weise nicht zum Ausdruck gebracht worden war. So setzt sich die Sofienkuppel aus 40, am Fusse sich strebepfeilerartig aus- und aufbauenden Rippen zusammen, die sich gegen einen 11,77 m durchmessenden, 62 cm dicken, geschlossenen Scheitelring anstemmen und unten etwa 2 m breite, nach dem Scheitel sich verzügende Zwischenräume lassen, welche durch besondere Gewölbchen ausgespannt sind, deren Last auf die Stützrippen übertragen wird. Das Licht wurde nicht nach römischer Weise durch eine Scheitelöffnung eingelassen, sondern durch einen Fensterkranz am Fusse der Kuppel zwischen den Tragrippen — der lichtbringende Tambour in seinen ersten Anfängen. Da nicht alle Constructionstheile gleicherweise in Anspruch genommen sind, so wurden die vier Pfeiler, die einem größeren Druck zu widerstehen haben, aus Peperinquadern in Cementverguß, und das Kranzgesims (Fusskranz der Kuppel) aus dem gleichen Material in Bleiverguß hergestellt. Zur Ausführung der Tragbogen und der Kuppel wurden Backsteine aus gewöhnlichem Ziegelthon von $0,366 \times 0,366 \times 0,052$ Größe verwendet, der Kalkmörtel erhielt einen Zusatz von Ziegelmehl, die Mörtelbänder wurden $2\frac{1}{2}$ bis 5 cm dick aufgetragen und die Tragbogen 4 Steine stark im Scheitel ausgeführt.¹

Die Auseinanderhaltung der Materialien und deren besondere Verwerthung ist eine sachgemäße, das statische Princip ein wohldurchdachtes, der Materialaufwand ein geringer — und doch sind keine räumlichen Abmessungen zu Stande gekommen, welche die römischen Werke des Abendlandes übertreffen; mit Spannweiten von 22,6 m, 29,8 m, 31,4 m und 32,68 m erreichen sie wohl die bei der Maxentiusbasilika und bei Bauten in Bajae gang und gäben Gewölbweiten von 24 bis 30 m, nicht aber die der Rotunde der Caracallathermen mit 35 m oder gar des Pantheon mit 43,5 m.

Erst die mittelalterliche und die Renaissancekunst in Italien (Dom in Florenz und S. Peter in Rom) gelangte wieder zu einer der antiken ebenbürtigen Raumentfaltung, diese in der Höhenentwicklung noch überbietend. Der Einfluß der griechischen (byzantinischen) Bauwerke auf die der Renaissance darf in Italien nicht unterschätzt werden, die Fühlung mit dem Orient war nie verloren und bei Gelegenheit des Neubaus des Domes in Pavia (1477) wurde die Sophienkirche als Vorbild hingestellt und Giuliano da Sangallo hatte Zeichnungen von dieser. Die eigenthümlichen, melonenartig gefurchten Halbkugelgewölbe mit

1) Vergl. W. Salzenberg, Alt-ochristl. Baudenkmale von Constantinopel vom V. bis XII. Jahrhundert. Berlin 1854. S. 45 u. ff. Bl. VI bis XXXII.

Lunetten der Frührenaissance (vergl. *Madonna delle carceri* in Prato [1484], *Pazzicapelle* und *Sacristeibauten* in Florenz) tragen unverkennbar das Gepräge der morgenländischen Verwandten.

Das constructive Wagnis der Kuppel auf Gewölbzwickeln und Freistützen im größeren Maßstabe und deren Zerlegung in Tragrippen und Spannfelder war gemacht und durch mehrhundertjährigen Bestand (die genannten Zwischenfälle abgerechnet) besiegelt, die Kuppel auf hohem, lichtbringendem Tambour war in den späteren byzantinischen Bauten angeregt, die Construction der Doppelkuppel war erfunden, die Aufgabe der Belastung des Scheitels durch einen massiven Aufbau gelöst und erprobt — so blieb den Meistern der Hochrenaissance für S. Peter nicht mehr viel zu erfinden und zu thun übrig, als das zu verwerthen, was andere früher erdacht und gemacht haben. Wie sie es aber gemacht haben, das bleibt der Bewunderung und der Nachahmung werth! In formaler Beziehung, im schön abgestuften Aufbau und in der Führung der Umrislinie der Kuppel haben sie das Höchste nahezu erreicht; in constructiver, dies sei hauptsächlich mit Bezug auf die Art der Verwendung der verschiedenen Materialien gesagt, läßt ihr Werk manches zu wünschen übrig. Rondelet (a. a. O.) geht soweit, den Michelangelo und seine Nachfolger (er darf aber die Vorgänger noch viel weniger ausschließen) in diesem Sinne für geschickte Decorateure, aber recht schlechte Constructeure zu erklären: „man konnte für den Untersatz der Kuppel unmöglich eine schlechtere Bauart wählen, als die ausgeführte.“

Das Wagnis der Scheitelbelastung mit einem Aufbau von mehreren Millionen Pfund Gewicht bei gewaltigen Spannweiten der Gewölbe und die daraus sich ergebende Form der Gewölblinie wird immer ein ungeschmälertes Verdienst der Renaissancemeister bleiben.

Man mag wohl für die Leichtigkeit und Eleganz der Construction der Sofienkuppel schwärmen, sollte aber dabei nicht vergessen, daß bei ihr die Spannweite um ein Drittel geringer ist als bei Sa. Maria del Fiore und bei S. Peter, und daß die Kuppel nur sich selbst zu tragen hat und nicht noch eine Scheitellast von 5 Millionen Pfund.

So wenig wie es in Florenz bei einer 200 Jahre währenden Bauzeit gelungen war, ein einheitliches Ganzes zu schaffen, so wenig wurde, der gleichen Verhältnisse wegen in Rom, am gewaltigsten Baue der Christenheit, ein besseres Ergebniss in Bezug auf die Einheit des Planes erzielt; es waren der Bauherren und der Architekten zu viele an dem Werke, und kein Machtgebot eines Papstes erreichte auch nur annähernd das, was der Beherrscher von Byzanz in fünf Jahren zu bauen wufste.

Die Baugeschichte von S. Peter mit ihrem ganzen Jammer sei hier nicht weiter verfolgt; für uns ist zunächst nur von Interesse zu wissen:

1. wie sich das von Michelangelo hinterlassene Kuppelmodell zum wirklich ausgeführten Bau verhält,
2. in welcher Weise die Kuppel und die abstützenden Theile unter derselben hergestellt sind in Bezug auf Material und Construction,
3. welches die Gebrechen der Construction sind und wie sie sich äußerten, und
4. mit welchen Mitteln man diese später zu verbessern suchte.

Zu 1. 1546 übernahm der 72 Jahre alte Michelangelo den Bau von S. Peter und lieferte ein kleines Thonmodell, nach welchem später der Meister Giovanni Francese in dem Zeitraum von etwas mehr als einem Jahr (1558) ein Holzmodell anfertigte und zwar in solcher Größe, daß alles für die genaue Ausführung nöthige aus diesem entnommen werden konnte, wie Vasari berichtet: . . . „di grandezza tale, che le misure e proporzioni

piccole tornassino parimente col palmo antico romano nell'opera grande all'intera perfezione; avendo condotto con diligenza in quello tutti i membri di colonne, base, capitogli, porte, finestre e cornici e risalti, e così ogni minuzia, conoscendo in tale opera non si dover fare meno;“ . . .¹ Das Modell wird von Carlo Fontana (1694) und von Bonanni (1715) erwähnt, indem der erstere anführt (Lib. V, Cap. XIV, S. 315), daß bei der Ausführung der Kuppeln das genaue Modell, welches Michelangelo hinterlassen habe, nie außer Acht gelassen worden sei, und welches heute noch in einem bei der südlichen Aufgangstreppe zur Kuppel gelegenen Raume in der Kirche selbst mit dem Modelle des Ant. da Sangallo u. A. aufbewahrt wird. Das Modell wurde zum ersten Male in dem genannten Werke von A. Gotti (1876) durch eine Zeichnung veröffentlicht, welche nach einer Photographie unter der Leitung des italienischen Genie-Oberstleutenants Cavaliere Cesare Castelli hergestellt und mit einem Maßstabe versehen wurde. Die äußeren Maße des Modells werden in dem zur Zeichnung gehörigen Texte (Bd. II, S. 136. Nr. 35) mit 5,40 m Höhe und 3,86 m Breite angegeben, was mit der Wirklichkeit stimmt. Die Aufzeichnung ist eine sorgfältige, und die der Photographie entnommenen Maße stimmen mit den am Modelle selbst genommenen ziemlich überein; ich sage „ziemlich“ aus dem weitern Grunde, weil das Holzmodell etwas seine Form verändert hat und deshalb z. B. für das Höhenmaß vom Rande der Scheitelöffnung der halbkugelförmigen Kuppel bis auf die Oberkante des inneren, obersten Attikasimses gemessen, sich links 1305 mm, rechts 1292 mm ergeben; der innere Durchmesser des Tambours schwankt in verschiedenen Höhen gemessen zwischen 2800, 2815 und 2820 mm; die Höhen vom Laternenkranz bis zum Hauptgesims über den Bogen zwischen 2440 und 2445 mm und die Maße der obern Attika gehen von 147 bis 152 mm, die Höhen zwischen Hauptgesims-Oberkante (über den Bogen) und Attika-Oberkante über den Pilastern von 1145 bis 1148 mm.²

Auszusetzen ist an der Zeichnung Castellis nur, daß die Verbindung zwischen der innersten halbkugelförmigen Kuppel mit der überhöhten Doppelkuppel nicht verständlich genug gezeichnet und der beigesetzte Maßstab ein falscher ist, indem statt „metri 10“ — metro 1, und 1:20 statt 1:200 gesetzt sein sollte. Der Maßstab bezieht sich selbstredend auf das Modell und nicht auf den Bau. Hergestellt ist mit allen Feinheiten des Holzbildhauers die halbe Kuppel, einschließlic Tambour — geräumig genug, um sich bequem zu mehreren in derselben bewegen zu können, und so hoch, daß man sich bei Entnahme der Höhenmaße einer Leiter bedienen muß. Reizend sind sogar die Figürchen auf den Strebepfeilern am Fusse der Kuppel geschnitzt.

Ein Strebepfeiler des Modells ist zum Aufklappen in der Mitte eingerichtet, auf dessen Schnittfläche die Eisenverankerung des Pfeilers mit dem Tambourgemäuer in blauer Farbe eingezeichnet ist; auf der Schnittfläche der Kuppel sind in hellgelber Farbe die Travertinquadern und in rothgelber Farbe die Backsteine aufgemalt; die beiden Schalen mit den zwischenliegenden Sporen der Spitzkuppel sind aus dem gleichen Stück Holz geschnitten, der Sporn oder der Hohlraum zwischen den Schalen grau gemalt; für sich geschnitten und eingesetzt ist die untere Halbkugelhülle mit der Laternen-Untermuerung und daher der Raum zwischen dieser und der Doppelkuppel ringsum frei und offen. Die Kuppelringe mit ihren Schließsen (drei an der Zahl) und

1) Vergl. G. Vasari, *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architetti*. Firenze, Felice Le Monnier. 1856. Vol. XII. S. 250 — und auch A. Gotti, *Vita di Michelangelo*, Firenze 1876. Bd. I. S. 318 bis 319.

2) Die Maße am Modell wurden vom Verfasser und Herrn Architekt Opfermann in Mainz in diesem Frühjahr genommen und später von Herrn Regierungsbaumeister Katz in Tübingen nachgesehen.

die Verschlauderung des Tambourunterbaues sind mit blauer Farbe, die sämtlichen bis jetzt aufgetretenen Risse und Sprünge mit dunkler Farbe in das Modell eingezeichnet.

Die Zeichnung auf Blatt 4 giebt in der Form und den Maßen genau die Ansicht des Modells mit den Verschlauderungen, den Maßstab mit Rücksicht auf das Modell und die einst geplante Ausschmückung der Halbkugelhülle. Die innerste Kuppel mit dem Tambour, betrachtet vom Umgangsgesims über den Bogen und, dieses als Grundlinie genommen, bis zur Scheitelöffnung hat in dem Modell die Verhältnisse und die Rundform des Pantheon, d. h. der Durchmesser verhält sich zur Höhe wie 1:1, sonst erinnert aber auch nichts an dieses. Das Princip der Wandgliederung und der Beleuchtung ist gleichwie das der Gewölbausschmückung ein vollständig anderes und erinnert wohl am meisten mit dem Lichtkranz und den dem Scheitel zustrebenden Tragrippen an verwandte Anordnungen der Frührenaissance oder der angeführten byzantinischen Bauwerke. Gerade das Auszeichnen der wirklich stützenden Theile auch in der Ausschmückung der Kuppel ist zuerst morgenländische, später mittelalterliche Art und hier aufgenommen.

Diese halbkugelige Kuppel wurde aber nicht ausgeführt; bei der angegebenen Scheitelbelastung und dem schlotartigen Laternenaufsatz würde es mit deren Verwirklichung auch seine Bedenken gehabt haben. Ebenso erhielten die Fensterumrahmungen im Inneren des Tambours eine andere Form, und namentlich ist hervorzuheben, daß statt der im Modell angenommenen, gleichmäßig wiederkehrenden Flachgiebelverdachungen desselben abwechselnde Spitz- und Flachgiebel über den Fenstern ausgeführt wurden. Und so behielt die aus constructiven Gründen gewählte spitzbogenförmige Wölbungslinie auch im Inneren des Baues den Vorzug.

Eigenthümlich muß es bleiben, daß weder C. Fontana in seinem Werke „Il tempio vaticano e sua origine“ (Rom 1694), noch ein anderer, der über S. Peter und das Modell berichtet, von der Unterdrückung der Halbkugel etwas erwähnt, während er doch das Modell mehrfach anführt. War vielleicht die innere Halbkugel des Modells nie ernstlich gemeint und bei Lebzeiten des Michelangelo schon abgethan, sodafs später nicht mehr die Rede von ihr ist, oder diente sie nur zu einer vergleichenden Erläuterung? — Immerhin möglich, da das Modell 1558 fertig war und Michelangelo erst sechs Jahre später (1564) starb. Auf diese Unterdrückung der Halbkugelhülle gründeten sich wohl auch die späteren Gerüchte, daß Domenico Fontana und Giacomo della Porta im Einverständnis mit dem Papste der Kuppel eine überhöhte Form gegeben hätten. Da sie von vornherein als Spitzbogengkuppel entworfen war und als solche in der äußeren Umrisslinie von der Florentiner nicht viel abweicht, so bedurfte sie einer solchen wohl nicht. Es war ein glücklicher Gedanke Michelangelo's, die innere Wölbungslinie weniger steil zu machen als die äußere, denn so erhielt er im Innern eine Wirkung, die derjenigen der Halbkugel näher kommt, und im Aeußern eine erhabener Form.

Die Scheitelöffnung der Kuppel im lichten ist im Modelle gleich einem Sechstel des inneren Durchmessers des Tambours. Wird nun der Beginn der Wölbungslinie der Doppelkuppeln in die Höhe der Unterkante des äußeren Attikagesimses gelegt, und dort eine Waagerechte gezogen, so ergibt sich der Einsatzpunkt für den Spitzbogen der inneren Kuppel beim Durchschnitte dieser Waagerechten mit einer vom Rande der genannten Oeffnung gefällten Senkrechten; für die äußere rückt dann der Einsatzpunkt mehr gegen die Umwandung und in die Höhe der Oberkante des äußeren Karniesgesimses über der Attika.

Mit diesen Ergebnissen am Modelle stimmen die Angaben C. Fontanas¹ über die Ausführung überein. Er giebt für die

Scheitelöffnung gleichfalls einen Sechstel-Durchmesser und die gleiche Construction für den Einsatzpunkt des Spitzbogens an, wie er eben am Modell gezeigt und die auch bei der Aufzeichnung der Lehrbogen durch Giacomo della Porta und Domenico Fontana auf dem Boden der Basilika von S. Paul eingehalten wurde. Im genannten Werke ist diese Construction in der Zeichnung wiedergegeben und mit den Worten begleitet: „...e portiamo con ogni fedeltà il profilo ò sia sezione della cupola.“

Ist die gerühmte „fedeltà“ über allen Zweifel erhaben, so decken sich Ausführung und Modell, und nur Michelangelo und kein anderer Mensch ist für die Form der Kuppel — für die innere sowohl, als für die äußere — verantwortlich. Die Umrisslinie ist hier gleichwie in Florenz ein reiner, einfacher Zirkelschlag, hier ein Fünftel, dort ein Sechstel der zugehörigen Kreisumfangslinie. Nahm der kühnere Michelangelo den geplanten „quinto acuto“ des vorsichtigen Brunellesco auf! Redtenbacher (a. a. O., S. 235) fand aus einer Zeichnung in den Uffizien für die Umrisslinie gleichfalls den einfachen Spitzbogen, der mit einem Radius von sieben Zwölftel der Spannweite geschlagen war, heraus, was den Angaben Fontanas gleich käme! Die oft schwungvoll vorgetragene Ansicht, daß die Umrisslinie der Kuppel „jeder geometrischen Bestimmung“ spottete, ist nach dem Entwickelten nur noch dann glaubwürdig, wenn man die Knicke und Buckeln, welche die Ausführung der Wölbflächen in der Nähe betrachtet zeigen, mit in Anschlag bringt.

Ebenso unrichtig sind aber auch die allenthalben verbreiteten und in dem Prachtwerke Simil's zu Papier gebrachten und in deutschen Lehrbüchern vielfach nachgebeteten Sätze über die Kuppelerhöhung durch Fontana, zu welcher wohl die Worte Bonanni's Veranlassung gegeben haben: „...Aedemus jam Tabul 25 quae partem exhibet exteriorem Tholi à Jacobo à Porta aedificati, prototypo quidem, ut diximus, similis, quem Bonarota delineavit, at aliquibus partibus parum variatis ad venustiorum apparentiam, et testudinis flexuram aliquantulum altius elevata, ut elegantior ejus facies redderetur.“ (Ausg. 1715, S. 78.)¹ Der ein Jahrhundert nach der Kuppelvollendung schreibende Padre hatte wohl einen Schein von dem Vorgange, dieser selbst dürfte ihm unklar gewesen sein.

Wenn aber Simil auf Tafel 24 seines Werkes „Le Vatican“ (Paris 1882) eine Zeichnung giebt und darunter setzt, sie sei nach dem Modell Michelangelo's, so ist, das eine Phantasterei und nur ein Beweis, daß er das Modell nie gesehen hat.

Auf den Aberglauben der Kuppelerhöhung seitens der Nachfolger Michelangelo's hat H. von Geymüller in seinem Werke über S. Peter (S. 242, 243, 244, 340 und 341) in vielfachen Wiederholungen, auch im „Cicerone“ (S. 220) und auf Grund der mit einem falschen Maßstab versehenen Zeichnung Gotti's aufmerksam gemacht. Seine (S. 341) ausgesprochene Ansicht, Michelangelo habe wegen des großen Raumes zwischen dem inneren geplanten Halbkugelgewölbe und dem äußeren Spitzbogengewölbe noch ein drittes zur Verbindung annehmen müssen, ist statisch unrichtig. Das aus den 16 Tragrippen construirte Spitzbogengewölbe mit seinen gedoppelten Zwischenfeldern war zur Aufnahme der Laterne erdacht und nothwendig und bildet den Kern der Construction; das, wie erwähnt, wohl schon von Michelangelo abgedachte Kugelgewölbe ist eine Beigabe zweiter Güte und nicht constructiv gedacht und aus keinem constructiven Gedanken hervorgegangen; es war decoratives Beiwerk unter der Hauptconstruction.

Somit sind die Verdienste des Michelangelo um die Peterskuppel in formaler Beziehung, gegenüber den verwandten älteren Leistungen, die: daß er die in der Perspective un schön wir-

¹) Numismata summorum pontificum templi Vaticani fabricam indicantia etc. a patre Philippo Bonanni, Societatis Jesu. Romae 1696. Die zweite Ausgabe des gen. Werkes erfolgte Romae 1715.

1) a. a. O. Lib. V, Cap. XVI, S. 329.

kende Achteckform der florentiner Kuppel vermied und die Rundform des Pantheon annahm, aber auch die im Aeußeren nur wenig sprechende Kuppel sowohl des letztern als auch der Agia Sofia ablehnte.

„Imitando l'antico del Pantheon, e la moderna di Santa Maria del Fiore, correasse i difetti dell' uno, e de dell' altro“... (vergl. Fontana a. a. O., S. 315). Wie sehr man sich auf die steilen Kuppeln z. Z. etwas zu gute that, beweisen die weiteren Worte Fontana's „und wenn auch die Florentiner Kuppel etwas spitz erscheint, so hat sie doch einen bessern Umriß als die der Alten.“

Zu 2. Die Uebereinstimmung in der Form zwischen Bauplan und Ausführung der Kuppel war durch das vorhandene große und genaue Holzmodell leicht festzustellen; anders verhält es sich mit der Beantwortung der Frage der technischen Herstellung. Hier stehen uns keine verbürgten Werkpläne zu Gebote, auch gestattet uns der bauliche Zustand keinen Einblick in die Eingeweide des Baues. Statt der ersteren haben wir zum Theil fragliche alte Handzeichnungen und Baubeschreibungen von Leuten, welche keine Techniker waren, und das Innere bleibt uns, solange der Bau nicht in Trümmer fällt, ein Buch mit sieben Siegeln. Unmittelbare Vergleiche im erstgenannten Sinne lassen sich somit nicht ziehen, aber gewisse Möglichkeiten können doch geprüft werden.

a) Nach C. Fontana (a. a. O., S. 117) und andern ist die Gründung der vier Kuppelpfeiler getrennt hergestellt worden und stehen diese somit nicht auf einem gemeinsamen Mauerklötz. Die Pfeiler der heil. Veronica und des heil. Andreas sind außerdem auf den Unterbau des Neronischen Circus gesetzt, während die der heil. Helena und des heil. Longinus auf einem von altem Gemäuer freien Grund aufgeführt wurden. Die Grundbauten der zwei ersten Pfeiler setzen sich aus einem 5,6 m tiefen Pfahlroste, einem 9,6 m hohen Mauerklötz, der den Neronischen Circusunterbau enthält und der auch dem alten S. Peter schon als Grundlage diente, und einer 4,5 m hohen Uebermauerung zusammen, sind also vom Schiffboden der Kirche bis zum festen Baugrunde beinahe 20 m tief eingesenkt. Der Mauerklötz über dem Pfahlrost faßt daher bei 22,5 m Seitenlänge über 7000 cbm Mauerwerk, die sich auf eine Grundfläche von 500 qm vertheilen.

Da für die Gründung und den Aufbau der Façade des Maderna ein zeitgenössischer Bericht des Giovanni Baglione vorliegt, welcher die gleichen Verhältnisse schildert und ausführt, daß die Façade zum Theil auf neronischem Untergrunde, zum Theil auf neuem Boden ruhe und daß man das Wasser, welches hier auslief, nicht habe austrocknen können und diese deshalb nie vollkommen zur Ruhe gekommen sei, so mögen die Angaben Fontana's für die Pfeiler unangefochten bleiben.

b) Die bis zu den marmornen Kämpfergesimsen gleichfalls mit Marmor unkleideten, aus Bruchsteinen und Mörtelgemäuer mit Backsteinblendung hergestellten Pfeiler treten nur wenig gegen den senkrecht herabgeführten Grundmauerkörper (19 gegen 22½ m) zurück.

Nach den bei H. von Geymüller veröffentlichten Handzeichnungen des Hemskerk (1520 bis 1536) sind die vier großen, die genannten Pfeiler überspannenden Tragbogen der Kuppel aus Quadern, Backsteinen und Füllgemäuer hergestellt, mit welcher Angabe auch die Fontana's (a. a. O., S. 473) stimmt, der für die eingeschossenen Quadern Travertin als Material angiebt. Diese Constructionen wären also auch als gesicherte anzunehmen.

c) Mit den Bogen zugleich mußten auch die Bogenzwickel herausgemauert werden, was durch die Abbildung 2 auf Blatt 52 bei v. Geymüller bestätigt wird (die weiter dafür angegebene

Abbildung 2, Blatt 49, ist unsicher und ungenau, falsch in der Gesimsführung und in der Bogenverspannung gezeichnet).

d) Diese Arbeiten, das sind die vier Pfeiler, die vier großen Tragbogen mit den Bogenzwickeln und einige Anbauten, wurden von Bramante (gest. 1514) ausgeführt. Da in der Zeit vom Tode Julius II. (1513) bis zu Paul III. (1534 bis 1549) der politischen Wirren und des Geldmangels wegen der Bau nur wenig gefördert wurde und man sich mehr mit Entwurfemachen beschäftigte, sogar die großen Bogen mit schrägen Abdachungen versah (eine Maßregel, die auf längeren Stillstand schließen läßt) und die genannten Zeichnungen in die Zeit von 1520 bis 1536 fallen, so dürfte auch diese Annahme gesichert sein, da außerdem noch die Bezahlung der Lehrbogen zur Wölbung der großen Kuppelbogen im Jahre 1510 beglaubigt ist. Am 16. Januar und 18. November 1510 erhielten Antonio da Sangallo und Ant. Peregrini einmal 200, sodann 500 Ducaten abschläglic für die Verfertigung der Lehrbogen.

e) Pfeiler und Bogen rissen aber schon bei Bramantes Lebzeiten, wohl wegen der ungleichartigen Gründung. Die erste Beschäftigung seiner Nachfolger war, diese auszubessern! Condivi wirft dem Bramante Nachlässigkeit und schwache Construction bei Verwendung schlechter Materialien vor. Nach Vasari lag die Schuld an den Fundamenten. Derselbe erzählt von einer nachträglichen Verspannung derselben durch Grundpfeiler und Bogen; im Querschnitt kleine Pfeiler hatten gegenüber den gewaltigen Massen der Kuppelpfeiler und bei der Tiefe der Fundamente keinen Werth, und für entsprechend große gab es höchstens unterhalb der Bogen Raum. Unter dem Bogen der „navata grande“ führt aber die Unterkirche hin und in den Bogenraum des heil. „Processo e Martiniano“ greift sie ein, sodafs ausgiebige Verspannungen nur zwischen dem „archone della cathedra“ und des „Simeone e Guida“ möglich gewesen wären. Diese von Vasari angeführte Verstärkung scheint daher wenig glaubhaft. Andere nehmen an, die Verstärkung habe in einer Ummantelung der Bramantepfeiler bestanden, und geben die Manteldicke ungefähr auf ein Sechstel der ursprünglichen Pfeilerbreite an — übersehen aber dabei, welche technisches Armuthszeugniß sie sich selbst ausstellen, wenn sie eine solche Verkleisterung mit daraus folgender Bogenunterbauung für nutzbringend oder wahrscheinlich hielten. Jedenfalls setzte diese das Vorhandensein eines ursprünglichen, außergewöhnlich breiten Grundgemäuers voraus; dieses zugegeben, würde die Maßnahme dennoch eine verkehrte gewesen sein, da das dünne neue Mauerwerk ohne Verband mit dem 8 bis 10 Jahre ältern Kerngemäuer geblieben wäre und sich anders gesetzt hätte. Dem schwachen Kleisterwerk wäre das zu tragen zugemuthet worden, was die Kernmauer nicht vermochte. Sie wird aber noch weniger wahrscheinlich, wenn man noch eine Fundamentverkleisterung mit neuer Pfählung bis zu einer Tiefe von 20 m annehmen müßte.

Richtig ist daher das abfällige Urtheil Rondelets über diese Ummantelung, unverständlich dagegen, daß er den Gedanken ernst nahm, und ungerechtfertigt der Vorwurf, wenn er sagt, die Architekten nach Bramante wären nur auf Vermehrung der Widerlager bedacht gewesen, ohne zu sehen, daß die Gründungsart und die Art der Arbeit an allem Unheil schuld war. Wenn auch die Angabe Vasari's nicht zutreffend ist, so beweist sie doch, daß man zu einer gewissen Zeit wohl die mangelhafte Gründung als Ursache der Gebrechen annahm und diese zu verbessern bedacht war.

Jovanovits¹ und v. Geymüller (a. a. O.) nehmen eine Verstärkung der Pfeiler durch Ausmauern der großen Nischen und Treppen in denselben an, welche auf einem Theil der überkommenen Handzeichnungen (die nebenbei meist Studien und flüchtig hingeworfen sind) unter Beibehaltung der ursprünglichen

1) Forschungen über den Bau der Peterskirche. Wien 1877.

Abmessungen der Pfeiler sich angegeben finden. Aber wer sagt uns, daß jene Treppen und Nischen je ausgeführt waren? Wir wissen von keiner jener Zeichnungen, daß sie als Werkplan gedient hat; und wenn auch ein solcher beglaubigt wäre, so kann doch im einzelnen bei der Ausführung von ihm abgewichen worden sein. Wie oft treten Aenderungen während des Bauens ein, man erinnere sich nur an die angeführten Vorkommnisse bei der Florentiner Domkuppel, an die Baubeschreibung und die Ausführung Brunellesco's!

Die Bramantepläne, Plan 3 u. 4 bei v. Geymüller, zeigen keine Treppen in den Kuppelpfeilern, die Studien auf Plan 9, 10 und 11 haben große Rundtreppen eingezeichnet, die Pläne des Giul. da Sangallo (Blatt 26) und des Antonio da Sangallo zeigen zwei große rechteckige Treppen in den Pfeilern der heil. Veronica und der Helena und in den zwei anderen kleine Rundtreppen. Hätte Bramante die großen viereckigen Treppen ausgeführt, so wäre er mit seiner Kuppelstützenstellung zum Theil auf den Hohlraum der Treppen gekommen; wären die jetzigen kleinen Wendeltreppen später einzubauen, so hätte man im Innern des Pfeilers $1\frac{1}{2}$ bis 2 m Mauerwerk auf die ganze Höhe herauspitzen müssen nach der farbigen Zeichnung des Grundplanes bei v. Geymüller. Wurden oben aus den Zeichnungen Hemskerk's Schlüsse gezogen, so sind wir auch hier berechtigt, es zu thun. Die Pfeiler zeigen auf diesen, wie heute noch die Ausführung, nur Nischen auf der Hypotenuseseite; die gewöhnlich in die alten Grundrisse eingezeichneten mächtigen, die Pfeiler schwächenden Nischen auf den Kathetenseiten fehlen; sie waren also nur auf dem Papier und nicht in Wirklichkeit vorhanden.

Gewisse „Anstückelungen“ nehmen sich ja auf einer Planzeichnung recht annehmbar aus; man vergesse aber dabei nicht, daß zu deren Ausführung im gegebenen Falle meist auch 20 m tiefe Pfahlrostfundamente nöthig gewesen wären und daß man mit derartigem keine Verstärkungen schafft, sondern höchstens schlechte Arbeit macht. Man vergesse auch weiter nicht, daß gerade der Andreas Pfeiler, der nach den alten Handzeichnungen, vermöge seiner kleinen Treppe im Innern, am wenigsten einer Ausmauerung bedurfte, am meisten gerissen und schiefstehend ist. Beim Veronicapfeiler wäre das achteckige Treppenhaus des Bramante einmal von Sangallo ins Runde und kleiner gemauert worden, dann hätte Michelangelo wieder $1\frac{1}{2}$ m aus dem Sangallogemäuer ausgebrochen und andere Theile seines Treppenhauses vermauert! Bei Poleni¹ findet sich die Angabe, daß die Eisenanker und Keile, welche später für die vier großen Bogen und für die Risse bei den Travertinquadern des Veronicapfeilers verwendet werden mußten, allein $1223\frac{2}{7}$ Pfund wogen. Die „Rinforzi“ dürften also der Hauptsache nach im Verkeilen der vorhandenen Risse und im Verschlaudern des Pfeilermauerwerkes bestanden haben; man konnte um so leichter zu diesem Hilfsmittel greifen, als zwischen der Fertigstellung der Pfeiler und Bogen bis zur Wiederaufnahme der Arbeiten 32 Jahre (1514 bis 1546) lagen und in dieser Zeit manches zur Ruhe gekommen sein konnte. Mithin möchten wir die Pfeiler mit den kleinen Wendeltreppen auch in der Form, welche ihre heutige Gestaltung ohne weiteres ermöglichte, dem Bramante lassen und die vielgenannten Verstärkungsarbeiten auf die angeführten Eisenarbeiten beschränken.

f) Die erste Arbeit, welche Michelangelo nach Wegnahme des Schutzmauerwerkes über den vier Bogen vornehmen liefs, war nach Poleni² die Ausführung von Verstärkungsbogen (archi di Rinforzo) über den vier Tragbogen des Bramante, die aber durch ihre Rundführung im Tambour und durch das Einschnei-

den des Umgangsgesimses, auf der Innenseite wenigstens, etwas fraglich werden, ferner die Vollendung der Gewölbzwickel und das Versetzen des genannten Umgangsgesimses. Von dieser Stelle ab beginnt eigentliches Werk, auf dieser Grundlage entwarf er den Tambour mit der in der Form unübertroffenen Kuppel. Ersterer ruht auf einem unten achteckigen, dann ins Runde übergeführten Unterbau, den ein mit einem Ringgewölbe überdeckter Rundgang in seiner ganzen Ausdehnung durchzieht und zu welchem acht Zugänge von außen führen und der den Mauerkörper in zwei, beinahe gleich dicke Hälften scheidet. Auf diesem hohlen, mit den vier Tragbogen beinahe gleich dicken Unterbau, der aus Bruchsteingemäuer mit Backsteinblendung im Innern und Travertinblendung im Außern besteht, erhebt sich der von Fenstern durchbrochene, aus den gleichen Materialien hergestellte Cylinder mit einer Mauerstärke von einem Fünftel des innern Durchmessers desselben. Sechzehn massiv aus Travertinquadern hergestellte Strebepfeiler von nahe einem Zwölftel innerer Durchmesserstärke (im Kern und ohne die Dreiviertelsäulen an den Ecken gemessen), mit Bogendurchgängen am Fuße, welche in der Achse des inneren Rundganges liegen, verstärken den Mauercylinder, der den Strebepfeilern entsprechend im Innern mit schwach vortretenden Doppelwandpfeilern gegliedert ist. Vier Wendeltreppen, unmittelbar hinter je einem Strebepfeiler in das Tambourgemäuer eingefügt, vermitteln den Aufgang zum Hohlraum zwischen den zwei Kuppelschalen. Der Mauercylinder ruht demnach mit der Hälfte der Strebepfeiler auf dem diesseits gelegenen Theil des durch den Rundgang in zwei Hälften geschiedenen Unterbaues, während die anderen Hälften der Strebepfeiler auf dem jenseits gelegenen aufsitzen.

Aus Bruchsteinen, mit Backstein- und Travertinblendung, wurde auch die über dem Tambourgesimse sich erhebende, 25 palmi hohe Attika hergestellt.

Der im Modell angegebene Stufenvorbau über jedem Strebepfeiler mit den zu den Rippenpostamenten überführenden Steinvoluten und die vorgestellten Prophetenfiguren kamen nicht zur Ausführung, der geplante schöne Uebergang von den Strebepfeilern zur Kuppelfläche unterblieb.

Im Modell finden wir weiter nach der Zeichnung auf Blatt 4 innerhalb des Mauerwerkes im Unterbau eine eiserne Ringverschlauderung mit nach der Außenwand reichenden Stichankern angegeben, welche, wenn ausgeführt (woran kaum zu zweifeln sein dürfte), wohl ursprünglich sein muß, da sie später nicht mehr in dieser Weise eingefügt werden konnte. Desgleichen ist in den Strebepfeilern eine aus senkrechten, waagerechten und schrägen Stäben zusammengesetzte Eisenverankerung angegeben, die aus den gleichen Gründen eine ursprüngliche sein muß. Die Zuhilfenahme von Eisen war demnach eine ziemlich ausgiebige, und doch konnte sie, wie wir sehen werden, die Folgen der fehlerhaften Verwendung der Baumaterialien und der Anlage des schon getadelten Rundganges im Unterbau nicht verhindern.

g) Ueber der äußeren Attika erhebt sich die zunächst bis zu einem Viertel ihrer Höhe voll und ganz aus Backsteinen gemauerte Kuppel, aus deren Massivbau, den Strebepfeilern des Tambours entsprechend, 16 Rippen gegen einen mächtigen Scheitelring emporgeführt sind, welche sich in der Breite in drei Abstufungen nach dem Scheitel zu verjüngen, in der Höhe aber sich um ein Drittel der unteren Stärke verdicken. Zwischen diese Rippen spannen sich aus Backsteinen ausgeführte Kappen, welche mit ersteren zusammen die innere und äußere Wölbfläche bilden, indem die Rippen innen nur wenig (eigentlich nur zum Schmuck), im Außern aber kräftig vortreten. C. Fontana (a. a. O., S. 316) führt aus, daß diese 16 Rippen vor allem andern ausgeführt wurden und daß sie bestimmt waren, das Gewicht der später zwischengespannten, mit wenig Verjüngung

1) Memorie istoriche della gran cupola del tempio Vaticano. Padua 1748. S. 421.

2) a. a. O. S. 23. Taf. A.

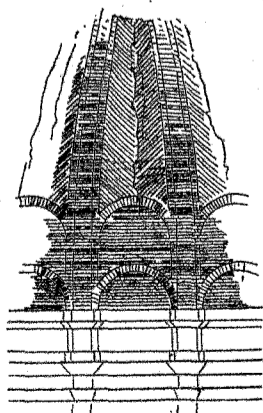
der Dicke nach dem Scheitel zu ausgeführten Gewölbeschalen mit Sicherheit zu tragen; — „sie übertragen ihr Gewicht auf jene Rippen und sind mit den besten Backsteinen im Schwalbenschwanz (eigentlich in Fischgrätenart, à guisa di spinapesce) gemauert, um einen Mauerkörper gleichsam aus einem Gusse (abbracciamento della materia) zu erhalten, der sich aus 2×16 Gewölbeschalen, 1×16 Rippen und 1×1 Ring = 49 Mauertheilen zu einem Ganzen vereinigt.“¹

Wir begegnen also hier demselben zweckgemäßen Wölbesystem wie bei der Agia Sofia, welches durch das Hereinziehen der Doppelschalen nach dem Florentiner Vorgang noch auf eine höhere Stufe gehoben ist. Das byzantinische Rippensystem verbunden mit der Doppelschale der Frührenaissance bei Annahme der steilen Wölbungslinie der Kuppeln jener Zeit, das Uebertragen des Rippensystems der Kuppel auf den Tambour sind die neuen constructiven Eigenthümlichkeiten, die in nichts an ein weströmisches Wölbungsprincip erinnern.

Im Modelle sind im Kuppelmauerwerk drei eiserne Ringe eingezeichnet, die aus dem früher angeführten Grunde gleichfalls ursprünglich sein müssen und von denen auch zwei bei späteren Reparaturen der Kuppel (1747), wenn auch zerrissen, gefunden worden sind. Zur Begründung derselben führt Fontana (a. a. O., S. 317) aus: „Da es bei so großen Bauten vorkommen kann, daß schlechtes Material unterläuft und durch Lässigkeiten der Maurer und anderer Arbeiter weniger gut und vollkommen gearbeitet wird, so wurden von den Architekten in der inneren Kuppel (nella cupola interna) eiserne Ringe vorgesehen.“ Dabei bleibt es allerdings unsicher, ob solche schon von Michelangelo oder erst von Porta und Fontana angegeben wurden. Nicht als constructive Nothwendigkeit, sondern nur als Schutz- oder Vorsichtsmaßregel gegen nachlässige Arbeit wurden sie demnach 1590 eingelegt. Sonst war übrigens auch das Umlegen von Eisenringen zu jener Zeit ein durch die Erfahrung bewährtes Mittel, die Kuppeln gegen seitliches Ausweichen zu sichern (1523 wurde z. B. die Kuppel der Marcuskirche in Venedig gegürtet — „con catene di ferro stringendole“ —).

Auf das Vorhandensein auch des dritten im Modelle eingezeichneten Ringes können wir wohl mit Sicherheit schließeln, da Poleni (a. a. O., S. 30) und nach diesem Rondelet (Bd. III, S. 313 bis 318) angeben, es befänden sich am oberen Theil der inneren Kuppel mehrere Löcher, in denen man aufrechte eiserne Stäbe (Schließsen) bemerkte, die sie dann zu einem Gerippe ausspinnen, das in einem obersten Ringe bei der oberen Oeffnung der inneren Kuppel endige. Für diesen Gedanken beuten sie auch die Stelle bei P. Angelo Rocca aus,² der nach Poleni um die Zeit der Ausführung der Kuppel lebte: „...nam quotidie pro duobus Tholi fornicibus, ingenti Tholi oculo in ejus summitate relicto, a quo lumen excipitur, ex ferramentis triginta

1) In welcher Weise die Gewichtsübertragung der Zwischengewölbe auf die Rippen ausgeführt wurde, ob in der auf Blatt 4 gezeichneten Art, ob nach der beigegebenen Zeichnung, muß zur Zeit unbeantwortet bleiben. Möglich ist es, daß von den in der innern



2) Tom. II. S. 352, de Sixti Aedificiis — Ausg. Romä 1719.

Decoration angegebenen Halbkreisbogen die oberen, mit B bezeichneten das Gewölbe in seiner ganzen Stärke durchsetzen und daß das Fischgrätengemäuer von diesen aufgenommen wird; jedenfalls hat diese Art zu wölben es nicht verhindern können oder es vielmehr hervorgerufen, daß s. Z. beinahe alle Zwischengewölbe der Länge nach beim Zusammenstoß der schrägläufigen Steinschichten gerissen sind (vgl. bestehende Zeichnung und Poleni a. a. O. Tafel XV und XVI). Eine gewöhnliche durchgehende Reihenschichtung der Wölbesteine bei den Rippen und Kapfen hätte die gleichen oder bessere Dienste geleistet bei leichterer und verlässlicherer Arbeit.

librorum millia sursum extracta sunt, tribus officinis ferrariis adhibitis! — 30000 Pfund grobes Eisen täglich — und wie lange täglich — um die zwei Gewölbe der Kuppel bei der Scheitelöffnung zu verbinden, ist wohl etwas hochgegriffen, wenn man überlegt, daß die sämtlichen fünf später umgelegten Eisenringe mit ihren Schließsen zusammen nicht ganz 90000 Pfund wogen! Bei Zahlenangaben greift der gute Padre gern etwas ins Volle, wie wir noch weiter sehen werden.

Nach seinen Aufzeichnungen (a. a. O., S. 352) wurde unter der Regierung Sixtus V., von Ende Juli 1588 bis 14. Mai 1590 — also in einem Zeitraum von 22 Monaten — die Kuppel eingewölbt „...per operarios homines ad octingentas perlicitur (Bonanni begnügt sich mit 600), summa industria Fabii Blondi et opera ac labore incredibili Jacobi à Porta architecti egregii“ — und wohl auch des dem Genannten beigeordneten Domenico Fontana. Eine Riesenleistung in der kurzen Zeit und besonders gegenüber Sa. Maria del Fiore!

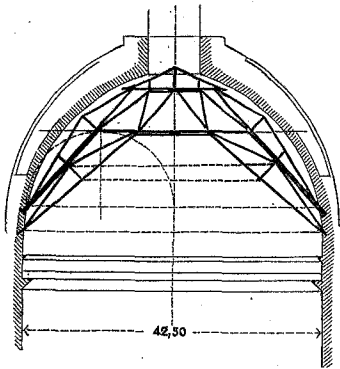
Nach Rocca („...laminis plumbeis, quibus Tholus contegitur et bracteis aureis, quibus costae mirifice ornantur“) und C. Fontana sollte die Kuppel mit Blei abgedeckt werden „damit sie aber in der Hauptansicht einen reizenden Eindruck mache, wurden sechs Rippen von vergoldeter Bronze gemacht, die aber später für andere Zwecke abgenommen und durch solche von Blei ersetzt wurden. In jüngster Zeit wurde (vergl. die moderne Bleideckung von St. Peter, Centralblatt der Bauverwaltung, 1885, S. 164) das ganze Bleidach erneuert, aber auch diesmal die Vergoldung der schön profilirten Rippen unterlassen. Das Gewicht der Kuppel berechnet sich nach Gottgetreu¹ auf 28 Millionen Kilo. Poleni (a. a. O., S. 48) giebt für das Gewicht der Kuppel mit den Rippen 50138000 Pfund und für die Laterne ein solches von 4081461 Pfund — also ein Gesamtgewicht der Kuppel mit der Laterne von beinahe $54\frac{1}{4}$ Millionen römischen Pfunden an, während Rondelet (Bd. II, S. 388 bis 389) das Gewicht der Laterne auf mehr als 3000000 Pariser Pfund beziffert. Sie wurde nach Rocca samt dem goldenen Kreuze sieben Monate nach dem Kuppelschlusse, also noch vor Ablauf des Jahres 1590 ausgeführt, während in weiteren 29 Monaten die ganze Kuppel mit allen Nebenarbeiten vollendet war: „Mensibus autem undetriginta cuncta suis omnibus numeris fuerunt absoluta.“

h) Während für eine Vorstellung des Baugerüsts im Innern der Florentiner Kuppel nur die verdorbene Wiederholung einer unklaren Handzeichnung vorhanden ist, besitzen wir für das der Peterskuppel das schriftstellerische Zeugniß des P. Rocca und die schönen Stiche des Fontana und P. Bonanni. Das erstere lautet: „Haec erat lignorum connexio praeter ceteras trabes minores circiter mille centum et amplius trabibus constans, quarum ita crassae ut duo homines amplecti eas non possent: compactio vero lignorum omnis stuporis plena: erat enim ita ingeniose facta, ut super se fundata, nullo prosius adminiculo adjuvante in aere pendens videretur.“... Wir entnehmen daraus, daß das Gerüst erst über dem Tambour begann und vom Kuppelfuß aus abgestützt war, daß $22\frac{1}{3}$ m lange Hölzer verwendet wurden, von denen einige so dick waren, daß zwei Mann sie nicht umspannen konnten. Die Zeichnungen Fontana's bestätigen die Abstützung des Gerüsts vom Kuppelfuß aus, und wenigstens 95 palmi lange Hölzer, während die stärksten Hölzer und wenn zwei zusammen gekuppelte als eines gemessen werden, nicht über 40 palmi² (8920 mm) in der Dicke hinausgehen.

Das Kuppelgerüst bestand (vergl. die Abbildung auf Blatt 3) aus 16, den Kuppelrippen entsprechenden Halb-

1) Lehrbuch der Hochbauconstructionen, I. Theil. Berlin 1880.

2) 1 palmo Romano = 0,223 m; 1 palmo = 12 oncie oder diti = 60 minuti; 1 oncie = 5 minuti.



Einrüstung der Peterskuppel.

welche nach der daneben gestellten Zeichnung zusammengesetzt waren.

Zu 3. und 4. Construction und Ausführung von Michelangelo's Kuppel und Kuppelunterbau sind so wenig über jeden Tadel erhaben wie die Bramante'schen Pfeiler und Tragbogen. Nach den früheren Andeutungen können wir die Fehler kurz zusammenfassen:

- α) Mangel einer einheitlichen Gründung.
- β) Verwendung von Mörtelmauerwerk zu den Pfeilern und Bogen. (Quaderpfeiler und -Bogen hätten bei geringeren Abmessungen stärkeren Widerstand leisten können, aber mehr Zeit und Geld erfordert.)
- γ) Anlage eines Rundganges inmitten des Tambouruntersatzes und daraus sich ergebender Stand der Strebepfeiler auf zwei verschiedenen Unterlagen — Bruchsteinwerk und Quadern.
- δ) Verwendung von Mörtelgemäuer zu der Cylindermauer, welche die ganze Kuppellast aufzunehmen hat, und von Quaderwerk bei den zugehörigen, unbelasteten Strebepfeilern.
- ε) Verschwächung von vier Tambourpfeilern durch eingefügte Treppen.
- ζ) Zu großes Gewicht der Laterne und bei diesem dann die zu wenig steile Form der Gewölbelinie.

Diese Fehler äußerten sich bei α) und β) in senkrechten Rissen und im Schiefwerden der Pfeiler und des Tambours, in abwärts gehenden Sprüngen in den Bogen und Gewölben; bei γ) durch das Auftreten eines zusammenhängenden waagerechten, kreisförmigen Risses vom Scheitel des Rundganggewölbes bis und durch die Deckplatte desselben gehend; bei δ) durch das Lösen der sämtlichen Strebepfeiler vom Cylindermauerwerk; bei ε) durch stärkere senkrechte Risse an diesen Stellen und bei ζ) durch Trennungsrisse in allen Rippen zwischen der inneren und äußeren Gewölbeschale. Das innere Gewölbe hatte sich mehr gesenkt als das äußere, sodaß letzteres mit der Zeit fast das ganze Gewicht der Laterne tragen mußte, während es bestimmt war, etwa ein Drittel dieser Last aufzunehmen. (Nach Rondelet sollte das Gewicht der Laterne nicht größer sein als das einer Calotte zu 40°. Macht man eine solche Calotte wie die Kuppel doppelt und giebt ihr die gleiche Anzahl Zwischenrippen, so würde sie etwa 2000000 Pariser Pfund wiegen; die ausgeführte wiegt aber nach Poleni das doppelte (Blatt 4, Abb. II). Der damit beginnende Seitenschub mußte mit der Zeit zu Bedenken Veranlassung geben, die sich zunächst in sorgfältigen Beobachtungen des Baues, später aber in der thatsächlichen Ausführung von Sicherheitsmaßregeln äußerten, ohne welche wohl der Bau vor der Zeit zur Ruine geworden wäre. Witterungseinflüsse, Blitzschläge, Stürme und Erdbeben, welche auf den Bau eingewirkt haben, sind bei dem schärferen Vortreten der Mängel nicht zu niedrig in Anschlag zu bringen. Von 1593 bis 1743, also volle 150 Jahre stand der Bau, ehe sich einschneidende Befestigungsarbeiten als notwendig erwiesen, obgleich schon 1631 Bewegungen an den genannten Theilen beobachtet wurden. Man ging bei der Erwägung und Auswahl der zu treffenden Sicherungsarbeiten sorgfältig prüfend vor. Die verschiedenen Gut-

bindern, die sich an zwei übereinander im Centrum liegende, gut ausgesteifte Holzringe anlehnen und die unter sich durch vier in verschiedener Höhe liegende Horizontalspreizen miteinander verbunden sind.

Vom Hauptgesimse aus wurden auch die Gerüste für die Tonnengewölbe der Kreuzarme abgestützt,

achten und Erörterungen über diesen hochwichtigen Gegenstand füllen das III. und IV. Buch des Poleni'schen Werkes. Nach diesem erschien zuerst der „Discorso des Abate Saverio Brunetti“ über eine am 22. September 1742 angestellte Untersuchung des Baues von Sachverständigen, unter denen auch L. Vanvitelli genannt wird. Diese gaben zunächst nur den Thatbestand, der nichts weniger als rosig erscheint: Die Laterne wurde als gerissen und aus dem Loth gewichen geschildert, die Rippen zwischen den Gewölbeschalen aufgespalten, die Architrave, Schwellen, Gesimse der Fenster geborsten, gleichwie alle Strebepfeiler (spaccati in mille pezzi), der kreisförmige Riß im Unterbau derselben (fessura circolare larghissima) wird mit den 2 cm breiten Scheitelrissen der beiden Bogen, die auf dem Veronicapfeiler aufsitzen, angegeben.

Zu Ende des Jahres 1742 wurde ein Gutachten der drei Mathematiker: Thomas Le Seur, Franz Jacquier und Ruggiero Boscovich, dem Papste Benedict XIV. vorgelegt, das sich über den baulichen Zustand, die Ursachen der Schäden und Beseitigung derselben verbreitete. Diese Herren suchten die Gebrechen in der Kuppel selbst (..che la cupola abbia patito in se stessa) —, machten demgemäß ihre Vorschläge und empfahlen, nachdem sie sich von dem Ausmauern bestimmter Hohlräume und dem Aufführen von Strebepfeilern, oder dem Wegnehmen von überflüssigem Gewicht (Bleideckung) wenig oder keinen Erfolg versprachen, das Umlegen von Eisenringen, und zwar einen solchen am Fuße der Kuppel von $9\frac{1}{3}$ cm Breite und $6\frac{1}{2}$ cm Dicke, andere an der Spitze, und zwar einen um die innere und einen um die äußere Kuppel und einen letzten etwa in der Mitte der Kuppelfläche.

Auch für den Unterbau empfahlen sie drei Ringe: den ersten beim Scheitel der inneren Mauer des Rundganges, den zweiten in gleicher Höhe, aber auf der äußeren Basis, den dritten unter dem Hauptgesims des Unterbaues. Das Ausmauern des unglückseligen Rundganges hielten sie dann umso mehr für ganz unnötig, da neues und altes Mauerwerk sich nie ordentlich verbände — „non legando mai bene il nuovo col vecchio“ —, und aus dem gleichen Grunde billigten sie auch das Ausfüllen der Wendeltreppen nicht und mißbilligten ebenso das Zumauern oder Kleinermachen der Bogenöffnungen in den Strebepfeilern. Gegen das Ausweichen der Attika verlangten sie den Stufenuntersatz und die Anschlußvolute mit der Figur nach dem Modelle Michelangelo's.

Die Stärke der Ringe gaben sie auf Grund der Versuche P. Musschenbröck's an, ihre Gewichtsberechnungen gründeten sie auf die Ergebnisse beim Abwägen von einem Cub.-Palm Travertin, Backstein- und Mörtelmauerwerk und fanden die mit Poleni übereinstimmenden Maße (vergl. Poleni S. 233 bis 246):

Laterne	4 081 461	} = 165 662 651 römische Pfund.
Kuppel mit Rippen	50 138 000	
Tambour	48 013 750	
Strebepfeiler	13 342 081	
Unterbau	50 087 359	

Darauf folgten 1743 die Riflessioni des „Lelio Cosatti“, die Risoluzione del dubbio von P. Santini, die Sentimenti d'un Filosofo usw. usw. und schließlic die Reflessioni des Giovanni Poleni, des Gelehrten der Universität Padua und des Wasserbau-meisters der Republik Venedig, der sein Gutachten gleichfalls zu Gunsten der Umgürtung abgab und die Anzahl und Querschnitte der Ringe und die Stellen der Kuppel, wo solche angebracht werden sollten, bestimmte, während L. Vanvitelli die technischen Einzelheiten und die Ausführung der Arbeit besorgte. Beide Meister stützten sich auf die mit den Eisenumgürtungen in ähnlichen Fällen gemachten guten Erfahrungen in Venedig (1523), in Padua (1617) u. a. O.

Wie planmäßig und selbständig Poleni bei der Lösung seiner Aufgabe zu Werke ging, davon giebt sein interessantes Buch ein beredtes Zeugnis, und es verdient ein Mann wie dieser

wohl etwas mehr genannt zu werden und wohl einige Worte mehr, als sie ihm Rondolet (Bd. III, S. 316 bis 317) spendet, der nebenbei noch in der Lage ist, all' seine Weisheit über St. Peter, in Wort und Bild, dem italienischen „Marquis“ zu verdanken. Auf grossen Tafeln (I und II) verzeichnet Poleni zunächst nach den eigenen Aufnahmen alle Risse im Tambour, in dessen Unterbau und Attika; auf Tafel III bis X jeden einzelnen Strebepeiler mit allen Rissen; auf Tafel XI die waagerechten Risse im Grundplan; auf XII und XIII die Risse in den Tambourwendeltreppen; auf XIV die Risse in den vier Tragbogen; auf XV und XVI alle Tambour- und Kuppelrisse im Innern; auf XVII bis XIX die Risse in allen 16 Rippen zwischen den Gewölbeschalen und auf Tafel K die zur Ausführung gekommenen alten Ringe, zuletzt auf einer Tabelle die Ergebnisse der Ablothungen sämtlicher Kuppelstrebepeiler. — Aus diesem, für alle Zeiten interessanten Materiale zog Poleni seine Schlüsse. Zunächst wollte er aber Gewissheit über die Stabilitätsverhältnisse der Kuppel im allgemeinen und prüfte deren Form und Querschnitt mittelst Einhängen der gemeinen Kettenlinie (*curva catenaria*). Dies lieferte kein günstiges Ergebnis, indem die Kette (vergl. Abbildung 2 auf Blatt 4) die innere Umrisslinie des Gewölbes überschneidet, also ausserhalb desselben fiel; sie deckte sich selbstredend auch nicht mit der von ihm gezogenen Schwerlinie — „*quella curva che possa passare per tutti i centri di gravità de' pezzi.*“ — Da die eingehängte Kette eine gleichmässig schwere war und zur Untersuchung ein Kugelsector (und nicht ein Cylinderstück) genommen und ausserdem das Gewicht der Laterne mit in Betracht gezogen werden musste, so erschien ihm deren unmittelbare Anwendung als eine verfehlt. Er glaubte eine Kette zusammensetzen und anwenden zu müssen, die den thatsächlichen Verhältnissen am Bau entspräche. Zu dem Ende zeichnete er den genauen Kuppelquerschnitt, theilte die innere Wölbungslinie in 16 gleiche Theile und zog von den Theilpunkten nach dem Durchschnittspunkt der vom Laternenrand gefällten Senkrechten mit der Waagerechten durch den Fusspunkt der Kuppel Halbmesser, welche die Kuppelschale in 16 Keilstücke zerlegten und welche er alle für voll im Gewichte annehmen zu dürfen glaubte, da die unteren Stücke wirklich dem voll gemauerten Theil der Kuppel angehören, bei den obern aber die Rippen so nahe zusammen kommen, dass die Annahme zulässig erscheint.

Er bestimmte dann die Schwerpunkte der einzelnen Keilstücke und zog durch diese seine „*curva di gravità*“ und mit dieser sollte sich dann die neue Kettenlinie für den Fall der gesicherten Stabilität der Kuppel decken. Die Kette setzte er nun aus zwei Hälften von je 16 gleichen Drahtgelenken zusammen, die durch einen Faden von der Länge des Laternen-durchmessers mit einander verbunden waren. Jedem Drahtgelenke hing er dann ein, dem wirklichen Gewicht des entsprechenden Kuppelkeilstückes genau angemessenes Bleigewicht an, dem letzten noch das Proportionalgewicht der Laterne beifügend und das Stück *XZ* ohne Gewicht lassend.

Wurde diese aus ungleich grossen Gewichten zusammengesetzte Kette bei *JV* eingehängt, so fielen die Enden der belasteten Theile auf die Punkte *XZ*, und der unbelastete Faden zwischen diesen spannte sich gerade; es ergab sich weiter, dass auch die so construirte Kette nicht mit der Schwerlinie zusammenfiel, daher glaubte Poleni, dass die Steine bis zum Punkte *N* das Bestreben hätten, nach aussen auszuweichen, die über *N* befindlichen aber ein solches, herabzufallen, und dass diese deshalb nicht im Gleichgewicht seien und dass die Form des Gewölbes eine unvollkommene sei.

Nach Abb. II auf Blatt 4 hängt sich die Kette von *B* bis *K* nahe an die innere Gewölbfäche und trifft erst bei *N* mit der Schwerlinie zusammen, sie zeigt somit die unteren zwei Drittel

der Kuppel als zu schwach in den Abmessungen, oder die Kuppellinie als zu wenig steil.

Die Gewichte der Keilstücke rechnete sich Poleni nach der „*semplice Regola aurea*“ aus, indem er die Gleichung aufstellte: Die Summe der Halbmessertlängen, welche von der Mittelachse der Kuppel nach den inneren Flächenmitten der Keilstücke gezogen werden, verhält sich zum bezw. Halbmesser eines Keilstückes, wie das Gewicht des ganzen Ausschnittes zum Gewicht des einzelnen Keiles, d. i.:

$$S. d. H. : H. d. K. = G. d. A. : x$$

und daraus ergibt sich für die Auffindung des Gewichtes des untersten Keilstückes *A*, wenn der zugehörige grösste Halbmesser in 200 gleiche Theile getheilt wird und der in Rede stehende Ausschnitt der fünfzigste Theil der Kuppel und das Gewicht der letzteren mit den Rippen 50 138 000 Pfund ist, die Gleichung:

$$2254 : 200 = 1\,002\,760 : x$$

$$x = \frac{200 \times 1\,002\,760}{2254} = 88\,976 \text{ Pfund}$$

oder ein Proportionalgewicht von 89 und darnach die andern Werthe und Proportionalgewichte wie folgt: (Die etwas breitgehaltene und umständliche Begründung seines Verfahrens unter Berufung auf Bernoulli, Leibnitz und Stirling möge bei Poleni selbst nachgelesen werden, da deren Wiederholung hier zu weit führen würde.)

Bezeichnung der Keile	Länge der Halbmesser	Gewichte der Keilstücke	Proportionalgewichte
A.	1	200	88976
B.	2	198	88086
C.	3	195	86752
D.	4	191	84972
E.	5	184	81858
F.	6	177	78743
G.	7	168	74740
H.	8	159	70735
K.	9	148	65842
L.	10	135	60059
M.	11	122	54275
N.	12	108	48047
P.	13	92	40929
Q.	14	76	33811
R.	15	60	26693
S.	16	41	18240
Summe	2254	1 002 758	

Zu $S = 18240$ kommt noch ein Fünfzigstel des Gewichtes der Laterne mit 81629 und daher für $S = 81629 + 18240 = 99869$ und das Proportionalgewicht mit 100. Die Summe der Gewichte der einzelnen Keilstücke mit 1 002 758 stimmt somit mit dem angegebenen Gewicht des Ausschnittes von 1 002 760 Pfund überein.

Nachdem so die Eigenschaften der Kuppel erkannt waren und diese ihm die Richtigkeit der Mafsnahme der Umgürtung bestätigt hatten, bestimmte er die Lage der Ringe und deren Anzahl. Aus den Gewichten der Kuppel und nach den selbst gemachten Versuchen über die Widerstandsfähigkeit ringförmiger Eisenstäbe berechnete er die Querschnitte der Gürtungseisen und billigte die von Vanvitelli erdachten Keilverbindungen der Eisenstäbe (vergl. Blatt 4). Dabei gab er den in das Mauerwerk eingelassenen Ringen den Vorzug vor den aufgelegten, indem er geltend machte, dass wenn der erstere an einer Stelle bricht, die Theile desselben doch nicht allen Bestand verlören, sondern noch einigen Halt in den Höhlungen der Schliesen hätten, während beim Bruche des umgelegten Ringes an einer Stelle die Wirkung desselben plötzlich und vollständig verloren wäre. Die Stäbe wurden 25 minuti hoch und 25 minuti breit

$$(1 \text{ minuto} = \frac{223,421}{60} = 3,557 \text{ mm}), \text{ also } 8,89 \times 5,33 \text{ cm.}$$

Da nach seinen Versuchen ein senkrechter Stab von 1 □ minuto bei 1500 Pfund rifs, und die Widerstandsfähigkeit des Ringes gegen die des Stabes sich als eine sechsmal grössere

ergab, so konnte er dem gewählten Stabquerschnitt ein Gewicht von 3 375 000 Pfund entgegensetzen.¹

Der erste Ring (*A*) wurde in das Mauerwerk des Unterbaues, auf dem die Strebepfeiler ruhen, eingelassen, mit Mörtel, Backsteinen und Steinbrocken verzwickelt und durch vorgesetzte Travertinquadern wieder verdeckt. Aus 38 Stücken zusammengesetzt, wog er mit den 56 cm langen Keilen $32542\frac{5}{7}$ röm. Pfund.

Der zweite Ring (*B*) wurde um den Sockelfuß der Attika herumgelegt und nicht eingelassen, doch mußten zu dem Zwecke die Attikapfeiler durchbohrt werden (vergl. Blatt 4, Abb. II). Geschützt und verdeckt wurde er durch eine vorgesetzte niedere Steinstufe. Aus 33 Stücken zusammengesetzt, wog er im ganzen 27 456 röm. Pfund.

Der dritte Ring (*C*) wurde unmittelbar über der Attika am Fuße der Kuppel herumgeführt, indem man die Rippen durchbohrte. Er wurde durch die Bleidachung verdeckt, aus 32 Stücken zusammengesetzt und wog $26965\frac{5}{7}$ röm. Pfund.

Der vierte Ring (*D*), gleichfalls unter den Rippen durchgeführt, umschließt den Kuppelkörper etwa in der Mitte (halben Höhe), liegt unter der Bleideckung und wog 23 000 röm. Pfund.

Der fünfte Ring (*E*) wurde am Kuppelschluf, gleichfalls unter den Rippen, durchgeführt und durch das Bleidach geschützt. Aus 16 Stäben zusammengesetzt, wog er $9070\frac{3}{7}$ röm. Pfund.

Diese auf den Werken von „Conca“ hergestellten Eisenarbeiten wurden von Vanvitelli als sehr gute bezeichnet und das Material als vorzüglich gelobt. Die zwei ersten Ringe wurden im August und September 1743, die zwei folgenden im Mai und Juni 1744 und der fünfte im August und September aufgebracht. Der fünfte, hauptsächlich infolge des Schadens, den ein Blitzschlag in der Laterne und dem oberen Theil der Kuppel angerichtet hatte, für nöthig erachtet, wurde am 5. October 1743 vom Papste nachträglich genehmigt.

Die übrigen Ausbesserungsarbeiten erstreckten sich auf das Schließen der Risse in den Bögen, im Mauerwerk, in den Gewölben usw., die im Eintreiben von Holz- und Eisenkeilen und im Ausräumen und Ausmauern der Risse bestanden. So wurden in der Zeit von Ende October 1743 bis Herbst 1745 in den Bogen des „navata grande“ vierzehn 33 cm lange und zweiundzwanzig weitere Keile von 22 cm Länge eingetrieben, die Risse im Gewölbe des Rundganges theils durch Holz- und Eisenkeile, theils durch eingeschossenes Backsteinwerk und mit solchem auch der darüber befindliche Fußboden wieder geschlossen, die Risse in den Wendeltreppen ohne Anwendung von Keilen, nur mit Backsteinen gedichtet und in gleicher Weise die weiteren Sprünge am Baue geschlossen. Der Verankerung des Veronicapfeilers wurde bereits gedacht.

Am 6. und 13. Mai 1747 berichtete Vanvitelli an Poleni, daß der obere, an der inneren Kuppelschale, am Fuße der Kuppeltheilung herumgeführte alte Ring an zwei Stellen gerissen sei, und sprach die Vermuthung aus, daß der untere, im vollen Mauerwerk liegende alte Ring das gleiche Schicksal theile. Vanvitelli schlug nun vor, an Stelle der zwei gerissenen alten Ringe zwei neue äußere zu machen und die beiden Brüche an dem alten so gut als möglich auszubessern, überließ aber das Weitere „dem weisen Urtheil Poleni's.“ Dieser nahm den nicht zugänglichen Ring sicher, und zwar früher als den oberen, als gleichfalls gerissen an, verordnete die Wegnahme der gebrochenen Stücke des oberen Ringes und die Einfügung neuer Gelenke und wollte nur Ersatz für den unteren. Da der dritte Ring (*C*) nahe an dem als geborsten angenommenen liegt, so hielt er es für zweckmäßig, den neuen etwas höher anzulegen und nur wenig in das Mauerwerk einzulassen, aber immer doch

um den Theil des Kuppelgemäuers, wo die beiden Kuppeln noch vereinigt sind.

Dieser sechste Ring (*F*) kam somit 0,669 m niedriger zu liegen als der ausgebesserte alte innere und wurde, in der gleichen Eisenstärke und in gleicher Weise verbunden, aus 30 Stücken gemacht und am 9. November 1748 fertiggestellt. Das Eintreiben der Keile mit schweren Schlägen, immer gleichzeitig an zwei diametral einander gegenüber liegenden Schließsen, geschah viermal innerhalb neun Tage, und wurden auch hier, wie bei den anderen, Bleiplatten zwischen Ring und Mauerwerk gelegt.

Mit dieser letzten Arbeit war der Bestand des Werkes auf fernere Zeiten wieder gesichert. Wir sehen aus dem Vorgetragenen, daß jene Meister nicht, wie es so oft angenommen wird, nur nach dem sogenannten statischen Gefühle ihre verbessernden Maßnahmen trafen, sondern daß sie der Frage wissenschaftlich näher getreten sind und daß die Rechnung den Ausschlag gab.

Man ist aber auch noch weiter auf den Bestand des Baues bedacht, indem die Beobachtungen an demselben fortgesetzt werden. Quer über viele Risse finden sich Marmorschwalbenschwänze mit der eingemeißelten Zeitangabe der Einsetzung eingelassen. Beim Eingang in den Tambour über dem Pfeiler S. Andrea stammt einer aus dem Jahre 1809 (Januar), der andere aus 1869 (Mai) — beide sind zur Stunde geborsten! Sind es nur die Folgen von Erschütterungen oder Temperatureinflüssen, oder wirken Seitenschub und die ungünstigen und verfehlten Gründungs- und Constructionsverhältnisse immer noch, wenn auch nur ganz leise, fort?

In neuester Zeit war die Kuppel von St. Peter wiederholt Gegenstand statischer Untersuchungen.

Scheffler¹ kommt zum gleichen Ergebniss wie 100 Jahre vor ihm der Paduaner Mathematiker Poleni: daß die Kuppel in sich keine genügende Stabilität besitze, daß sie am Widerlager stärker sein müsse, oder, wenn die jetzige Stärke bleiben sollte, sie eine andere Form haben müsse, die einen kleineren Seitenschub ausübt; oder daß sie mit einem eisernen Band gegürtet sein müsse, das den Seitenschub aufhebt. Ein solches Eisenband, das den ganzen Seitenschub aufheben sollte, müßte nach ihm (a. a. O., S. 202) 132 Quadrat Zoll preuß., also beispielsweise 34 cm hoch und 26 cm breit sein. Für die Praxis verlangt er aber nicht das Aufheben des ganzen Schubes, er begnügt sich mit einer dreifachen Stabilität für das Gewölbe.

Auch Gottgetreu² gelangt nach seiner Arbeit zu der Ueberzeugung, daß es sich empfohlen haben würde, die Kuppellinie steiler und die Laterne leichter zu machen.

Möchte die vorstehende Arbeit jüngere Fachgenossen, welche in Italien ihre Studien machen, anregen, auch der constructiven Seite der Bauwerke größere Aufmerksamkeit zuzuwenden und endlich einmal vom Bilderchenmachen oder ausschließlichen Decorationsstudien in etwas abzusehen. Das Gebiet der Construction ist ja reich und ebenso interessant als das der Formen und Farben, dabei der Boden noch etwas jungfräulicher und später wohl fruchtbarer.

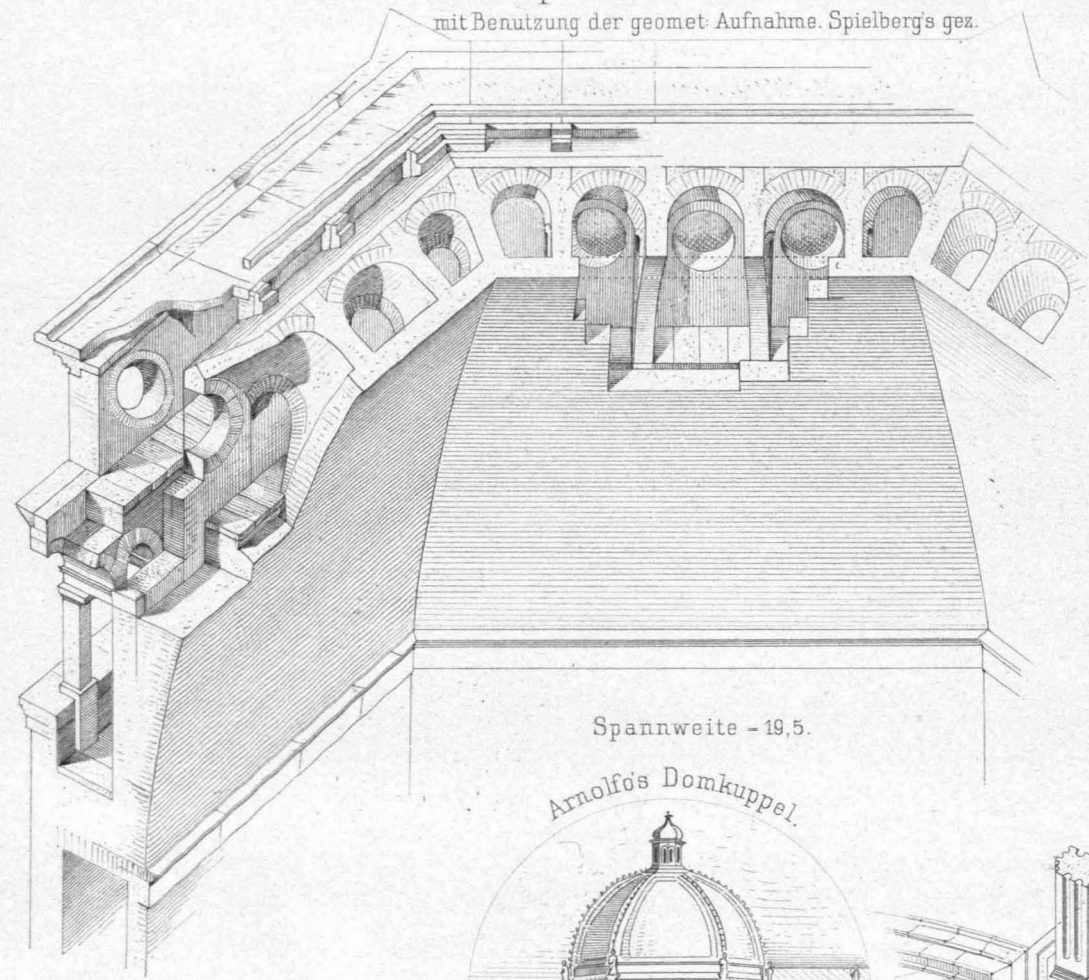
Es bleibt zu beklagen, daß auch die neuesten, oft mit viel Selbstbewußtsein vorgetragenen Veröffentlichungen italienischer Baudenkmale so vornehm über alles Constructive wegsehen und sich bei Dach- und Gewölbeconstructions mit einer öden Schraffirung begnügen, geschweige denn, daß sie über einen Steinschnitt, auch nur eines Fensters oder eines Gesimses, Auskunft gäben!

1) Vergl. Poleni a. a. O. S. 411 bis 414 und das dort abgedruckte Schreiben Vanvitelli's vom 3. Aug. 1743.

1) Theorie der Gewölbe, Futtermauern und eisernen Brücken, Braunschweig 1857.

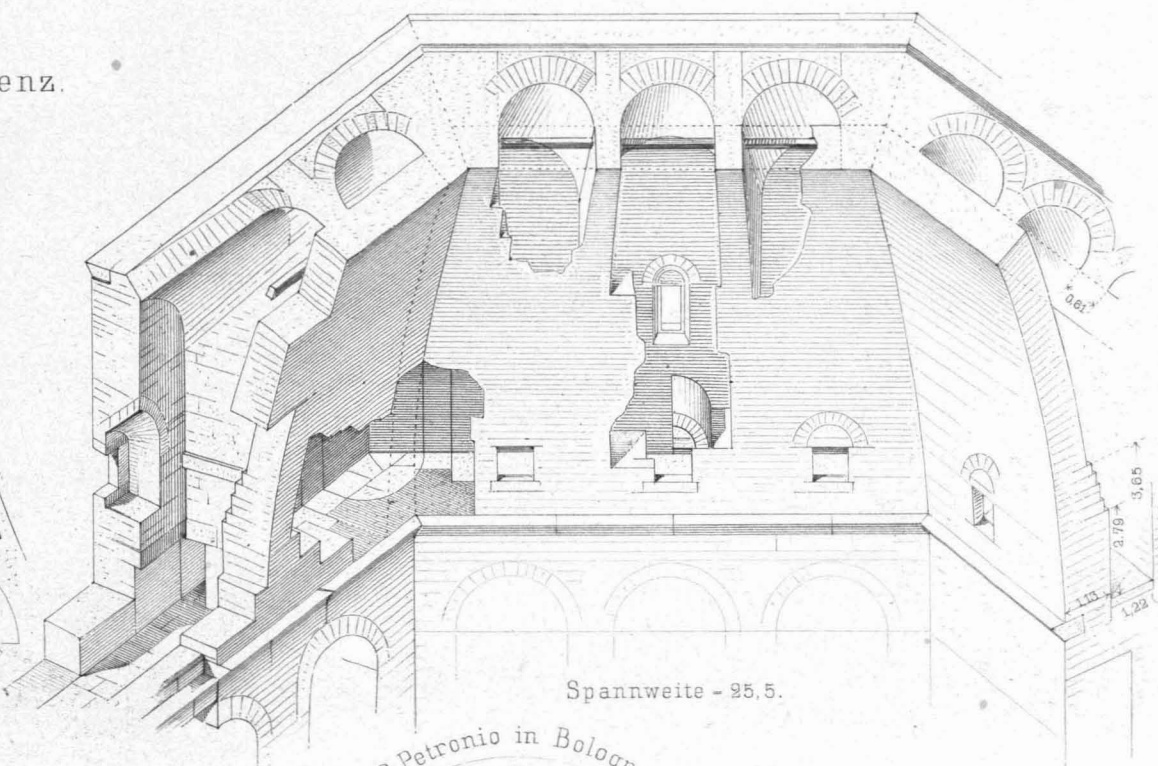
2) Hochbauconstructions, I. Theil. Berlin 1880. S. 260.

Baptisterium in Cremona,
mit Benutzung der geomet. Aufnahme. Spielberg's gez.



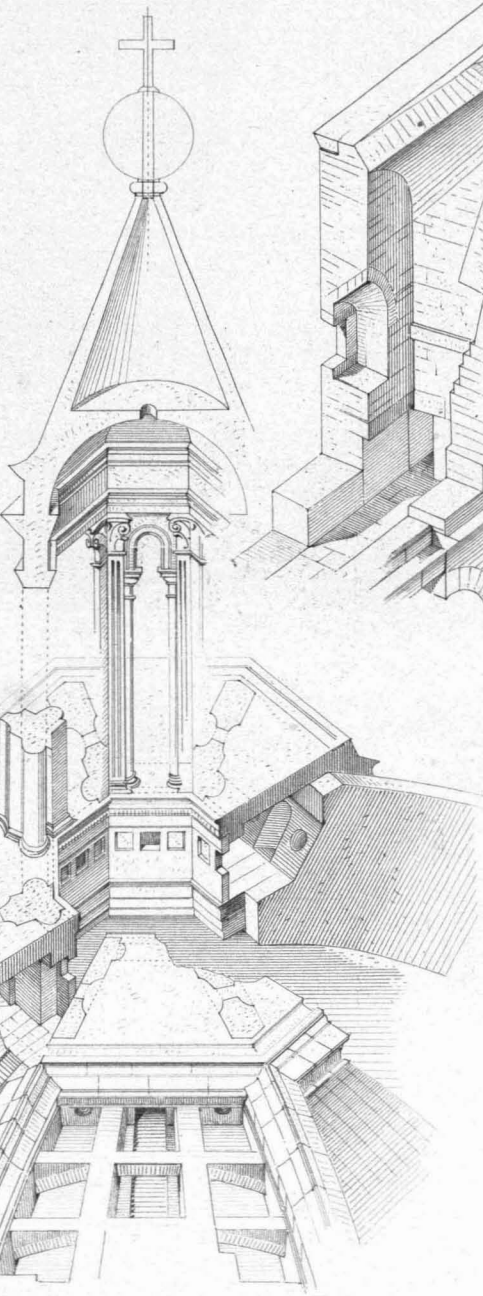
Spannweite - 19,5.

Baptisterium in Florenz.

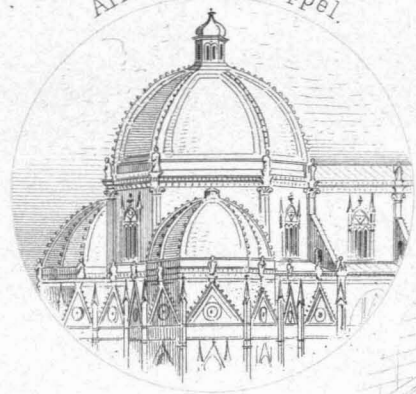


Spannweite - 25,5.


Dom in Florenz.



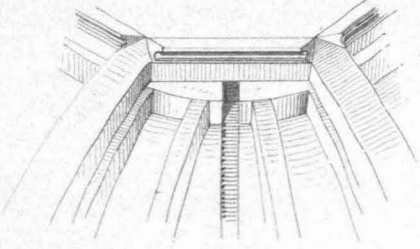
Arnolfo's Domkuppel.



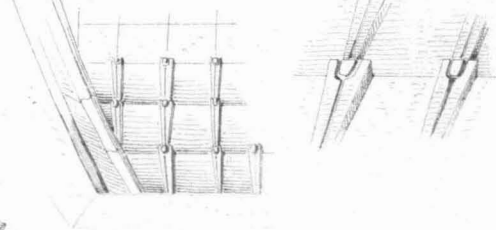
S. Petronio in Bologna.



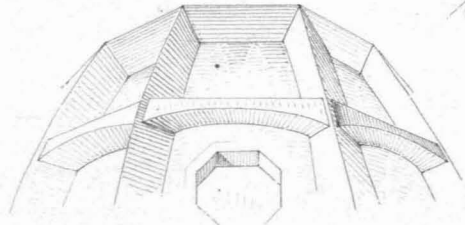
Kuppelschluss
nach dem alten Holzmodelle.



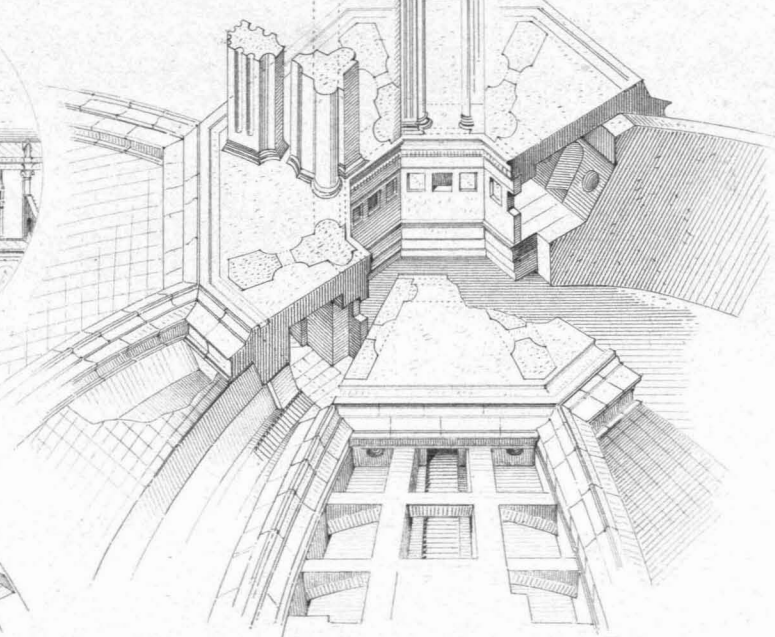
Dom in Florenz.



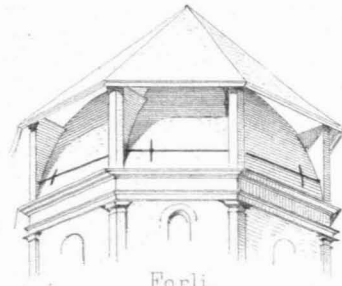
S. Francesco in Pavia.



Kuppelschluss
nach der Ausführung.

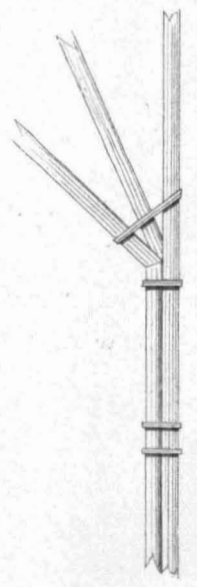
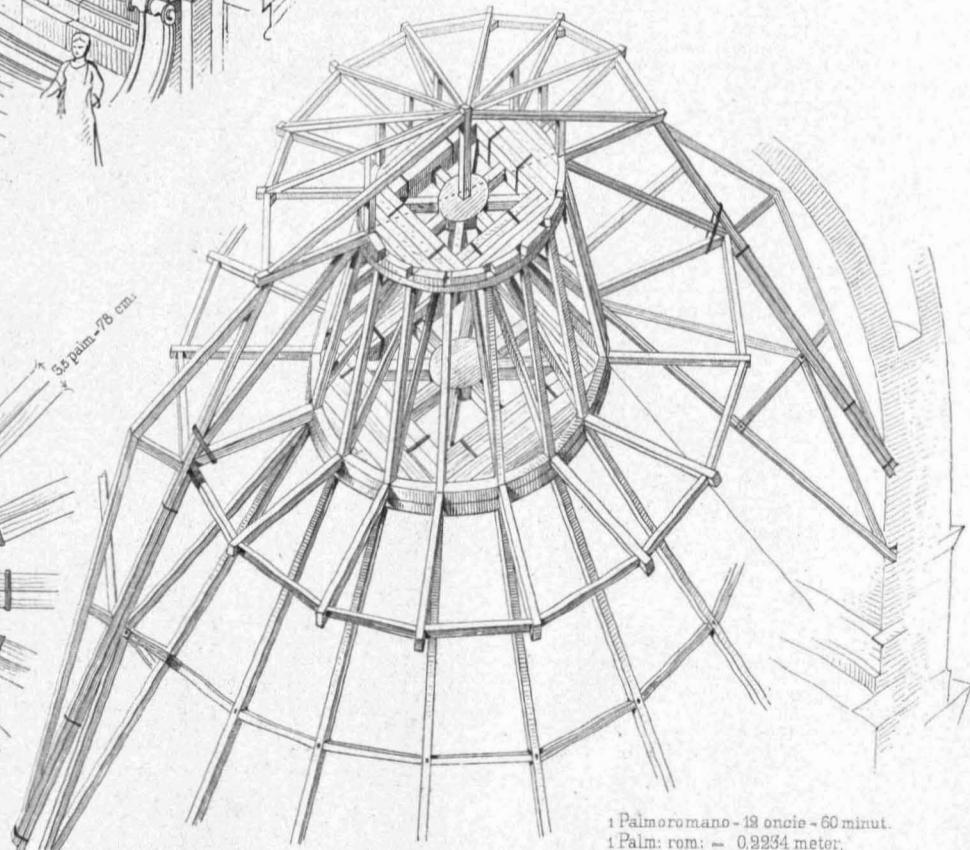
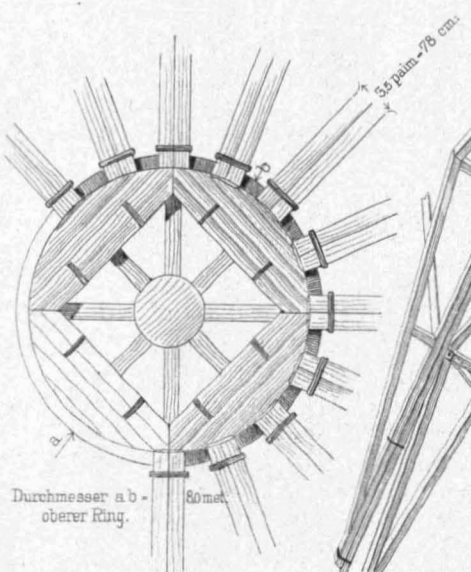
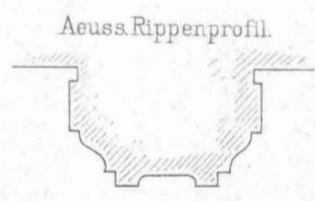
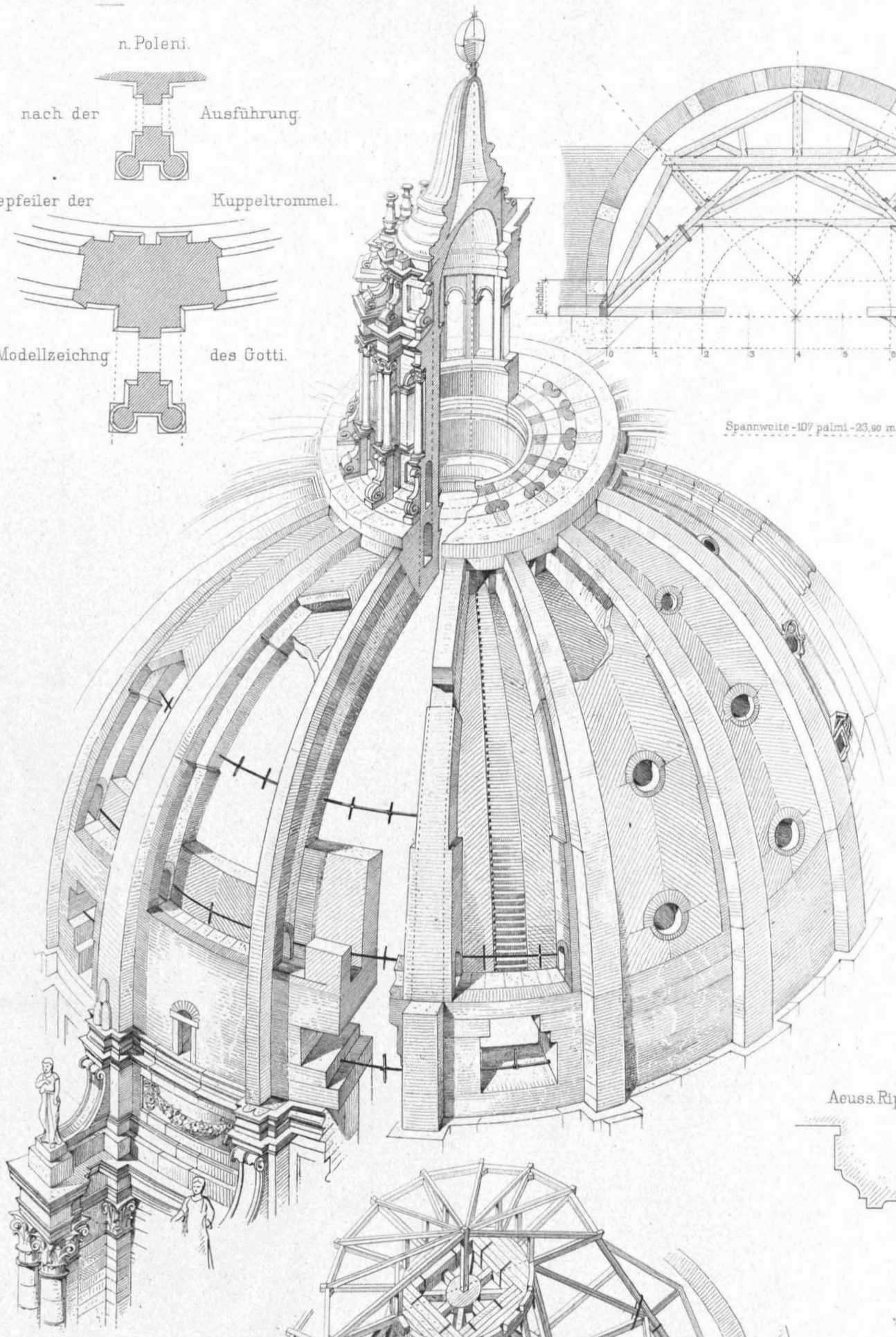
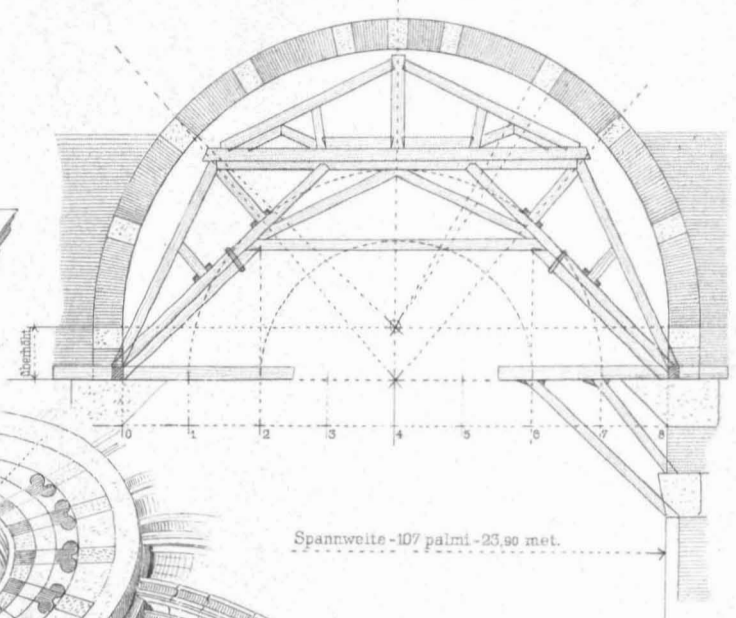
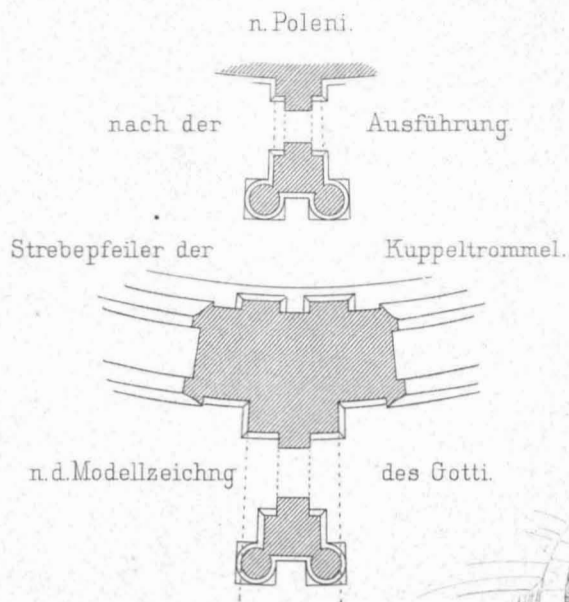


Forli.



Josef Durm
1886

Geyer gest.



1 Palmoromano - 18 oncie - 60 minut.
1 Palm: rom. = 0,9234 meter.

Josef Durig 1887

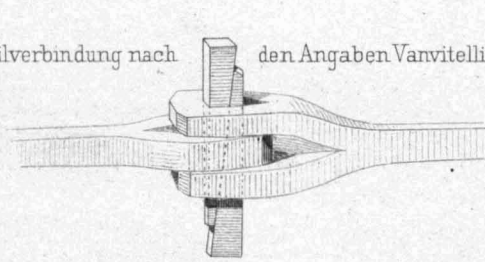
Geyer gest.

445

Das Modell Michelangelo's.

Die ausgeführte Kuppel und die Ringe des Poleni.

Keilverbindung nach den Angaben Vanvitelli's.

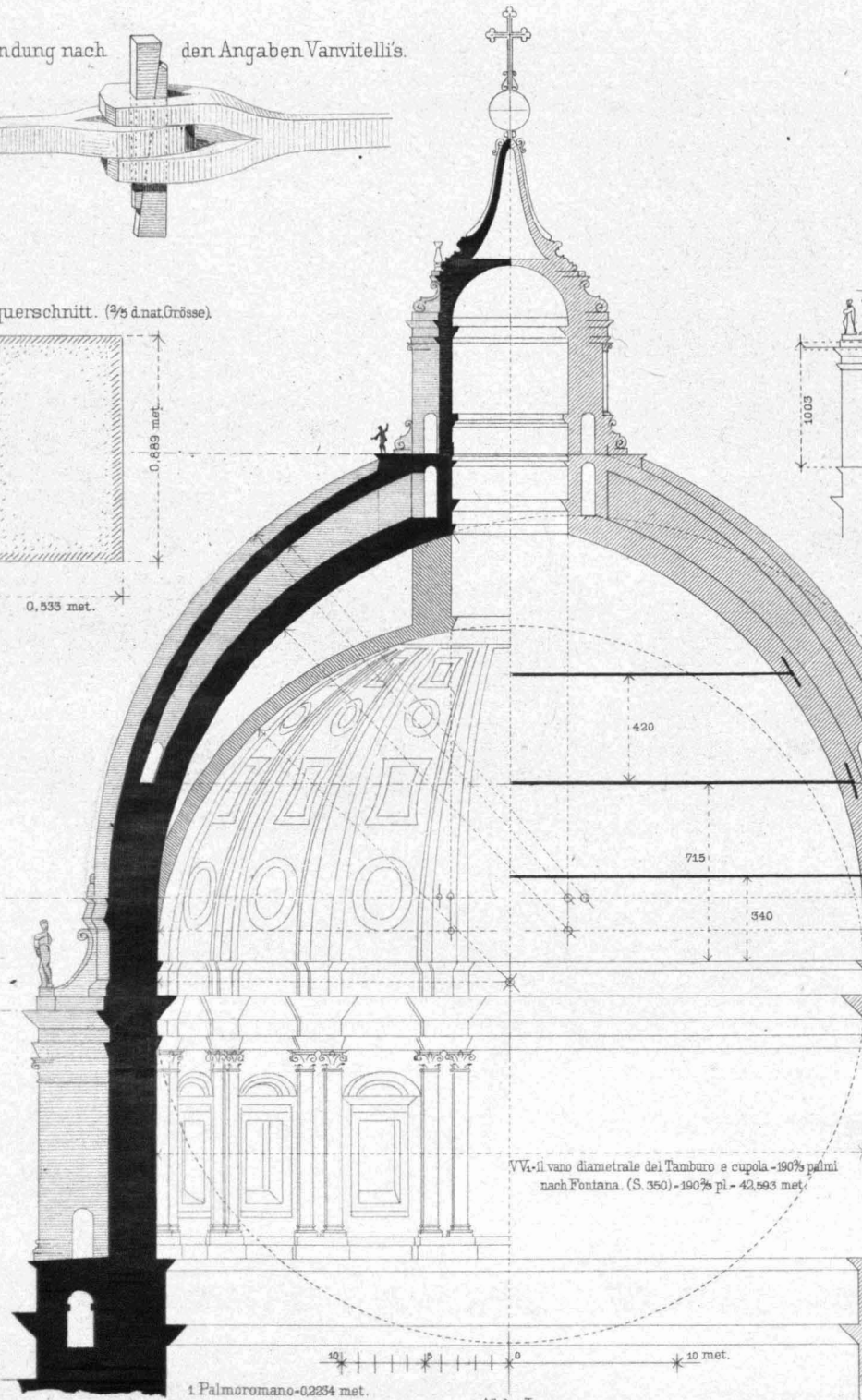


Ringquerschnitt. (2/3 d. nat. Grösse).



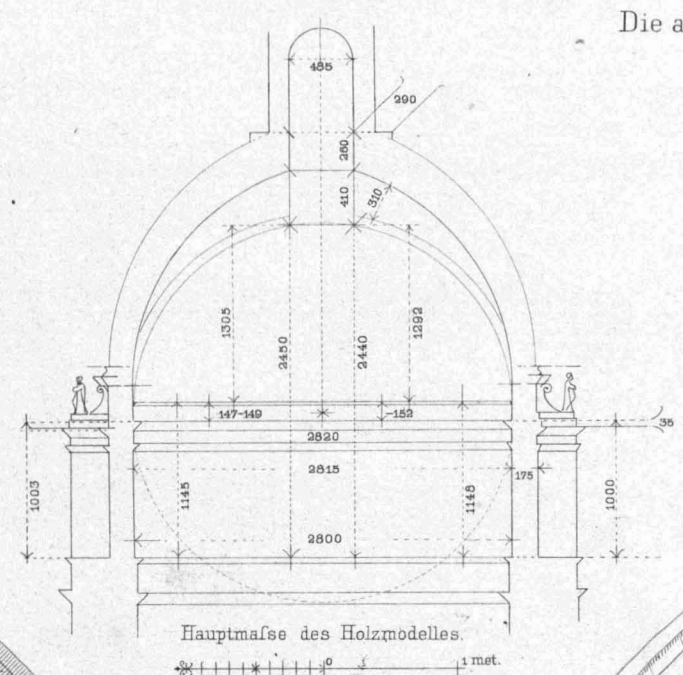
119 palmi nach Fontana (S. 323) 26,87 met.

22 palmi 7,150 met.

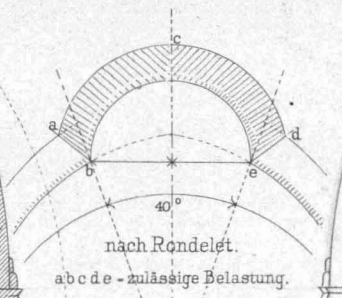


1 Palmoromano-0,2334 met.

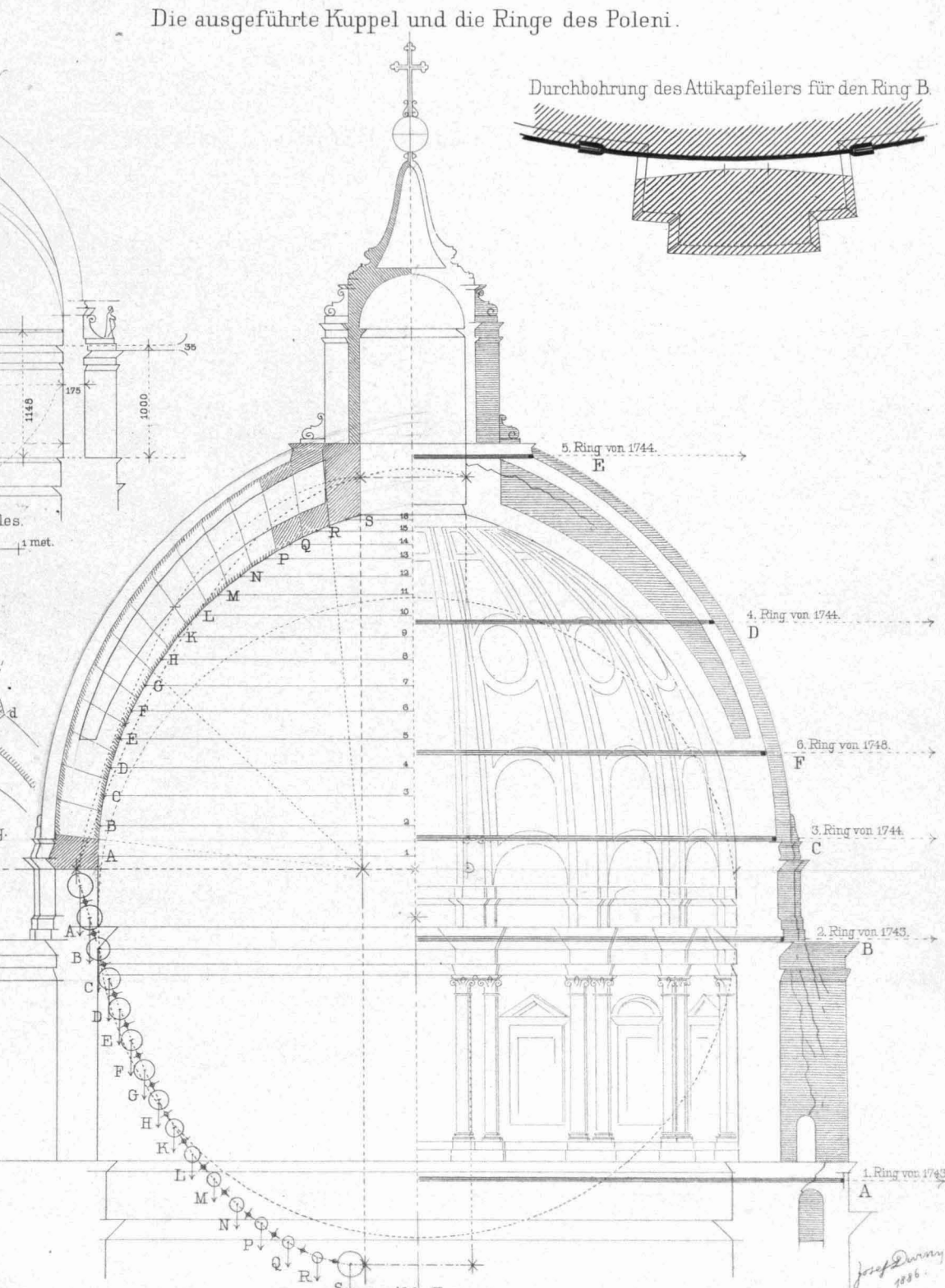
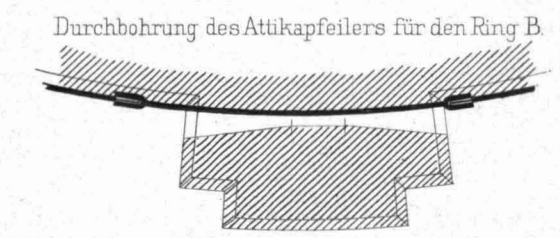
Abb. I.



Hauptmaße des Holzmodells. 1 met.



Die eingeschriebenen Stichmaße in Abb. I beziehen sich auf das Holzmodell.



5. Ring von 1744. E

4. Ring von 1744. D

6. Ring von 1748. F

3. Ring von 1744. C

2. Ring von 1743. B

1. Ring von 1743. A

Abb. II.

Josef Durm 1886

Geyer gest.