

1 Die Masse des Kuppelraumes seit 1367.

## DREI BEMERKUNGEN ZUR GESCHICHTE UND KONSTRUKTION DER FLORENTINER DOMKUPPEL

von Wolfgang Braunfels

Im reichen Schatz der Dokumente, die sich zur Baugeschichte des Florentiner Domes erhalten haben, hat eines der wichtigsten nicht die Beachtung gefunden, die es verdient: Giovanni di Gherardo da Prato's Eingabe von Ende 1425 oder Anfang 1426, das einzige Blatt, welches uns eine Baukonstruktionszeichnung aus der Zeit des Kuppelbaus überliefert (Abb. 7, 8). Am 28. Februar 1426 war der Prateser Mathematiker, ein Humanist, den die Stadt Florenz als Dante-Lektor angestellt hatte, durch das Dombauamt für *più disegni, e uno modello di tera rechò all'Opera predetta, a dimostrare el modo di più chose s'avevano affare nella Chupola maggiore*, bezahlt worden, darunter wohl auch unser Blatt.<sup>1</sup> Das Pergament hat einen Platz in der ständigen Ausstellung des Florentiner Staatsarchives erhalten.<sup>2</sup> Guasti hat die wesentlichen Teile seines Textes und in Umzeichnung den Hauptkonstruktionsriss 1874 veröffentlicht<sup>3</sup>, Nardini-Despotti-Mospignotti auch richtig gedeutet.<sup>4</sup> Neuerdings konnte ein amerikanischer Forscher, Howard Saalman, eine genauere Untersuchung des Blattes durchführen. Als erster hat er es als Ganzes abgebildet.<sup>5</sup> Da Saalmans Beitrag an nicht überall zugänglicher Stelle erschienen

<sup>1</sup> Cesare Guasti, *La Cupola di Santa Maria del Fiore*, Florenz 1857, S. 33, Doc. 60.

<sup>2</sup> Archivio di Stato, Florenz, Mostra Nr. 158.

<sup>3</sup> Cesare Guasti, *Un Disegno di Giovanni di Gherardo da Prato, Poeta e Architetto, concernente alla Cupola di Santa Maria del Fiore*, in: *derselbe*, *Belle Arti, Opuscoli Descrittivi e Biografici*, Florenz 1874, p. 109-122.

<sup>4</sup> ebd. als Appendix, p. 123-128.

<sup>5</sup> Howard Saalman, *Giovanni di Gherardo da Prato's Designs concerning the Cupola of Santa Maria del Fiore in Florence*, in: *Journal of the Society of Architectural Historians* XVIII, 1 (1959), p. 11-20.

ist — auch mir wurde er erst nach Niederschrift dieser Zeilen durch die freundliche Vermittlung von L. H. Heydenreich bekannt —, mag es gerechtfertigt erscheinen, das Dokument noch einmal vorzulegen (s. Anhang). Auf drei bedeutsame Fragen fällt von ihm aus helles Licht.<sup>6</sup>

## I.

Die Akten des Florentiner Dombauamtes, wie sie Guasti veröffentlicht hat<sup>7</sup>, lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, wann die Gestalt und die Höhe der Innenschale der Kuppel endgültig festgelegt wurden. Das war schon 1367 mit dem Modell der *otto maestri e dipintori* geschehen, nicht erst 1420 durch das Gemeinschaftsmodell von Brunelleschi und Ghiberti. Nardini<sup>8</sup>, Fabriczy<sup>9</sup> und Paatz<sup>10</sup> haben es mit der gleichen Entschiedenheit hervorgehoben. Wenn Brunelleschi für das obere Drittel der Aussenschale, in geringerem Ausmass auch für die Innenschale, von den alten Grössen abgewichen ist<sup>11</sup>, so darf man nicht daraus schliessen, dass das von ihm schon 1420 geplant oder gar in seinem Modell festgelegt worden ist. Auch die Zeichnung des Giovanni di Gherardo von 1426 stützt sich noch auf die alte Masse.<sup>12</sup> Den Eid, den Brunelleschi im Mai 1421 auf das Modell von 1367 geleistet hat und in dem ausdrücklich auch die Kuppel genannt wird, hat er ebenso ernst genommen wie das Bauamt.<sup>13</sup> Denn man hatte gute Gründe dafür, an den beschlossenen Masszahlen festzuhalten.

Bekanntlich hat Marchionne di Coppo Stefani in seiner „Istoria Fiorentina“ Zahlenangaben für den Dombau mitgeteilt. Guasti hat die Stelle seiner Dokumentensammlung zum Jahre 1360 eingeordnet<sup>14</sup>, Nardini sie gedeutet.<sup>15</sup> Es soll hier nicht erläutert werden, ob das Dommodell, welches diesen Masszahlen zugrunde lag, von Ghini stammt, wie Nardini nachzuweisen suchte, von den *otto maestri e dipintori*, deren Vorschläge vom Bauamt akzeptiert worden waren, oder von einem dritten. Die phantastische Ausgestaltung der Chortribünen bei Marchionne spricht für das letztere, zumal die Dokumente sowohl Ghinis Modell als auch jenes der acht Meister anders gestaltet kennzeichnen.<sup>16</sup> Auch ist das Jahr 1360, unter dem Marchionne

<sup>6</sup> Vorliegende Untersuchung ist das Ergebnis der Zusammenarbeit mit Architekturstudenten der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen; die beigegebenen Zeichnungen stammen von ihnen; wertvolle Anregungen werden ihnen verdankt.

<sup>7</sup> Vgl. Anm. 1 und *derselbe*, Santa Maria del Fiore, Florenz 1887.

<sup>8</sup> *Aristide Nardini-Despotti-Mospignotti*, Filippo di Ser Brunellesco e la Cupola del Duomo di Firenze, Livorno 1885, S. 97 ff. und 127 ff.

<sup>9</sup> *Cornel von Fabriczy*, Filippo Brunelleschi, Stuttgart 1892, namentlich S. 122 ff.

<sup>10</sup> *Walter und Elisabeth Paatz*, Die Kirchen von Florenz, Bd. III, Frankfurt 1952, S. 333.

<sup>11</sup> Siehe unten S. 213 f. und 217.

<sup>12</sup> Siehe unten S. 222; vgl. *Saalman*, p. 14.

<sup>13</sup> Vgl. *Nardini* 1885, S. 58: *Juraverunt... hedifitium cupole dicte ecclesie et ipsam ecclesiam prosequi secundum formam modelli existentis prope et juxta campanile ecclesie predictae*. Den beiden voneinander abweichenden Mutmassungen von *Sanpaolesi* (*Rivista d'Arte* XVIII, 1936, S. 333, Anm. 1) und von *Siebenhüner* (*Zeitschrift für Kunstgeschichte* VIII, 1939, S. 90) vermag ich in diesem einen Punkte nicht zu folgen, auch hierin in Übereinstimmung mit *Saalman*, Anm. 44.

<sup>14</sup> *Guasti*, Santa Maria del Fiore, S. 141, Doc. 82.

<sup>15</sup> *Nardini*, 1885, loc. cit.

<sup>16</sup> An anderer Stelle (*W. Braunfels*, Der Dom von Florenz, Olten 1964) habe ich die Ansicht vertreten, dass die entscheidende Neuerung des Modells der acht Meister der Tambour der Kuppel gewesen ist. Diese Ansicht stützt sich auf mannigfaltige Erwägungen, freilich nur auf eine einzige Äusserung Ghinis in den Dombauakten, mit der er die Vorzüge seines Modells gegenüber jenem der „Meister und Maler“ kennzeichnet: Es bedecke eine geringere Grundfläche in der Breite, und könne doch mehr Menschen aufnehmen; auch vermöge er die Haltbarkeit der Entwürfe der Gegenseite ohne ein Modell nicht zu beurteilen (*Guasti*, S. Maria del Fiore, S. 174, Doc. 150). Ersteres sei nur möglich,

die Angaben in seine Chronik aufnimmt, nicht identisch mit jenem, in dem sein Text niedergeschrieben wurde, was nicht vor seiner Rückkehr aus Rom 1367 gewesen sein kann, eben dem Zeitpunkt, da die endgültige Entscheidung anstand. Man rechnete 1360 noch mit einem Langhaus von nur drei Jochen, während Marchionnes Bericht mindestens vier vorsieht. In einem Punkt weichen die Zahlen von dem ausgeführten Bau ab: der Gestaltung der Chortribünen; Marchionne spricht von fünf anstatt von drei Tribünen. In zwei Punkten stimmen sie mit ihm überein: den Angaben für das Langhaus, dessen Bau 1366/68 schon weit fortgeschritten war, und, wichtiger, den Angaben für die Kuppel: *La cupola fusse larga braccia 72, alta la cupola, della volta a terra, braccia 144*. Auch die Tribünen sollten *alta da terra al loro cielo 72* Ellen messen. Diese Breiten- und Höhenangaben entsprechen bis auf ein Geringes dem ausgeführten Werk.<sup>17</sup> Auf die Breite von 72 Ellen hatte man sich in einer Sitzung des Bauamtes vom 9. August 1367 ausdrücklich geeinigt.<sup>18</sup>

Nun handelt es sich bei diesen Zahlen 72 und 144 um berühmte, allen Bauleuten eng vertraute Ziffern, die viele bewundernswerte Eigenschaften besitzen. Diese Eigenschaften beruhen auf der Entsprechung von arithmetisch errechneter Gesetzmässigkeit mit der geometrisch gemessenen. Alle mittelalterlichen Architekten fühlten sich immer dann in ihrem Sinn für das rechte Mass bestätigt, wenn ein auf dem gewachsenen Boden Gemessenes nachträglich auch in der Berechnung schöne Zahlenverhältnisse ergab oder umgekehrt.

Betrachten wir zunächst das Mass von 72 Ellen. Es kennzeichnet den eingeschriebenen Kreis des Achtecks, über dem sich die Kuppel erheben sollte, die bekanntlich die Form eines Klostergewölbes erhielt und mit Sicherheit auch schon seit Arnolfos ersten Plänen erhalten sollte. Diesem eingeschriebenen Kreis, durch den die Seiten des Achtecks festgelegt wurden, entspricht der umschriebene Kreis, der seine Ecken bestimmt und 78 Ellen im Durchmesser hat (Abb. 1). Wie sind die Bauleute gerade zu diesen Grössen gekommen?

Das kleinste Achteck mit ganzen Masszahlen ist jenes, dessen eingeschriebener Kreis auf 12 Ellen festgelegt ist, während sich der umschriebene Kreis der Grösse von 13 Ellen fast genau

wenn die Mauer- und Pfeilerstärken geringer gehalten werden, was wiederum bei der gegebenen Kuppelbreite nur dann zu erreichen wäre, wenn die Tribünen die Hauptkuppel abstützen, was der Tambour verhindert. Auch die Forderung nach einem Modell oder Schnitt — Ghini spricht von dem *disegno dell'altezza* — weist darauf hin, dass die Hauptneuerung in den Höhenerstreckungen zu suchen ist.

<sup>17</sup> Genaue, aus modernen Messmethoden gewonnene Masszahlen für die Gesamtkuppel sind mir unzugänglich gewesen, wenngleich die Berechnungen, die *M. Nobili* u.a., Rilievi e studi sulla cupola del Brunelleschi, Firenze 1937, zur Überprüfung des Absinkens der Kuppelschale auf der Nordseite vorlegen, den Nachweis erbringen, dass solche 1934 erarbeitet wurden. Irre ich nicht, so werden sie an keiner Stelle in der Literatur vorgelegt. *Fabriczy* hat 1892 die Zahlen zusammengestellt, die die Messungen bis dahin ergeben haben. Sie weichen nicht unerheblich voneinander ab. 72 Ellen sind rechnerisch 41,976 m. *Durm* gibt 1888 41,98 m an, also praktisch die gleiche Grösse, Hingegen finde ich für die Höhe der Kuppel bis zum Schlussring keine gesicherte Zahl. 144 Ellen ergeben rechnerisch 83,95 m. *Fantozzi* spricht von 84,80 m, *Sgrilli* 1733 von 85,20 m, *Ramée* sogar von 89,00 m. In die Guidenliteratur ist eine Grösse von 86 m eingegangen, die der wirklichen entsprechen dürfte. Diese Überschreitung der ursprünglich vorgesehenen Masse um etwa 3 Ellen geht fast ausschliesslich zu Gunsten des Tambours. Rechnerisch dürfte er nur 17 Ellen messen = 9,90 m. Nach *Durm* misst er aber bis zur oberen Galerie 13,00 m. Rechnerisch kämen auf die Kuppelschalenhöhe 55 Ellen oder 32,06 m; *Durm* hat für sie die Grösse 32 m angegeben. Die Erhöhung des Tambours scheint in den Jahren vor 1420 unterlaufen zu sein, als Giovanni d'Ambrogio weiterarbeiten liess, ohne sich über die Methode des Wölbens und den Gewölbeansatz im Klaren zu sein. Auch ist die Trennung von Tambour und Gewölbeschale eine willkürliche: sie wird lediglich durch den Verlauf des oberen Umgangs für uns festgelegt, über den hinaus die Mauermassen noch senkrecht aufwachsen.

<sup>18</sup> *Guasti*, Santa Maria del Fiore, S. 194, Doc. 178. *Nardini*, loc. cit., hat auf die Bedeutung dieser Zahlen hingewiesen. *Geymüller*, Die ursprünglichen Entwürfe für St. Peter in Rom, 1875, hat hervorgehoben, dass die gleichen Zahlen sich beim Entwurf Bramantes wiederholen.

annähert.<sup>19</sup> Dieses Achteck wird uns später als das Achteck des Laternenringes in der Zeichnung des Giovanni di Gherardo wiederbegegnen. Auch wird sich zeigen lassen, warum Brunelleschi von ihm zuletzt doch noch abgewichen ist. Jedes grössere Achteck müsste ein Mehrfaches dieser Zahlen umschreiben. Verglichen mit dem ausgewählten Achteck von der sechsfachen Grösse des Kreisdurchmessers wäre das nächstkleinere von 60:65 Ellen für das bestehende Langhaus schon zu schmal, das nächstgrössere von 84:91 unrealistisch gross.<sup>20</sup> Man musste sich zwangsläufig für das dazwischenliegende entscheiden. Seine Seiten besitzen eine Länge von 30 Ellen und damit eine Grösse, die die Übertragung des arithmetisch Errechneten auf das geometrisch Messbare erleichtert.<sup>21</sup> Ob sich schon 1367 die Bauleute bewusst gemacht haben, dass nur das Achteck von 72:78 Ellen (41,76:45,27 m) der Grösse des Pantheons nahekommt, möchte ich dahinstellen. Der Durchmesser des Pantheons im Innern liegt mit 42,70 m zwischen diesen beiden Zahlen.

Erleichtert wurde die Entscheidung durch die Vorzüge, die die Zahl 72 in den Augen eines Baumeisters besass, für den arithmetische Ordnung eine Bürgschaft für die Schönheit der Proportionen darstellte. Man muss sich bewusst machen, dass diese Zahl bei Marchionne in der Höhe der Chortribünen wiederkehrt, und dass die Gesamtkuppel im Innern genau doppelt so hoch werden sollte: 144 Ellen. Der Schreiber dieser Zeilen blickt mit einiger Skepsis auf die zahlreichen Versuche, die Mass-Systeme mittelalterlicher Kirchen am Bau allein zu ermitteln. Hier haben wir den grossen Vorzug, dass uns die Leitzahlen durch die Quellen selbst genannt werden.

Kuppel und Tambour einerseits und der Vierungsraum andererseits sollten nach Marchionne demnach im Aufriss zwei übereinandergestellte Quadrate von 72 Ellen Seitenlänge ausfüllen. Das sind Grössen, die für einen im Duodezimalsystem rechnenden und empfindenden Geist die gleiche Übersichtlichkeit besaßen wie für uns ein Quadrat mit der Masszahl 50. Man muss sich bewusst machen, dass die Zahl 144, die den Umriss der Stadt der Apokalypse kennzeichnet und in überaus zahlreichen Bauten des frühen Mittelalters im Abendland und in Byzanz als Leitzahl diente<sup>22</sup>, diesem Zeitalter ebenso einprägsam war wie dem im

<sup>19</sup> Bekanntlich handelt es sich um inkommensurable Grössen. Nimmt man den Durchmesser des eingeschriebenen Kreises in einem Achteck mit 1 Elle an, so besitzt der Durchmesser des umschreibenden Kreises eine Länge von 1,0824... Ist also der Durchmesser des eingeschriebenen Kreises 12 Ellen, so errechnet sich jener des umschreibenden aus  $12 \times 1,0824... = 12,9888$  Ellen, was für die Praxis das Messen mit 13 Ellen erlaubt.

<sup>20</sup> Die Achteckgrössen ergeben:

Eingeschriebener Kreis	Umschreibender Kreis
12	13
24	26
36	39
48	52
60	65
72	78
84	91

<sup>21</sup> Auch hier entstehen rechnerisch inkommensurable Grössen. Ein Durchmesser von 1 Elle ergibt Seitenlängen von 0,4142 Ellen; 12 Ellen demnach 4,9704... und 72 Ellen 29,8224... — eine Grösse, die man für 30 Ellen oder 17,49 m nehmen konnte. In praxi ist man im Verlauf des Bauvorgangs erheblich von dieser Grösse abgewichen; die Masse für die einzelnen Achteckseiten schwanken von 16,40 m bis zu 17,42 m. Vgl. *M. Nobili* u.a., op. cit. Anm. 16; und *Piero Sanpaolesi*, La Cupola di S. Maria del Fiore, Florenz 1941, S. 14.

<sup>22</sup> *Felix Kreis*, Das Mass des Engels, in: Festschrift Willy Weyres, Köln 1964. Der Titel stammt aus der Apokalypse: *Et mensus est murum eius centum quadraginta quattuor cubitorum, mensura hominis, que est angeli* (XXI, 17). Von den von ihm untersuchten 13 frühchristlichen und byzantinischen Bauten weisen sieben einen inneren Mauerumfang von 144 Masseinheiten auf. Es wäre interessant, ob die gleiche Gesetzmässigkeit, die hier für den Grundriss anschaulich gemacht wird, auch für die Höhenstreckung Gültigkeit besitzt. Der Kuppelbau von S. Maria del Fiore wäre dafür ein spätes Beispiel.

Dezimalsystem Rechnenden die Zahl 100. Doch gibt uns die Zeichnung von Giovanni di Gherardo die Möglichkeit, auch noch die ursprünglich vorgesehenen Ziffern für die Kuppelschale und den Tambour zu ermitteln. 1426, und demnach auch 1420 und mit Bestimmtheit ebenso schon 1367, sollte die Kuppelschale 55 Ellen in der Höhe messen, wobei für den Tambour 17 Ellen übrig geblieben wären.<sup>23</sup>

Diese Zahlen sind sämtlich berühmte Glieder in einer berühmten Reihe, die dem Mittelalter durch Fibonacci, mit seinem eigentlichen Namen Leonardo da Pisa (um 1180 bis 1240), bekannt gemacht worden sind und auch mit Sicherheit von den städtischen Rechenmeistern der Florentiner Schule ihren Zöglingen gelehrt wurden. Die Legende will wissen, dass dieser grosse Mathematiker mit dieser Reihe eine Frage Kaiser Friedrichs II. beantwortet hat. Der Bericht findet sich im 5. Buch seines Liber Abaci, das zwar schon 1202 vorgelegt wurde, von dem wir aber erst eine Abschrift von 1228 besitzen, die wahrscheinlich eine Überarbeitung und Erweiterung darstellt.<sup>24</sup>

Kaiser Friedrich II. soll Fibonacci (filius bonacci) die Frage gestellt haben, wieviel Kaninchen ein Kaninchenpaar in einem Jahr erzeuge. Die Antwort sollte sich an die folgenden Bedingungen halten: jemand sperrt ein Kaninchenpaar in ein allseitig ummauertes Gehege, um zu erfahren, wieviel Nachkommen dieses Paar im Laufe eines Jahres erzeugt. Es wird dabei vorausgesetzt, dass jedes Kaninchenpaar im Monat ein neues Paar zur Welt bringt, und dass dieses neue Paar sich nach jeweils zwei Monaten schon an der Produktion beteiligen könne. Todesfälle sollten nicht eintreten. Fibonacci legte diese Aufstellung vor :

Paare
1
erster Monat
2
zweiter Monat
3
dritter Monat
5
vierter Monat
8
fünfter Monat
13
sechster Monat
21
siebenter Monat
34
achter Monat
55
neunter Monat
89

<sup>23</sup> Dass die Kuppelschale bis zum Schlussstein, oder genauer : dem unteren Laternenring, 55 Ellen messen sollte, lässt sich auch aus dem Riss des Giovanni di Gherardo errechnen. Die Höhe ist eine Funktion des Winkels  $\alpha/2$ . Die Rechnung, deren Methode durch die Hilfslinien der Zeichnung des Giovanni di Gherardo festgelegt wird, ist elementar :  $62,4 \times \sin (90 - \alpha/2) = 62,4 \times \cos \alpha/2 = 55,02$ .

<sup>24</sup> Moritz Cantor, Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik, Bd. II, Leipzig 1892, S. 24; N. N. Worobjow, Die Fibonaccischen Zahlen, Berlin 1954.

zehnter Monat

144

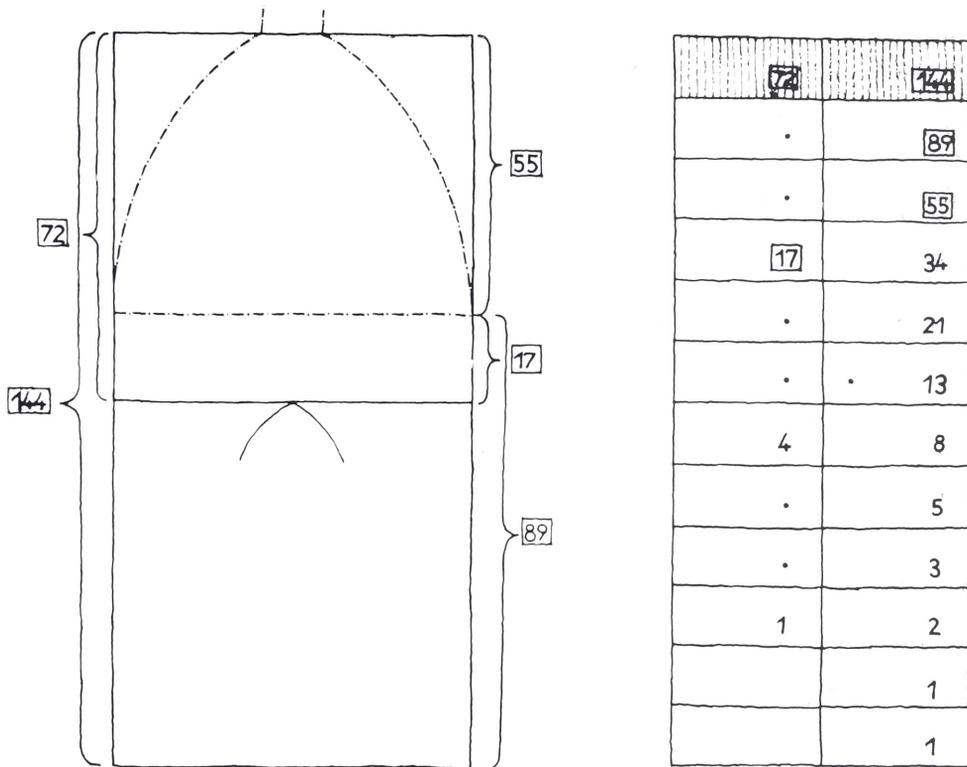
elfter Monat

233

zwölfter Monat

377

Fibonacci hatte erkannt, wie man zu dieser Reihe kommen konnte: man addiert jeweils die erste Zahl zu der folgenden, um die dritte zu erhalten, d.h. die 1 zur 2, die 2 zur 3, die 3 zur 5 usf., bis man aus 144 und 233 die Zahl 377 erhält. Man könnte sich diesen Prozess schrittweise fortgesetzt denken, bis einer unendlichen Zahl von Monaten eine unendliche Zahl von Kaninchen entspräche.



2 Domkuppel und Fibonacci'sche Zahlen. Die Zahlen 72 und 144 sind den Quellen entnommen; die Zahlen 55 und demzufolge auch 17 und 89 lassen sich errechnen aus dem Riss des Giovanni di Gherardo.

Abb. 2 veranschaulicht die Bedeutung der Reihe für die Proportionen des Kuppelraumes, zugleich auch, welche Zahlen durch Marchionne und welche durch Giovanni di Gherardo überliefert worden sind. Zugleich wird man sich bewusst, dass nur jede dritte Zahl sich halbieren lässt, wodurch die 72 und die 17 gewonnen wurden, welche letztere für den Tambour jedenfalls rechnerisch massgebend war. Auch die Höhe des Kuppelansatzes wurde durch sie auf 89 Ellen festgelegt.

Wir besitzen zwar keine Unterlagen dafür, dass die Meister von 1367 oder Brunelleschi 1420 gewusst hätten, dass sich die berühmte Hasenreihe von Fibonacci mit jeder Stufe von unten nach oben genauer jenem euklidischen Verhältnis nähert, das Luca Pacioli *la divina proportione* nannte und das wir als den Goldenen Schnitt bezeichnen. Die Grössen 55 Ellen zu 89 Ellen und 89 zu 144 Ellen entsprechen für das Auge mit ausreichender Genauigkeit diesem klassischen Verhältnis.<sup>25</sup> Euklid hatte es am Pentagramm veranschaulicht. Wer sich jedoch bewusst gemacht hat, wie diese Baumeister stetig über die Entsprechungen von arithmetischen Gesetzen und geometrischen Massverhältnissen nachgedacht haben, wird annehmen dürfen, dass sie diese Übereinstimmungen gekannt haben. Denn worauf sollte sich der Ruf Brunelleschis wie auch des Giovanni di Gherardo als grosse Mathematiker stützen, wenn nicht auf die Kenntnis dieser, ihnen überaus bedeutsamen Beziehungen?

## II.

Manetti<sup>26</sup> und nach ihm alle Untersuchungen zur Konstruktion der Kuppel haben ausführlich bei dem Bericht verweilt, den Brunelleschi und Ghiberti ihrem Holzmodell von 1420 beigegeben haben. Die Versuche, die Massunterlagen für die Kuppel zu ermitteln, stützten sich neben den Messungen am Bau auf diesen Bericht, und namentlich auf seine zentrale, erste Angabe: *In prima: la Cupola, dallo lato di dentro lunga a misura di quinto acuto, negli angoli sia grossa nella mossa da piè braccia 3 3/4, e piramidalmente si muri.*<sup>27</sup>

1898 hat Alfred Doren, der Wirtschaftshistoriker, eine ältere Fassung in den Akten der Arte di Lana gefunden: *Imprima la cupola da lato dentro è volta a misura del quinto acuto negl'angoli. Ed è grossa nella mossa da piè braccia tre e quarti tre.*<sup>28</sup> Es sei hervorgehoben, wodurch sich die originale Fassung von ihrer späteren Abschrift unterscheidet. Manetti meinte, die Kuppel sei *lunga a misura di quinto acuto*; das Dokument der Wollweberzunft unterrichtet uns darüber, sie sei *volta a misura di quinto acuto negl'angoli*. Um der Fassung Manettis Sinn zu geben, haben einige Herausgeber das Komma so gesetzt, dass die Wortgruppe *negl'angoli* zu

<sup>25</sup> Die Annäherung an das Verhältnis des Goldenen Schnittes ist eine überaus enge:  $89^2 : 55 \cdot 144 = 7921 : 7920$ . Es braucht nicht hervorgehoben zu werden, dass die Fibonacci-Zahlen auch dem Abendland lange vor Fibonacci bekannt waren. K. J. Conant, *Medieval Academy Excavations at Cluny IX, Systematic Dimensions in the Buildings, Speculum XXXVIII, 1963, S. 7 ff.*, hat ihre Bedeutung für die Massverhältnisse von Cluny III hervorgehoben.

<sup>26</sup> Herr Prof. Ulrich Middeldorf und Dr. Andreas Grote haben liebenswürdigerweise die Bibliographie zu Manetti zusammengestellt. Der Anon. Magliabechiano, den man mit Manetti identifizieren konnte, hat seinen Text einer Abschrift entnommen, die zur Zeit *Guastis* schon verschollen war. G. Vasari hat als erster diese Textfassung benutzt (*Vasari-Milanesi* II, Firenze 1878, p. 347 ff.). Die Fassung kehrt wieder bei: *Dom. Moreni, Vita di Filippo di ser Brunellesco architetto fiorentino scritta da Filippo Baldinucci, ora per la prima volta pubblicata, con altra più antica edita di anonimo contemporaneo scrittore etc.*, Firenze 1822; *C. Guasti, La Cupola etc.*, Firenze 1857, p. 28 (Doc. 51) zitiert unter Verweis auf *Moreni* den Anon. Magl., das einzige damals bekannte Exemplar; *Heinrich Holtzinger, Antonio di Tuccio Manetti, Filippo Brunelleschi, hrsg. v. H. H.*, Stuttgart 1887, S. 24-30; *Gaetano Milanesi, Operette storiche edite ed inedite di Antonio Manetti, Firenze 1887, p. 73 f.*; *C. Frey, Le Vite di Filippo Brunelleschi, Scultore e Architetto Fiorentino, scritte da Giorgio Vasari e da Anonimo Autore, Berlin 1887; A. Chiappelli in: Archivio Storico Italiano, Ser. V<sup>a</sup>, tomo XVII, 1896, p. 241 segg. publiziert einen sog. Codex Pistoriensis (sec. XVI) des Manetti, das zweite bekannt gewordene Exemplar. Vgl. auch *Elena Toesca, Antonio Manetti, Vita di Brunellesco, Firenze 1927, p. 38.**

<sup>27</sup> *C. Guasti, La Cupola etc.*, Doc. 51, S. 28 f.

<sup>28</sup> *Alfred Doren, Zum Bau der Florentiner Domkuppel, Rep. f. Kunstwissenschaft, XXI, 1898, S. 249-262.* Das Gutachten Brunelleschis findet sich auch in der *Bibl. Naz. Cl. XII, 72, f. 37<sup>v</sup>*, in einem "Libro Portolano", s. *A. Doren, „Nachtrag“ in Rep. f. K. XXII, 1899, S. 220-221*, wo allerdings die Signatur des Ms. falsch angegeben ist. Berichtigung durch *C. v. Fabriczy in Brunelleschiana op. cit.* Die Abschrift beginnt: *Copia del Capitolo tratto d'un libro dell'Opera di Santa Maria del Fiore scritto nel 1420...*

dem folgenden Satzteil gehört. Doren und nach ihm Fabriczy<sup>29</sup> haben daraus geschlossen, ein Schreiber habe bei der Abschrift das Originaldokument verständnislos verfälscht. Das stellt sich bei der weitgehend willkürlichen oder auch hauptsächlich skandierend gedachten Interpunktion des italienischen 15. Jahrhunderts als Irrtum heraus. Sowohl *lunga a misura del quinto acuto* wie auch *lunga a misura del quinto acuto negl'angoli* würden einen Sinn ergeben.<sup>30</sup>

Man stellt mit einiger Verwunderung fest, dass von keinem der zahlreichen Autoren, die sich mit der Konstruktion der Kuppel befasst haben, die Bedeutung der Zeichnung des Giovanni di Gherardo für diese Frage erkannt wurde. Sie ist das wichtigste Dokument, ja das einzig eindeutige für unsere Kenntnis der Kuppelgeometrie aus der Bauzeit. Sie unterrichtet uns darüber, was mit *volta a misura del quinto acuto negl'angoli* gemeint ist. Man kann aus ihr auch Rückschlüsse darauf ziehen, was Brunelleschi andererseits unter *lunga a misura del quinto acuto* verstanden hat.

Giovanni di Gherardos Eingabe an das Bauamt beanstandet die Beleuchtung der Kuppel und die Neigung der Steinfugen, und beides waren sinnvolle und richtige Einwände. Er wirft Brunelleschi vor, dass die Kuppel durch die Augen des Tambours nicht ausreichend beleuchtet werde, und er beschuldigt ihn, sie nicht nach dem *quinto acuto*, vielmehr nach dem *sesto di mezzo acuto* zu bauen. Er beweist diesen letzten Vorwurf damit, dass er an drei verschiedenen Stellen der geplanten Kuppelschale mit dünnem Stift einen Radius einzeichnet, der zu dem Kreismittelpunkt führt, dem *centro del sesto di mezzo acuto*, und zugleich andere mit stärkerem Stift doppelt hinzufügt, die zu dem *centro di quinto acuto* führen. Die Umzeichnung von Nardini hebt diese Linien hervor (Abb. 6). Dabei geht Giovanni di Gherardo von der Annahme aus, dass die Steine, aus denen die Kuppelschale und ihre tragenden Sporen aufgemauert werden, in den Schrägen dieser Radien geschichtet sein müssen. Er veranschaulicht, dass, während bei der geringen Neigung der Schale im ersten Drittel der Unterschied zwischen den Fugen nach dem *sesto di mezzo acuto* und denen nach dem *quinto acuto* nur ein geringfügiger sei, er nach oben zu ständig zunehme, um schliesslich zu beinahe senkrechten Fugen zu führen, die den Einsturz des ganzen Bauwerks bewirken würden. Dies ist der Hauptstreitpunkt zwischen ihm und Brunelleschi. Auch Nardini hat es erkannt. Die Kuppelgeometrie selbst aber, so wie sie Giovanni di Gherardo darstellt, wird in der Eingabe als bekannt vorausgesetzt. Über sie gab es keine Meinungsverschiedenheiten zwischen ihm, Brunelleschi und dem Bauamt. Giovanni's Kuppelgeometrie ist die gleiche wie jene, die Brunelleschi zumindest bis zum Winter 1425/26 verfolgt hat. Nicht die Streitfragen, sondern eben diese Kuppelgeometrie ist für unser Problem bedeutsam.

Zu ihrem Verständnis müssen wir etwas weiter ausholen. Brunelleschi, Ghiberti und auch Giovanni di Gherardo fanden 1418 den Kuppeltambour als einen vollendeten Bauabschnitt vor. Bevor sie mit dem Bau der Kuppel beginnen konnten, mussten sie drei Aufgaben lösen :

<sup>29</sup> C. v. Fabriczy, Brunelleschiana, Jahrb. d. Preuss. Kunstsaml. XXVIII, 1907, Beiheft S. 14 ff.

<sup>30</sup> Saalman, op. cit. S. 18, hat unseres Erachtens den Sinn dieser Linien und damit den Grundgedanken der Kritik Giovanni's an der Bauführung Brunelleschis missverstanden. Er bezieht diese Linien auf Brunelleschis *gualandrino*, das dreiarmlige Winkelmass, wie es Fabriczy a.a.O.S. 539 genannt hat und Prager a.a.O.S. 481 und 500 beschreibt, mittels dessen sich die Werkleute zu jedem Zeitpunkt über die Massgerechtigkeit der acht Kuppelwinkel Rechenschaft ablegen konnten. Deshalb wusste Saalman auch nicht anzugeben, warum Giovanni Brunelleschi so leidenschaftlich beschuldigt, von dem vorgeschriebenen *quinto acuto* abgewichen zu sein, zugleich aber uns eine Kuppel vor Augen führt, über deren Form es zwischen ihm und Brunelleschi keine Meinungsverschiedenheiten gab. Unseres Erachtens richtete sich seine Kritik nicht gegen die Bauform, vielmehr gegen die Bautechnik Brunelleschis, die in der Sprache der Zeit auch durch den Begriff *quinto acuto* festgelegt wurde. Freilich bleibt auch hier ein Rest von Unklarheit, der wohl durch die Tatsache begründet wird, dass Giovanni die fortgeschrittene Technik der Steinverstrebenungen Brunelleschis nie ganz begriffen hat,

1. das Transportproblem, 2. das statische Problem und 3. das geometrische. Man weiss, dass sie sich mit allen dreien eingehend beschäftigt haben. Wie bringt man die Baumaterialien ohne zu grosse Belastung der Kuppelschale auf die jeweils benötigte Höhe? In welcher Reihenfolge müssen die Glieder der Kuppelschalen hochgeführt werden, und wie werden sie untereinander verstrebt? Diese beiden wichtigen Aufgaben brauchen uns hier nicht zu beschäftigen. Die dritte ging ihnen zeitlich voraus: wie gewinnt man die Masseneinheiten für die Kuppelgeometrie, und wie überträgt man sie erst auf den Schnürboden und dann von diesem auf den Bau?

Es gibt eine Notiz bei Galli, derzufolge Brunelleschi den Grundriss des Kuppeltambours in Originalgrösse auf einer Sandbank des Arno aufgetragen habe, um sich über ihre Geometrie Klarheit zu verschaffen.<sup>31</sup> Giovanni's Zeichnung unterrichtet uns darüber, dass er, wie schon seine Vorgänger, sowohl der inneren als auch der äusseren Schale die Gestalt eines genauen Kreisbogens geben wollte, freilich nicht des Kreises über dem Radius der halben Tambourbreite, sondern eines weit grösseren nach dem *quinto acuto*. Den Punkt, wo man den Zirkel ansetzen wollte, galt es also zu finden. Giovanni hat auf seiner Zeichnung (Abb. 7) von ihm so ausgiebig Gebrauch gemacht, dass das Pergament an dieser Stelle ein grosses Loch aufweist. Er wurde gewonnen, indem man genau  $\frac{4}{5}$  des Durchmessers des Umkreises des Achtecks in den Zirkel nimmt, von der Gesamtstrecke von 78 Ellen also rechnerisch  $62 \frac{2}{5}$  Ellen.<sup>32</sup> Wir haben in Abb. 3 diesen Punkt mit A bezeichnet. Gleichzeitig musste man durch ein ähnliches Verfahren auch den Punkt festlegen, von dem aus man den Kreis schlagen könnte, der für die äussere Schale massgebend ist. Man einigte sich auf den Punkt B, der  $\frac{3}{4}$  der Grundstrecke abgrenzt, wozu noch die Stärke der Kuppelschale im Ansatz kommt, rechnerisch  $66 \frac{3}{10}$  Ellen.

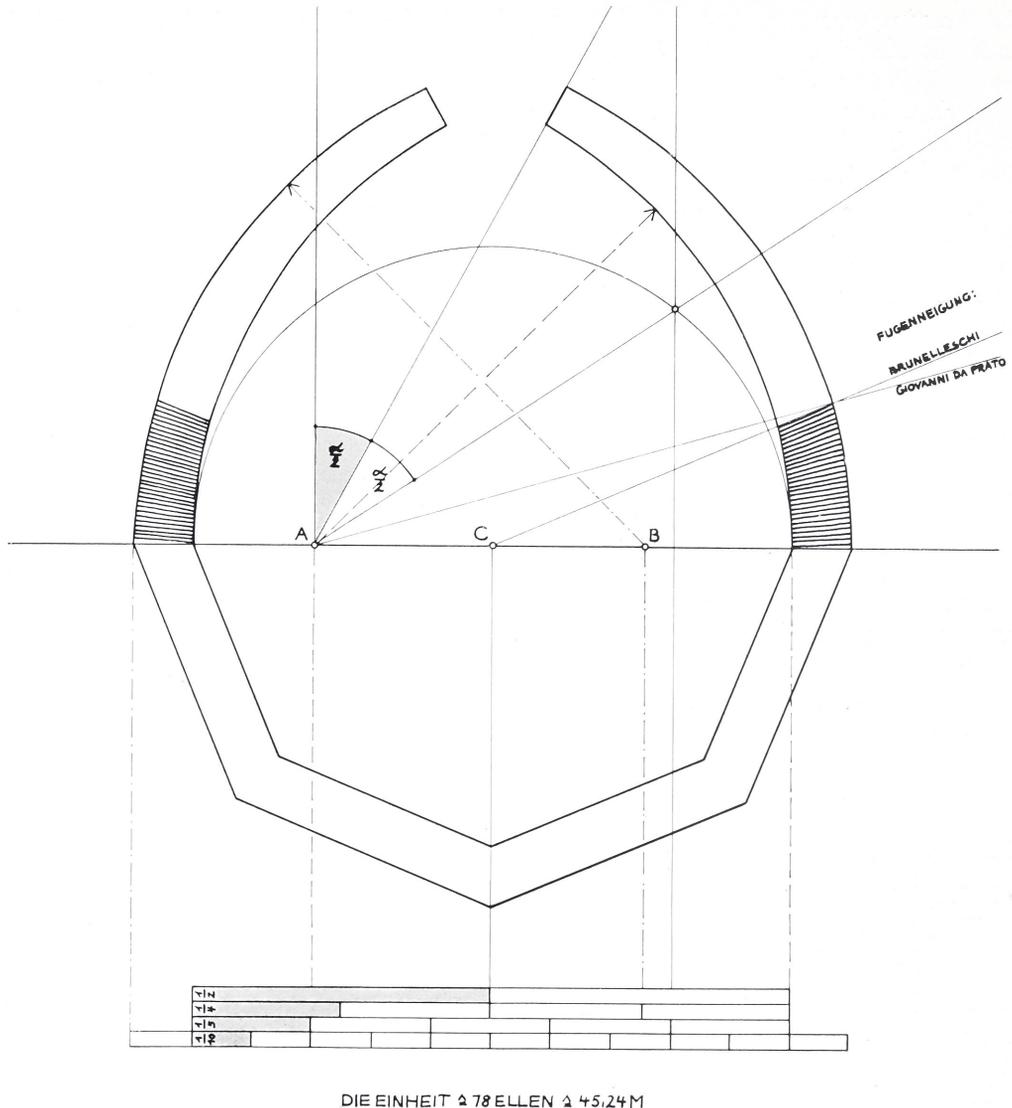
Bevor man aber nach diesen Punkten Ausschau halten konnte, musste man in einer anderen Frage zur Entscheidung gekommen sein. Die Kuppel sollte sich als ein Klostergewölbe über einem Achteck erheben. Dabei bildet jede der acht Seiten mit den zwei sie begrenzenden Sporen konstruktiv und formal eine in sich verfertigte Schale. Das war auch bei der Kuppel des Baptisteriums von Florenz ähnlich gewesen, und Giovanni di Gherardo erinnert ausdrücklich an den Beschluss, sich an dieses Vorbild zu halten. Eine solche Achteckschale kann dergestalt gebildet werden, dass ihre Mitte jeweils einem Kreisbogen folgt, was zur Folge hätte, dass sie sich an den Seiten einem Ellipsenbogen nähert, oder sie kann so gebildet werden, dass an den Verschneidungen der Gewölbeflächen, dort, wo die mächtigen Sporen aufwachsen, der Kreisbogen entsteht, der zur Mitte hin zu einem Ellipsenbogen abflacht. Es bleibt unverständlich, wie man seit der Veröffentlichung der Eingabe und Zeichnung des Giovanni di Gherardo durch Guasti und Nardini 1874 bis hin zu dem knappen Bericht Sanpaolesi von 1937<sup>33</sup>, der diesen Irrtum verbessert, die Meinung Sgrillis von 1733 weiterverfolgen konnte<sup>34</sup>, die Flächen des Klostergewölbes seien Ausschnitte einer Kreiszyylinderfläche, da ja aus der Zeichnung Giovanni's eindeutig hervorgeht, dass die Sporen Kreisbögen bilden und dadurch die

<sup>31</sup> Vgl. *Sanpaolesi*, Cupola, p. 15.

<sup>32</sup> Im Anhang S. 221 werden wir auf die geringen Abweichungen schon in Giovanni di Gherardo's Zeichnung von diesen Zahlen zu sprechen kommen. Man muss sich dem Problem stellen, das sich daraus ergibt, dass er statt mit den bewährten 78 Ellen eine Grundeckene von nur 77 Ellen Seitenlänge zeichnet.

<sup>33</sup> *Piero Sanpaolesi*, Il rilievo della Cupola del Duomo di Firenze, in: *Rivista d'Arte* XIX, 1937, p. 79-83.

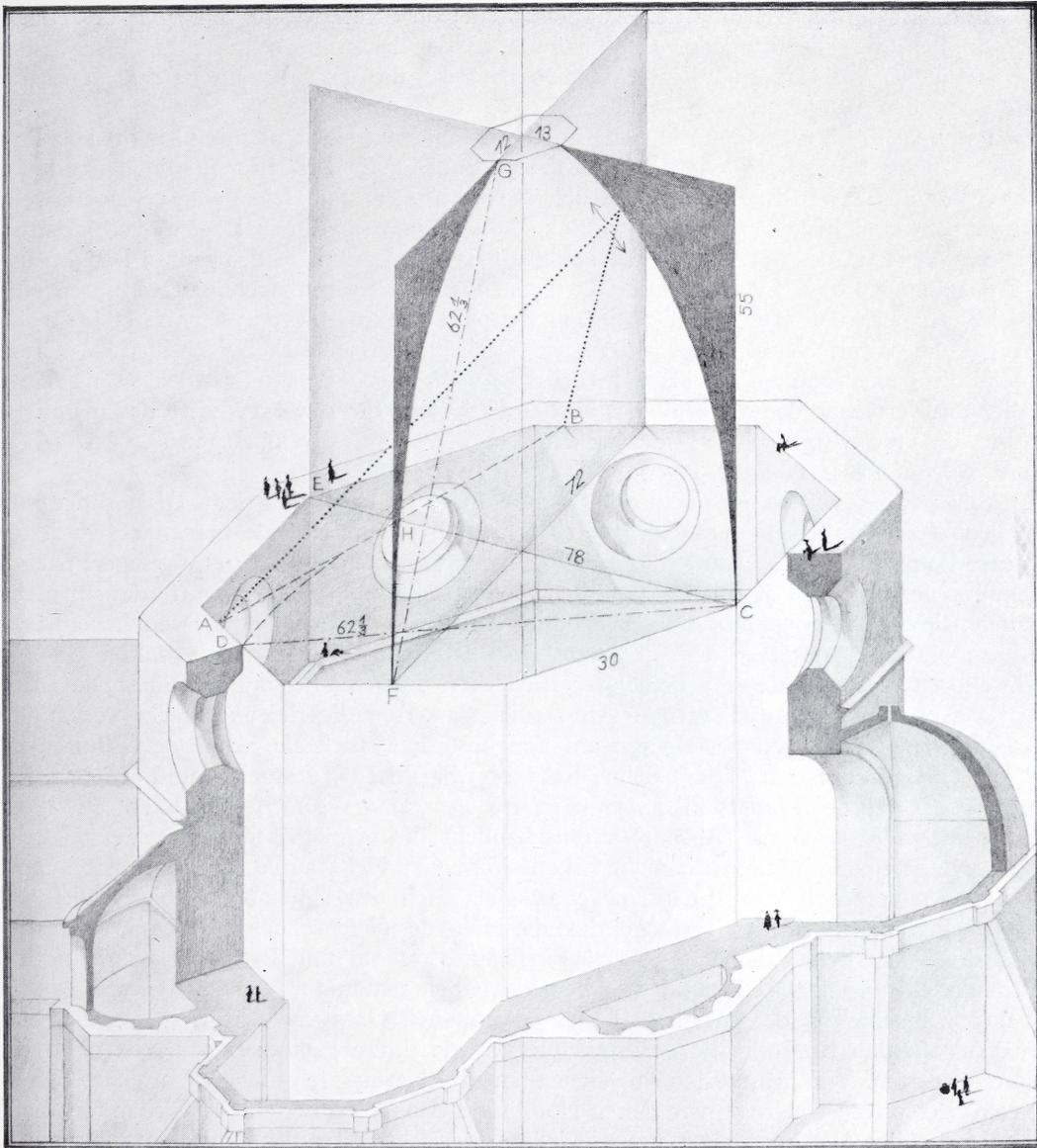
<sup>34</sup> Weder die Stiche von *Bern. Sansone Sgrilli*, Descrizione e studi dell'insigne fabbrica di Santa Maria del Fiore, Florenz 1733, noch die Beschreibung von *G. B. Clemente Nelli*, Pianta ed alzati interiori ed esterni dell'insigne Chiesa di S. Maria del Fiore, Florenz 1755, lassen an ihrer Deutung dieser Grösse einen Zweifel aufkommen; *Fabriczy*, S. 80, Anm. 2, ist dem Problem ausgewichen und hat die Zeichnung des Giovanni di Gherardo nur zur Bestimmung des Terminus *quinto acuto* herangezogen, welcher ausser durch Vasari immer richtig verstanden, indes — soweit ich sehe — nie genau in seiner Funktion bestimmt wurde. Eine zeichnerische Darstellung der Kuppelgeometrie, die sich auf diese ungenaue Quelle stützt, geben *Stegmann-Geymüller*, Die Architektur der Renaissance, Bd. I, München 1885, S. 42, Fig. 4.



3 Kuppelgeometrie nach Giovanni di Gherardo da Prato (Umzeichnung des Verf.).

Flächen einem elliptischen Zylinder angehören. Wir haben versucht, den Sachverhalt in Abb. 4 zu veranschaulichen. Noch unverständlicher ist, wie Prager noch 1950 in seiner scharfsinnigen Studie, also nach den Messungen von 1934/35, auf die sich Sanpaolesi berufen hat, davon ausgehen konnte, die Flächen gehörten einem Kreiszyylinder an, um seine These über die Konstruktionsmethoden zu stützen.<sup>35</sup> Von Anfang an orientierten sich die Baumeister aus-

<sup>35</sup> Frank D. Prager, Brunelleschi's Inventions and the „Renewal of Roman Masonry Work“, in : „Osiris“ vol. IX, 1950, p. 478 ff.



4 Die Übertragung der Masse nach dem Quinto Acuto auf den Bau.

schließlich an den klar sich abzeichnenden Kreisbögen der Flächenverschnidungen und damit auch konstruktiv an den jeweils zuerst hochgeführten Abschnitten der acht Sporen.

Einem Historiker der Mathematik mag überlassen bleiben, das Verfahren zu rekonstruieren, mittels dessen Brunelleschi das Mass des *quinto acuto* erst auf dem Papier, dann auf dem Schnürboden gewonnen hat, um es zuletzt auf den hochwachsenden Bau zu übertragen. Auch dafür liefert der Riss des Giovanni di Gherardo Hinweise. Mit Sicherheit auf dem Papier, vielleicht schon auf dem Schnürboden, muss man sich bereits 1366/68 darauf geeinigt haben,

als Grundmass für den Radius der Kuppelsporen jene Strecke C-D von rund  $62 \frac{1}{3}$  Ellen zu bestimmen, die die Mitte jeder Tambourseite mit der dritten ihr schräg gegenüberliegenden Ecke verbindet. Abb. 4 verdeutlicht, wie diese Strecke, die man die *misura del quinto acuto* nannte, auf den Bau übertragen wurde.

Nimmt man die Strecke C-D in den Zirkel, so schneidet sie die Linie C-E in dem Punkt H. Eine Gerade im rechten Winkel durch diesen Punkt trifft den Kuppeltambour in den gesuchten Punkten A und B. An diesen Stellen wurden am Bau die Haken eingeschlagen, welche die zwei schweren Eisenketten halten sollten, die sich in C zu einem Dreieck verbinden und durch ein Gewicht, das über eine Rolle laufend herabhing, während des ganzen Bauvorganges straff gehalten wurden. In den Jahren, in denen man die Sporen hochmauerte, unterrichtete das Kettendreieck den Baumeister zu jedem Zeitpunkt zuverlässig darüber, ob er im rechten Mass geblieben war. Naturgemäss gab es acht solcher Kettendreiecke, eines für jede der acht Sporen, die gemeinsam im Verlauf des Bauvorganges hochgezogen wurden. Eine einzige Quellennotiz erwähnt den „Stern“ der Ketten.<sup>36</sup> Dieser Stern vergewissert den Baumeister darüber, dass die Kuppelschale in den Ecken nach dem fünften Winkel gewölbt wird, *volta a misura del quinto acuto negli angoli*.

In Abb. 4 haben wir die entscheidende Strecke auf  $62 \frac{1}{3}$  Ellen festgelegt. Diese Ziffer wurde dem geometrischen System entnommen, nach dem die Kuppelschale berechnet worden ist. Auf dem Bau wird man die runden 62 Ellen genommen haben, also 19,4 cm weniger; nach der Zeichnung des Giovanni di Gherardo müssten es  $62 \frac{2}{5}$  Ellen sein, demnach rund 4 cm mehr.<sup>37</sup> Bei den Riesenausmassen mögen diese Differenzen keine Bedeutung besessen haben, zumal die Tambourseiten, die nach dem „System“ 30 Ellen oder 17,49 m messen sollten, in Wirklichkeit um fast einen Meter voneinander abweichen und sämtlich kürzer sind. Die Längen liegen zwischen 16,40 und 17,42 m.<sup>38</sup> Abb. 4 zeigt an, dass die gleiche Strecke von rund 62 Ellen, die den Kreisbogen der Sporen am Bau bestimmt, auch als Sehne der Ellipsenkurve von F nach G wiederkehrt. Diese Sehne hat schon Sgrilli 1733 festgelegt und seinen Stichen eingezeichnet und mit Manetti als *lunga a misura del quinto acuto* beschriftet.

Eine letzte Hilfszeichnung (Abb. 5) veranschaulicht die geometrischen Gesetzmässigkeiten, die diese Übereinstimmung ermöglicht haben. Vom Grundriss auf dem Papier wie auf dem Schnürboden liess sich sowohl das Kurvenmass als auch das Höhenmass ablesen. Die Baumeister erfreuten sich an der Tatsache, dass die Höhe des gleichschenkligen Dreiecks der Kettensterne mit der Sehne der Kuppelschale zwischen Tambour und Laternenring identisch ist.

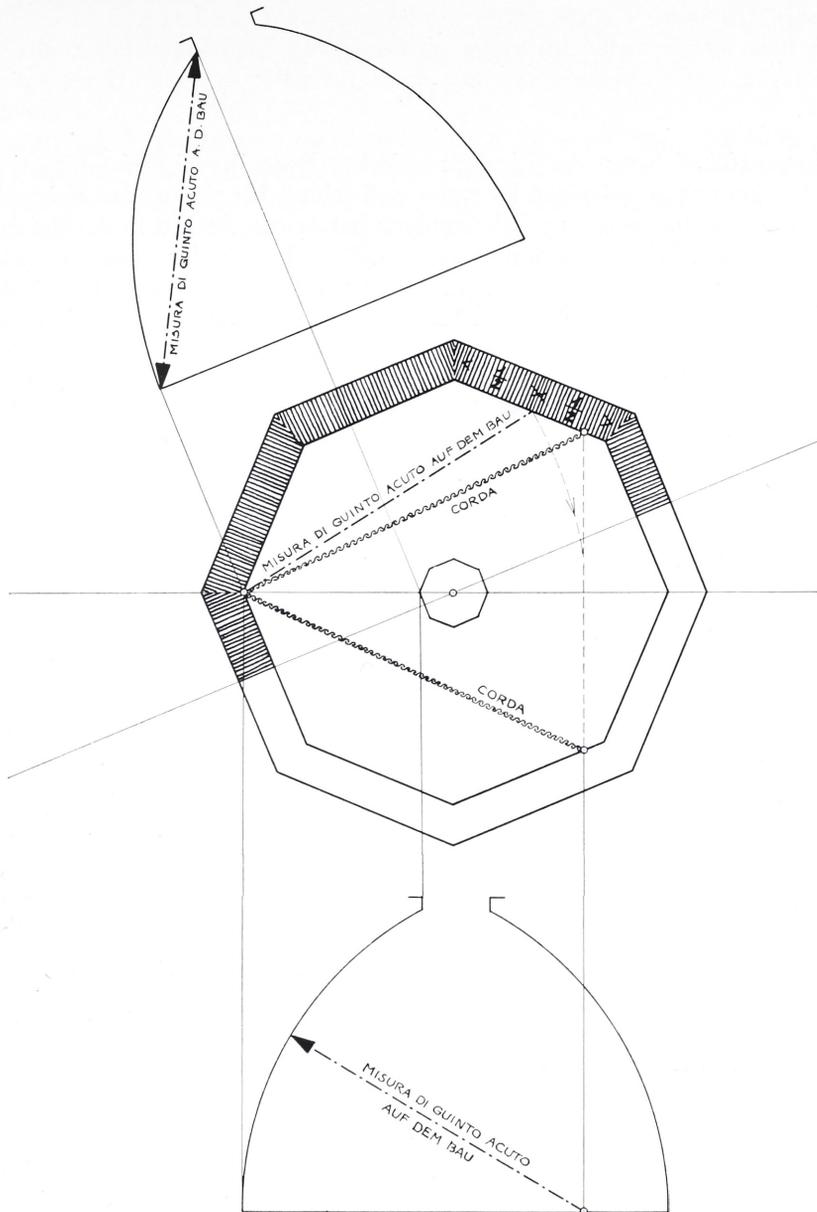
Brunelleschi wie auch Giovanni di Gherardo haben naturgemäss genau gewusst, dass sie bei einer Übertragung der auf dem Papier gewonnenen Grössen erst auf den Schnürboden und dann auf den Bau erhebliche Abweichungen von ihrem geometrischen System in Kauf nehmen mussten. Wie gross diese Abweichungen sind, vermag ich nicht mitzuteilen. Die sehr genauen Messungen von 1934, von denen Nobili und Sanpaolesi berichten, würden mit Sicherheit auch darüber Auskunft geben, um wieviel jede der acht Seiten des Klostergewölbes am Bau von diesem System abweicht.<sup>39</sup> Auch könnten sie uns darüber belehren, um wieviel Brunelleschi im letzten Drittel des Kuppelbaues von dem geplanten System absichtsvoll abgegangen ist. Die zeichnerische Darstellung dieser Abweichungen, für jede der acht Seiten gesondert, bleibt ein Desideratum der Forschung. An dieser Stelle soll lediglich die Tatsache hervorgehoben

<sup>36</sup> Zahlungen werden geleistet für eine *chatena di ferro per la stella della Chupola: Guasti*, Cupola, p. 70, Doc. 171; *Sanpaolesi*, Cupola, p. 15.

<sup>37</sup> Hierzu S. 211.

<sup>38</sup> Vgl. Anm. 21.

<sup>39</sup> Weder *Nobili* op. cit. noch *Sanpaolesi* in einer seiner zahlreichen Veröffentlichungen teilen diese Masse mit.



5 Die Masse nach dem Quinto Acuto auf dem Schnürboden und am Bau.

werden, dass beide überlieferten Fassungen des Kommentars von 1420 Strecken von der gleichen Länge bezeichnen, die jedoch am Bau verschiedene Teile bestimmten, einmal den Radius der Kreisbögen, die die acht Sporen einhalten sollten, zum zweiten die Höhe des Laternenringes, bis zu welcher die Kuppelschale geführt werden sollte.

## III.

Manetti<sup>40</sup> hat ausführlich von der Rivalität zwischen Brunelleschi und Ghiberti gesprochen. Vasari übernahm gern seine würzigen Passagen und schmückte sie aus der Kraft einer reichen Phantasie.<sup>41</sup> Die Kritik des späten 19. Jahrhunderts hat seinen Bericht in das Reich der Künstleranekdoten verwiesen. Mit Sanpaolesi wird das Pendel nach der anderen Richtung überzogen: Ghiberti tritt mit dem gleichen Verdienst um Baugestalt und Konstruktion neben Brunelleschi.<sup>42</sup> Wir glauben, zu Unrecht. Man kann gewisse Spannungen zwischen den beiden grossen Meistern auch aus den Dokumenten erschliessen.

Erst Doren<sup>43</sup>, nicht schon Guasti, hat die Anstellungsurkunde vom 16. April 1420 im Wortlaut veröffentlicht, mit der beide im gleichen Satz und für das gleiche Gehalt *in magistris et seu caput magistris ad providendam et ordinandam constructionem et hedificationem dicte maioris cupule* bestellt werden. Der dritte Meister, Batista Antonio, wird schon durch die Stellung in der Urkunde deutlich gegen sie abgesetzt. Er hatte nachgeordnete Funktionen auszuüben. Später wird er als *vicecapomaestro* bezeichnet.<sup>44</sup>

Beide, Brunelleschi wie auch Ghiberti, wollten indes damals noch nicht hauptamtlich am Bau tätig sein. Das beweisen — wie oft hervorgehoben — die Höhe des Gehaltes wie auch die zahlreichen anderen Werke, die beide gleichzeitig übernommen hatten. Deshalb wurde jedem ein besonderer Vertreter zugeordnet — nicht aber, wie man immer wieder liest, für beide gemeinsam zwei Vertreter —, dem Brunelleschi der Maler Pisello, und dem Ghiberti eben jener Giovanni di Gherardo da Prato, der uns schon mehrfach beschäftigt hat. Beide bekommen kein Gehalt. Beide hätten also, falls immer sie gezwungen gewesen wären, die Hauptmeister zu vertreten, von diesen selbst und aus deren Bezügen bezahlt werden müssen. Beide wurden früher oder später für Sonderleistungen gelegentlich honoriert. Als Stellvertreter der Bauleiter sind sie nie aufgetreten. Doch ist es schwer vorstellbar, dass sie nicht jeder von seinem Hauptmeister, wenn nicht ausgewählt, so doch anerkannt worden sind.

Nun stammt eben aus der Feder des Vertreters Ghibertis jener leidenschaftliche Angriff vom 28. Februar 1426, der uns so grosse Dienste im Vorangehenden geleistet hat. Giovanni nennt zwar weder Brunelleschi noch Ghiberti mit Namen. Doch spricht er von *un fantastico*, der den Dom zum Einsturz bringen werde wie seinerzeit die Gewölbe des neuen Domes von Siena, nicht etwa von mehreren. Auch hat man immer angenommen, dass gleichzeitig sein Sonett gegen Brunelleschi entstanden ist, das sich einer noch weit härteren Sprache bedient, und

<sup>40</sup> Manetti bei Frey, op. cit. S. 91 ff.

<sup>41</sup> Vasari-Milanesi II, S. 350 ff.

<sup>42</sup> Piero Sanpaolesi, zuerst in „Il concorso del 1418-20 per la Cupola di S. Maria del Fiore“, Rivista d'Arte XVIII, 1936, p. 321-344.

<sup>43</sup> A. Doren, op. cit. S. 261 f. Die Stelle ist für unsere Frage bedeutsam, zudem gegenüber dem meist zitierten Erlass des Bauamtes vom gleichen Tage bei Guasti, Cupola, p. 35 f., Doc. 71, in dem entscheidenden Punkt genauer: ... *nominaverunt et deputaverunt infrascriptos vid. Filippum alias Pippum Ser Brunelleschi et Nencium Bartolucci in magistris et seu caput magistris ad providendam et ordinandam constructionem et hedificationem dicte maioris cupule... Et deficiente primo in eius loco vid. talis deficientis eligerunt et deputaverunt Jullianum... vocatum Pisello. Et alio secundo deficiente etiam in eius loco vid. talis secundi deficientis eligerunt vel deputaverunt dominum Johannem... de Prato...*

<sup>44</sup> Guasti, Cupola, p. 87, Doc. 248.

auf das Brunelleschi in gleichem Ton geantwortet hat.<sup>45</sup> Für Giovanni da Prato muss Brunelleschi der allein Verantwortliche gewesen sein; gegen ihn allein richtet sich sein Angriff. Es ist nach Lage der Dinge 1426 völlig ausgeschlossen gewesen, von Ghiberti als einem Phantasten zu sprechen.

Von der ursprünglich geplanten Aussenkurve der Kuppel ist Brunelleschi erst im letzten Drittel nicht ganz unerheblich abgewichen. Man weiss aus den Dokumenten, dass er sich bei der Konstruktion der Innenschale bald von den Angaben der Modellerläuterung von 1420 entfernt hat, praktisch wohl von Anfang an. Manches erwies sich als zu umständlich, vieles auch als unnötig. Andere Stützsysteme kamen hinzu. Das ist seit langem erkannt, von Sanpaolesi auch genauer dargelegt worden.<sup>46</sup> Was aber veranlasste ihn, im oberen Drittel die Aussenkurve nicht fortzusetzen, sondern sie steiler, fast wie eine Tangente zu halten? Damit ist er auch von den ursprünglichen Masszahlen für den Laternenring abgewichen, dessen Modell statt der genannten 12 und 13 Ellen im Durchmesser nur 10 an seinem unteren Rand in den Ecken gemessen hat, die Brunelleschi dann mit ausdrücklicher Einwilligung des Bauamtes auf  $9 \frac{2}{3}$  Ellen verringern durfte.<sup>47</sup> Nur er wird bei dieser Entscheidung genannt. Sanpaolesi hat angenommen, die Veränderung sei durch das Verlangen veranlasst worden, auch den obersten

<sup>45</sup> Abgedruckt bei Guasti, op. cit. (s. Anm. 3), p. 122. Giovanni spricht von Brunelleschis *ignoranza*, nennt ihn *pauper animale et insensibile*, einen *uom sine sostanza*, spricht von seiner *mente fola*:

1. *Sonetto di messer Giovanni da Prato:*

O fonte fonda e nizza d'ignoranza,  
 Pauper animale et insensibile,  
 Che vuoi lo 'ncerto altrui mostrar visibile;  
 Ma tua archimia nichil habet costanza.  
 La insipida plebe, sua speranza  
 Omai perduta, la ode 'ncredibile:  
 Ragion non dà, che la cosa impossibile  
 Possibil facci l'uom sine sostanza.  
 Ma se 'l tuo badalon, che 'n acque vola,  
 Viene a perfezion (che non può essere),  
 Non ched i' legga Dante nella scuola,  
 Ma vo' con le mie man finir mio essere:  
 Perch'io son certo di tuo' mente fola,  
 Che poco sai ordire e vie men tessere.

2. *Risposta di Filippo di ser Brunellesco:*

Quando dall'alto ci è dato speranza,  
 O tu c'hai effigia d'animal resibile,  
 Perviensi all'uom lasciando il corruttibile,  
 E ha da giudicar somma possanza.  
 Falso giudicio perde la baldanza,  
 Chè sperienza gli si fa terribile:  
 L'uom saggio non ha nulla d'invisibile,  
 Se non quel che non è, perch'ha mancanza.  
 En quelle fantasie d'un senza scuola:  
 Ogni falso pensier non vede l'essere  
 Che l'arte dà, quando natura invola.  
 Adunque e' versi tuoi conviene stessere,  
 Chè non ruggino il falso alla carola,  
 Dopo che 'l tuo impossibil viene all'essere.

<sup>46</sup> Sanpaolesi, Cupola, 1941, p. 12-13.

<sup>47</sup> Guasti, Cupola, p. 87, Doc. 248. Rechnet man die Grössen auf dem Riss des Giovanni di Gherardo von 1426 nach, so ergibt sich, dass nach ihm der Laternenring  $12 \frac{1}{2}$  zu  $11 \frac{2}{12}$  Ellen messen sollte, während der ausgeführte Ring  $10,2$  zu  $9,6$  Ellen misst.

Umgang im Innern der Doppelschale so hoch zu bilden, dass die Besteiger der Domkuppel ihn aufrecht durchschreiten könnten. Dies wurde zweifelsohne durch die leichte Erhöhung beinahe erreicht. Aber es kann nicht allein der Grund für eine ästhetisch und konstruktiv so bedeutsame Massnahme gewesen sein. Er liegt in dem neu beabsichtigten Verhältnis von Kuppelschale und Laterne. Die steilere Kurve erlaubte es, der Laterne eine erheblich breitere Grundfläche zu geben. Sie ermöglichte zugleich, die schönen Rippen, die die Blicke empor zu dem acht Seitengliedern der Laterne ziehen, ihren „Strebe Pfeilern“ und Volutenbögen, auch für einen Betrachter aus geringer Entfernung in ihrer ganze Erstreckung sichtbar zu halten. Sie wären sonst bei Nahsicht in der Krümmung weitgehend verschwunden.

Von der Laterne hören wir zuerst am 30. Oktober 1432. Das Bauamt gestattete Brunelleschi, *Che ... faci fare el modello della Lanterna chome a lui pare*.<sup>48</sup> Zeichnungen werden von Anfang an vorgelegen haben, indes ist es wahrscheinlich, dass das Holzmodell von 1420 ebenso wie jenes einzige Holzmodell aus der Bauzeit, das sich in der Opera del Duomo erhalten hat, noch keine Laterne aufwies. Zu einem späteren Zeitpunkt mag er durch Kräfte und mit Materialien des Bauamtes ein Modell begonnen haben, zu dem er durch den Anstellungsvertrag weder verpflichtet noch auch berechtigt war. Man kann annehmen, dass rivalisierende Kollegen das Bauamt darauf aufmerksam gemacht haben; denn anders wäre es schwer denkbar, dass dieses nunmehr ausdrücklich dem Meister gestatten musste, an dem Laternenmodell arbeiten zu lassen. Vier Jahre lang hören wir nichts mehr davon. Am 11. Juli 1436 wird das Modell der Baubehörde vorgeführt.

Einen Monat später, am 24. August 1436, lesen wir zum erstenmal von einem Modell Ghiberti für die Laterne, der bekanntlich seit 1433 sich von seinen Verpflichtungen für den Dom gelöst hatte. Das Bauamt befiehlt den Handwerkern, die an ihm arbeiten, sowohl festtags wie werktags tätig zu sein — *quolibet die tam festivo quam laborativo super modello Lanterne Laurentii Bartalucci*.<sup>49</sup> Diese Lizenz zur Sonntagsarbeit ist ungewöhnlich. Es ist die einzige, die in den Dombauakten verzeichnet ist, ja die einzige, die dem Verfasser aus dem italienischen Quattrocento überhaupt bekannt ist. Erst nach dem 11. Juli und beim Anblick von Brunelleschis Modell kann sich Ghiberti zu einem eigenen Entwurf entschlossen haben. Er muss Brunelleschis neue Lösung als einen Verrat an den alten Plänen empfunden und nunmehr darauf gedrängt haben, dass ihm jede denkbare Unterstützung von seiten des Bauamtes gewährt werde. Vier andere Meister traten noch als Konkurrenten hinzu. Am 31. Dezember 1436 wird unter sechs Modellen dem des Brunelleschi der Preis zuerkannt. Wie kann man daran zweifeln, dass eine echte Rivalität zwischen den beiden grossen Meistern bestanden hat, wenn man vernennen muss, dass jetzt, nach sechzehnjähriger Zusammenarbeit, nachdem die Kuppelschale vollendet war, Ghiberti, der Bildhauer, seine drängenden Arbeiten an der Baptisteriumstür und dem Zenobiusschrein unterbrach, um dem Baumeister seinen verlockendsten Auftrag und die Krönung seines Lebenswerkes abzugeben?

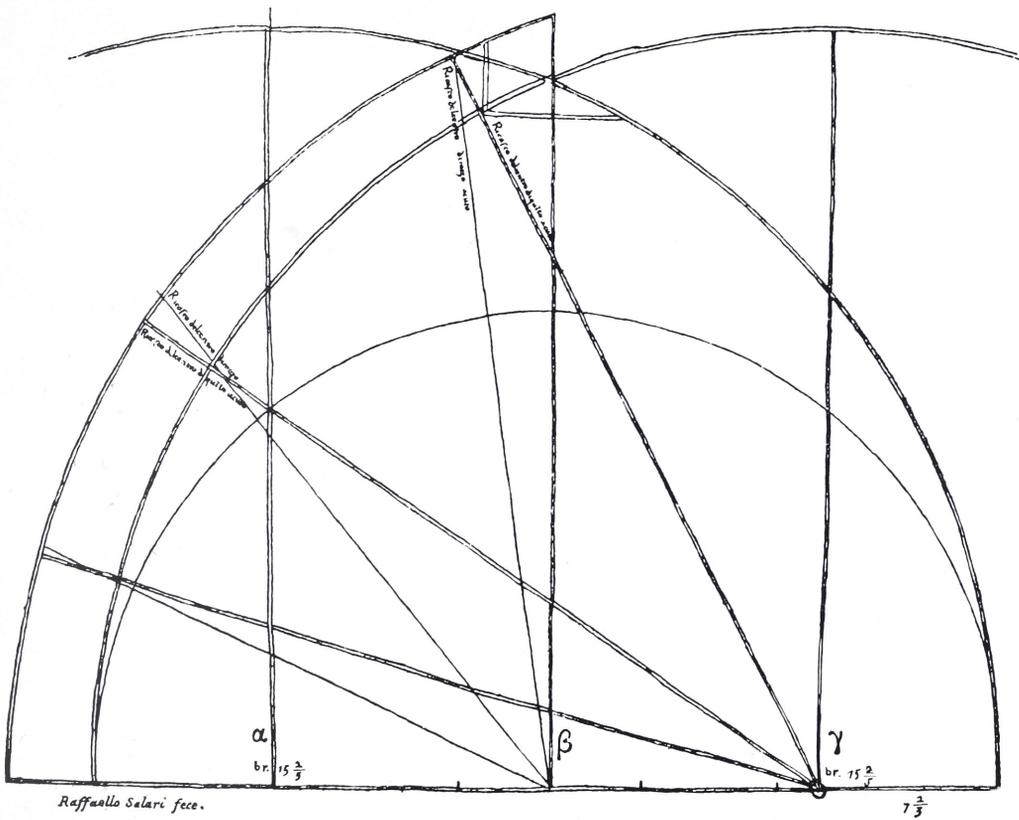
Wir wissen durch die Massangaben von 1367 nur über die Höhe der inneren Kuppel Bescheid. Die Form der äusseren hat Brunelleschi in ihrem letzten Drittel kennzeichnend verändert. Es bleibt bezeichnend, dass seine Massnahmen in erster Linie dem besseren Verhältnis von Kuppelschale, Rippen und Laterne dienen. Brunelleschi ist steiler geworden — gotischer. Doch bekundet sich darin Renaissance-Gesinnung. Kuppel und Laterne haben sich zu einer organischen Einheit verbunden. Man hat es oft gesehen. Die Laterne wächst aus den acht Rippen auf. Sie ruht und sie erhebt sich voll Hoheit über den geblähten Segeln des Klostergewölbes.

<sup>48</sup> Guasti, Cupola, p. 87, Doc. 250.

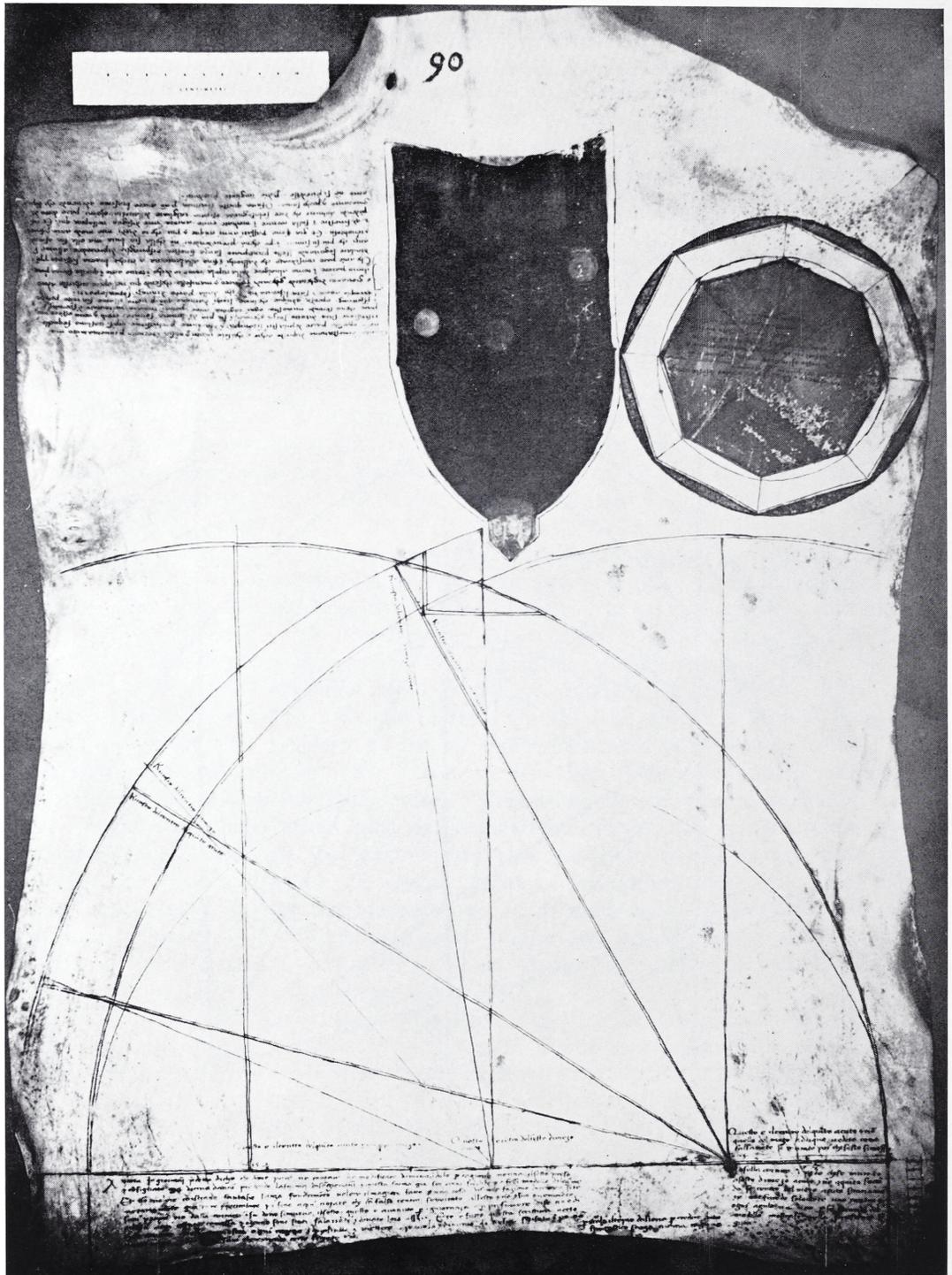
<sup>49</sup> Ebd. p. 92, Doc. 269.

Wer sich die Leidenschaftlichkeit vergegenwärtigt, mit der Giovanni di Gherardo Brunelleschi der Abweichungen von dem beschworenen Modell bezichtigt, dem liegt der Gedanke nahe, dass auch Ghiberti ihm 1436 noch die Abweichungen von den alten, gemeinsamen Plänen vorgeworfen haben mag.<sup>49a</sup>

<sup>49a</sup> Während der Drucklegung dieses Aufsatzes erschien eine neue Arbeit von *Howard Saalman*, mit der wir uns hier nicht mehr auseinandersetzen konnten (Santa Maria del Fiore : 1294-1418, in : *The Art Bulletin* XLVI, 4, December 1964, p. 471-500).



6 Kuppelgeometrie nach Giovanni di Gherardo da Prato (Umzeichnung von Nardini)



7 Giovanni di Gherardo da Prato : Eingabe vom 28.2.1426.

## ANHANG

## DIE ZEICHNUNG DES GIOVANNI DI GHERARDO DA PRATO

Das Florentiner Staatsarchiv bewahrt in seiner ständigen Ausstellung unter Nr. 158 ein Pergament von 68 cm Höhe und 49 cm Breite auf, das Guasti 1874 bekannt gemacht hat (Abb. 7).<sup>50</sup> Es enthält drei Zeichnungen und mehrere handschriftliche Eintragungen, als deren Verfasser sich Giovanni di Gherardo da Prato nennt. Die bedeutsamste dieser Zeichnungen ist ein Riss, der uns die Kuppelgeometrie veranschaulicht (Abb. 8). Er ist von Nardini im Anhang zu Guastis Untersuchung in einer Nachzeichnung veröffentlicht worden (Abb. 6). Ihm entspricht eine in kleinerem Massstab wiedergegebene Zeichnung des Kuppelgrundrisses, die von Giovanni koloriert worden ist. Diese beiden Risse sind mit einiger Sorgfalt ausgearbeitet. In einem späteren Arbeitsgang hat der Autor eine dritte, freihändig entworfene Zeichnung beigefügt, die, ungleich flüchtiger gehalten, einen Schnitt und zugleich auch eine Ansicht des Kuppelraumes wiedergibt. Giovanni hat diese Zeichnung mit einem so dunklen Grau ausgemalt, dass alle Formen verunklärt wurden, mutmasslich um die Dunkelheit des Raumes zu kennzeichnen, die er beanstanden wollte.<sup>51</sup>

Das Pergament ist undatiert. Doch kann über den Zeitpunkt seiner Entstehung zum 28. Februar 1425 (st.f.), auf den es Guasti bestimmt hat, kein Zweifel sein. An diesem Tage hatte Giovanni zehn Goldflorenen für ein Modell aus Ton und mehrere Zeichnungen erhalten, die sich mit dem Kuppelbau befassten.<sup>52</sup> Auch Giovanni selbst weist in den Texten auf den gleichen Zeitpunkt hin: *Et questa forma, già sei anni, si diliberò; et fessi modello di legname*. Es kann mit diesem Modell nur jenes gemeint sein, welches 1420 von Brunelleschi und Ghiberti gemeinsam vorgelegt wurde und seither massgeblich blieb.

Der Autor der Texte und Zeichnungen ist uns zuverlässig bekannt. Giovanni di Gherardo da Prato war von 1417 bis 1425 mit der öffentlichen Lectura Dantis in Florenz betraut, wofür er das erstaunlich hohe Gehalt von 72 Goldflorenen erhielt.<sup>53</sup> Aus einem Dokument von 1442, das ihn als Achtzigjährigen, bettelarm und gedächtnislos bezeichnet<sup>54</sup>, können wir entnehmen, dass er um 1362 geboren ist. Wesselofsky hat ihm den historisierenden Roman „Il Paradiso degli Alberti“ als Jugendwerk von 1389 zuschreiben können.<sup>55</sup> 1414 begegnet er uns als Schreiber der Gesellschaft von Or San Michele und zugleich damit beauftragt, ihr Archiv zur ordnen. 1420 wird er für Konstruktionszeichnungen für den Kuppelbau entlohnt. Er muss sich dabei ausgezeichnet haben. Denn wenig später wird er zum Stellvertreter Ghibertis als „capomagister“ am Kuppelbau ernannt. 1423 sehen wir ihn erneut mit Entwürfen für die Verspannungsketten beschäftigt. Nach dem Verlust seines Amtes als Dantelektor, mutmasslich auch bedingt durch die Niederlage in seinem Streit mit Brunelleschi 1426, hat er sich 1427 in seine Heimatstadt Prato zurückgezogen, wo er ein kleines Haus besass und wo er bald nach 1442 gestorben sein muss.

Die Zeichnungen unseres Dokumentes hatten den Zweck, Giovanni's Kritik an der Bauführung des Brunelleschi zu veranschaulichen; die Hauptzeichnung jene an den Neigungswinkeln der Keilsteine, die Kuppelansicht an der Beleuchtung des Kuppelraumes. Die den Zeichnungen angefügten Texte erläutern diese Kritik. Es war wohl nicht die ursprüngliche Absicht des Verfassers gewesen, sie alle beizufügen. Sie mögen als ein Aide-mémoire bei den Verhandlungen im Bauamt nacheinander entstanden sein. Schon ihre Anordnung bezeugt die leidenschaftliche Erregung, mit der der etwa Fünfundsechzigjährige seine Argumente vorgetragen hat.

Die Bedeutung des Dokumentes für die Erforschung der Baugeschichte der Domkuppel liegt weniger in der Veranschaulichung der Streitpunkte, die Giovanni in den Vordergrund rückt, als in der Tatsache, dass es uns als einziges die Kuppelgeometrie vor Augen führt, die auch für Brunelleschi Gültigkeit besessen hat. Es kam Giovanni darauf an, zu zeigen, dass die acht Schalen des Klostergewölbes der Kuppel

<sup>50</sup> Vgl. Anm. 3.

<sup>51</sup> Vgl. die Beschreibung bei *Saalman* a.a.O.

<sup>52</sup> Vgl. oben S. 203.

<sup>53</sup> Die Zusammenstellung der Daten bei *Guasti*, op. cit. (s. Anm. 3).

<sup>54</sup> Ebd. p. 112.

<sup>55</sup> *A. Wesselofsky*, *Il Paradiso degli Alberti*, Romanzo di Giovanni da Prato, Bologna 1867. Dasselbst finden sich auch andere Dichtungen Giovanni's veröffentlicht. Wie mich *U. Middeldorf* freundlich unterrichtet, hat das Datum 1389 für das „Paradiso degli Alberti“ neuerer Kritik nicht standgehalten. Vgl. *Hans Baron*, *Humanistic and Political Literature in Florence and Venice at the Beginning of the Quattrocento*, Cambridge (Harvard University Press) 1955, p. 13 ff.

nicht von einem einzigen Mittelpunkt aus entwickelt werden können, sondern für jede ein besonderer für die Innenschale und ein anderer für die Aussenschale schon 1420 festgelegt worden sei. Es ist völlig ausgeschlossen, dass nicht auch Brunelleschi das von Anfang an gewusst hat. Nach Giovanni sei er jedoch von diesen seinen eigenen Grundsätzen inzwischen abgewichen. Wir kennen Brunelleschis Antwort nicht, doch müssen wir annehmen, dass für ihn der Neigungswinkel der Steinschichten mit den Radien der aufwachsenden Kuppelschale nicht zusammenfallen musste. In diesem Punkt beruht Giovanni's Kritik auf der Unkenntnis von Brunelleschis Plänen für den Baufortgang, ist also gegenstandslos.

Interessant ist der zweite Vorwurf. Giovanni schlägt vor, und beruft sich dafür auf seine eigenen Entwürfe von 1420, die Kuppel über dem Tambour durch einen Kranz von 24 Fenstern zu beleuchten. Es ist dies ein Gedanke, der einen Humanisten kennzeichnet, dem mutmasslich eine Beschreibung der Hagia Sophia vor Augen gekommen ist. Wenn er von Brunelleschi zurückgewiesen wurde, so hat das mannigfache Gründe, nicht zuletzt auch stilistische. 1443, als freilich die Laterne noch nicht geschlossen war, glaubte man es sogar vertreten zu können, die Tambourfenster farbig verglast zu lassen. Der Raum sei auch dann noch hell genug.<sup>56</sup> Inzwischen wurde wiederholt betont, dass für einen Besucher des Innenraumes Höhe und Gestalt der Kuppel infolge des geringen Lichtzustromes verunklärt würden. Das ist nicht nur die Schuld von Vasaris und Zuccaris Fresken. Das gemässigte Licht entsprach der Absicht Brunelleschis.

#### DIE ZEICHNUNG DER KUPPELGEOMETRIE

Die untere Hälfte des Pergamentes füllt die grosse Zeichnung, durch die Giovanni die Geometrie der Kuppelschale veranschaulicht. Mit einfachen dünnen Linien ist die falsche Geometrie eingetragen, mit starken und doppelten die richtige. Ausgangspunkt bildet die lichte Breite des Tambours von 78 Ellen. Giovanni unterteilt sie in fünf Teile von je  $15 \frac{2}{5}$  Ellen. Zweimal nennt er diese Zahl, mittels deren er die beiden Punkte gewinnt, von denen er den Radius für den Kreisbogen der Innenschale in den Zirkel fassen kann.<sup>57</sup> Auf der Zeichnung ist einer dieser Punkte so häufig benutzt worden, dass das Pergament ein rundes Loch bekam. Diese Punkte beschriftet der Autor:

Links: *Questo è il centro del quinto acuto et non quel del mezo.*

Rechts: *Questo è il centro del quinto acuto et non quello del mezo, adu(n)que vedete come falsamente s'è murato poichè sesto si mosse in sulla cornice inperochè s'è murato a sesto di mezo acuto et non a quinto facendo centro del mezo acuto stranamente va e facendo solamente uno centro a ogni a(n)gulo n' à uno per sé secondo del modello mostrasi nella presente figura.*

In der Mitte wird der falsche Punkt des Kreisbogens gekennzeichnet: *Questo è centro del sesto di mezo acuto.*

Von dem rechten Punkt ausgehend, hat der Verfasser drei Radien eingezeichnet, und ebenso von dem falschen Mittelpunkt. Je zwei von ihnen sind beschriftet:

*Ricasco del centro del quinto acuto*

und: *Ricasco del centro di mezo.*

<sup>56</sup> *Guasti*, Cupola, p. 76 sgg., Doc. 202.

<sup>57</sup> Diese doppelte Nennung von  $15 \frac{2}{5}$  Ellen als dem fünften Teil der Gesamtlänge wirft ein Sonderproblem auf, das zu lösen mir nicht gelungen ist. [ $5 \times 15 \frac{2}{5} = 77$ , nicht 78]. Naturgemäss wusste Giovanni di Gherardo, dass für den Durchmesser des umschreibenden Kreises seit 1366/68 die Strecke von 78 Ellen festgelegt war und blieb. Es ist durchaus unwahrscheinlich, dass irgendjemand am Dombauamt mit 77 und nicht mit 78 Ellen die Berechnung der Kuppelkonstruktion angegangen wäre. Sollte man sich inzwischen bewusst geworden sein, dass in der Praxis des Bauens auf der Höhe des Kuppelansatzes ein geringerer Durchmesser, und vielleicht jener von 77 Ellen, sich ergeben habe? Bei Abweichungen der Tambourseiten untereinander von mehr als einem Meter — statt der rechnerischen Länge von 17,49 m Längen von 16,40 m bis 17,42 m (vgl. Anm. 21) — wäre eine Verkürzung eines der Durchmesser (denn nunmehr müsste man verschiedene für die verschiedenen Ecken annehmen) von 78 auf 77 Ellen eher niedrig als hoch gegriffen. *Saalman*, op. cit., S. 15, Anm. 33, erklärt die Differenz mit der Ungenauigkeit, mit der mittelalterliche Baumeister in der Baupraxis ihre errechneten Zahlenverhältnisse benutzten. Doch haben wir es hier ja nicht mit Zahlen aus der Baupraxis, vielmehr mit solchen aus einem Berechnungsschema zu tun.



*magiore fatto per una cosa di simile fazione di tempio sì temerariamente guastare et pericolare et infino a qui notate che con falso centro s'è murato al sesto et ciò con suo o veramente suoi proprii ci è dalla cornice in su dove si muove il sesto. Questo è avvenuto per ignoranza et per presumere di sé, cioè di coloro a cui è stata commessa et che nne sono stati salariati et donato loro assai. E io ò fatto questa scrittura accioché se avviene quello (che) dimostra ogni ragi(o)ne in guastallo et mettere a pericolo di ruinio io ne sia scusato inperò non n'arei colpa. Perdio fate savi che intendo certo sarete etc.*

Auch Fabriczy hat darauf hingewiesen, dass Giovanni di Gherardo den Grundgedanken als eine seit „Jahrzehnten“ beschlossene Angelegenheit bezeichnet.<sup>58</sup>

Der freie Raum zwischen dieser und der vorangehenden Textstelle auf dem Pergament gibt dem Autor Gelegenheit, seiner Erregung in einer letzten Anschuldigung Ausdruck zu geben:

*Pericolò il tempio da Siena per credere a uno fantastico senza neuna ragione.*

Giovanni nimmt damit Bezug auf eine Episode aus der Baugeschichte des Sieneser Domes. Die Gewölbe des Langhauses an dem grossen südlichen Erweiterungsbau, der meist dem Lando di Pietro zugeschrieben wird<sup>59</sup>, mussten nach Jahren der Vernachlässigung des Bauwesens infolge der Pest von 1348 nach 1355 wieder abgebrochen werden und sind dann nie wieder in Angriff genommen worden.

Neben der Unterteilung der Grundlinie in fünf Teile mit dem Zweck, die Punkte für die Radien des Kreisbogens der Innenschale zu finden, hat der Verfasser durch kleine Markierungen auch eine Einteilung in vier Teile angegeben, mittels deren er den Radius des Kreisbogens der Aussenschale gewonnen hat. Dieser beträgt Dreiviertel der Strecke von 78 Ellen (bzw. von 77) plus der Kuppelschale am Ansatz, die wiederum auf der Zeichnung des Giovanni selbst mit  $7 \frac{2}{3}$  Ellen angegeben wird. Unsere Hilfskonstruktion (Abb. 3) veranschaulicht den Radius der Innenschale, gewonnen aus  $\frac{4}{5}$  der Grundlinie am Punkt A, und den Radius der Aussenschale, gewonnen aus  $\frac{3}{4}$  der Grundlinie plus der Stärke der Schale im Punkt B. Hierzu sei noch bemerkt, dass diese Stärke von  $7 \frac{2}{3}$  Ellen rund ein Zehntel der Grundlinie misst, rechnerisch  $76 \frac{2}{3}$  Ellen, oder ein Zwölftel des äusseren Kuppeldurchmessers von 92 Ellen.

Der Riss verdeutlicht, dass zunächst nur die Grundlinie arithmetisch festgelegt worden ist, während die Höherestreckungen sich aus der geometrischen Konstruktion ergaben. Die innere Höhe der Kuppel hat Giovanni di Gherardo aus der Funktion des Winkels  $\alpha/2$  gewonnen. Zu diesem Behuf ist der Halbkreis als Hilfskonstruktion eingetragen worden, deshalb wurde auch die Darstellung der mittleren Fugendifferenz in der mittleren Winkelhalbierenden gegeben. Diese Höhe errechnet sich bei einer Grundlinie von 78 Ellen auf 55,02 Ellen. Auch die Stärke der Kuppelschalen, die an der Grundfläche mit  $7 \frac{2}{3}$  Ellen arithmetisch festgelegt worden ist, wurde aus der geometrischen Konstruktion in ihrem Verlauf und am Ansatz des Laternenringes gewonnen. Rechnet man nach, so ergeben sich  $5 \frac{3}{4}$  Ellen an den acht Ecken und  $5 \frac{1}{6}$  an den Mitten der Seiten. Wir haben oben erwähnt, dass die Grösse des Laternenringes, den Giovanni vorgesehen hat, nur wenig von der idealen Grösse von 13 zu 12 Ellen abgewichen ist. Die Rechnung ergibt die Masse  $12 \frac{1}{6}$  zu  $11 \frac{5}{12}$  Ellen, wobei sich für die Seitenlängen das Mass von  $4 \frac{7}{10}$  anstatt der idealen 5 Ellen ermitteln lässt. Zuletzt mag noch die Höhe der Aussenschale interessieren, zugleich die Höhe des Laternenfusses, die wiederum nicht arithmetisch errechnet, sondern geometrisch konstruiert wurde, um dann von dem Riss auf den Schnürboden, von diesem auf den Bau übertragen zu werden. Sie beträgt 60 Ellen, also 34,98 m.

## DER GRUNDRISS

Zeichnung und Beschriftung des Grundrisses ergeben keine neuen Erkenntnisse. Immerhin wird deutlich, dass für die Grundrissgeometrie der umschreibende Kreis massgeblich war, dessen Durchmesser innen 78 bzw. 77 Ellen betrug und aussen 92. Giovanni hat seinen Riss nachträglich mit roter Farbe getönt, wodurch der Text an einigen Stellen schwer leserlich wurde.

Über der Mittellinie:

*Disopra al mezo: Questo è il centro del sesto a mezo acuto et non del quinto acuto.*

<sup>58</sup> Fabriczy, op. cit. S. 80 f.

<sup>59</sup> V. Lusini, Il Duomo di Siena, Siena 1911, p. 161 ff.

Unter der Mittellinie :

*Da sotto: Questo è il centro nella superficie et non del (sest cancell.) cuinto acuto et questo è centro a gli anguli nella superficie et non del sesto ch'è tuta in alto. Se già il sesto non fosse a mezo acuto adunque vedi come lla cosa si conduce et va.*

#### DER KUPPELRAUM

Die Stellung der dritten Zeichnung auf dem gleichen Pergament mit dem Kuppelraum unterrichtet uns darüber, dass Giovanni di Gherardo sie als letzte eingeschoben hat. Auch wurde sie freihändig entworfen und nachträglich mit dunkelgrauer Tinte ausgemalt. Bezeichnend ist, dass es damals offenbar noch kein verbindliches Modell für die Laterne gegeben hat, an welches Giovanni sich hätte halten können; er selbst aber scheint nicht über die gestalterische Kraft verfügt zu haben, um aus Eigenem für sie eine vertretbare Lösung vorzuschlagen.

Die Beischrift, die auch Guasti veröffentlicht hat, ist mit weit grösserer Sorgfalt geschrieben, wohl sicher auch nach einem vorausgehenden Konzept.

*Questa dimostr(r)azione di questo ochio è che 'l sole v'entri et non sia interrotto per invetriamento ma nella opposita parte de' pilastri si rompa et dia lume per refressione. Or pensi ciascuno se quella rifressione sarà di tatto forza che vadi in su più di braccia settanta, credo et certo essere mi pare che no, secondo mi mostra ogni ragione, come potrai trovare nel trattato de Speculis et in Prospettivis. O pensa adunque che lume li ochi daranno quan(do) per vetro il lume fia rotto! Potete in exemplo avere Santa Liperata (b verbessert in p) nelli ochi della parte dinanzi sopra le porti.*

*Io Giovanni di Gherardo Gherardi fo noto e manifesto, che 'sendo qui nell'Opera richiesto a dire il mio parere intorno al volgere della Cupola, come io dico intorno a ccìo in questa forma. Prima :*

*Che a me pare, considerato che da lli ochi infino alla lanterna à circha braccia sessanta perpendiculare, seguitando il sesto principiato senza finestra o ispiraglio di prevedere al lume inanzi che più su si muri inperoché non prevedendovi non ch'ella sia buia ma ella fia oscura et tenebrosa. Et già sono passati anni cinque et più che io diedi mio modo a ccìo, et facea 24 finestre in sulla cornice immediate e m'è ancora mio disegno nell'Opera qui. Et rispondendo a alcuno che dice se bisognerà e' si potrà tagliare della volta che mi pare detto d'ingniorante et pocho savio. O' fatta questa scrittura per non avere biasimo adivendo che sopra a ccìo non si prevedesse. Perdio vogliate prevedervi.*

Giovanni bezieht sich in diesem Text auf seinen eigenen Entwurf von „vor über fünf Jahren und mehr“, in dem er die 24 Fenster unmittelbar über dem Kranzgesims des Tambours eingezeichnet hatte. Diesen Entwurf setzt er als bekannt voraus und unterrichtet uns daher hier nicht mehr über seine Einzelheiten. Er beschuldigt Brunelleschi, dass seine Kuppel nicht nur dunkel sei, sondern finster — *non ch'ella sia buia, ma ella fia oscura*. Er bezieht sich in seinen Ausführungen über die Wirkung des Lichteinfalls auf den Traktat „De Speculis et in Prospettivis“, über den ich nichts ermitteln konnte.<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Saalman, op. cit., S. 13, Anm. 13, nimmt an, dass Giovanni sich auf „De Speculis“ und „Perspettiva“ von Roger Bacon bezieht.

## RIASSUNTO

Queste osservazioni si basano sull'unico disegno, dovuto a Giovanni di Gherardo da Prato, della costruzione della cupola del Brunelleschi in un documento del tempo, cioè della fine del 1425 o dell'inizio del 1426. Il documento è stato studiato non tanto per investigare i contatti positivi fra Giovanni di Gherardo da Prato ed il Brunelleschi, anzitutto la geometria del Brunelleschi per la costruzione della cupola, quanto per prendere in esame quelli in cui egli dissente da lui. Il disegno di Giovanni di Gherardo da Prato ci rivela inoltre le misure originariamente previste per la calotta della cupola ed il tamburo. Si può dimostrare che queste misure sono dedotte da una famosa catena matematica divulgata dal Fibonacci, di cui troviamo applicazione in molte altre costruzioni del Medioevo, come per esempio, secondo Crosby, Cluny.

Nella seconda osservazione si cerca di illustrare quali operazioni geometriche Brunelleschi abbia scelto per la costruzione della calotta interna ed esterna della cupola. Lo studio del disegno di Giovanni di Gherardo da Prato conferma l'appellativo di grande matematico attribuito al Brunelleschi. Insieme con i documenti pubblicati dal Guasti, il disegno chiarifica il metodo seguito dal Brunelleschi per trasferire nella costruzione i dati in esso contenuti. Il terzo punto si occupa delle relazioni tra Brunelleschi e Ghiberti. Come noto, Giovanni di Gherardo da Prato fu in relazioni assai strette con il Ghiberti, tanto che crediamo di non errare attribuendo al Ghiberti una parte delle critiche espresse da Giovanni. Da altri documenti studiati con completezza risulta evidente che tra Ghiberti e Brunelleschi la rivalità era piuttosto accentuata.