

Die Geheimnisse des Florentiner Domes lüften

– Teil 1 –

Von Karel Vereycken

Ergänzend zu der Diskussion des LaRouchePAC Policy Committees über die grundsätzliche Bedeutung Filippo Brunelleschis, die wir in dieser Ausgabe abgedruckt haben, bringen wir in dieser und der kommenden Ausgabe nochmals den folgenden, zweiteiligen Aufsatz von Karel Vereycken über Brunelleschis Leistung beim Bau des Florentiner Domes, der ursprünglich schon 2004 in der *Neuen Solidarität* veröffentlicht wurde.

Für den Weisen dagegen
ist nichts unsichtbar,
außer dem, was nicht ist,
der reinen Abwesenheit.
- Filippo Brunelleschi

Die Riesenform der gewaltigen achteckigen Kuppel von Santa Maria del Fiore, die das schöne Florenz mit ihren 112 Metern Höhe beherrscht, kennen viele zumindest von Abbildungen (Abb. 1). Am 25. März 1436 wurde die Kathedrale zu den Klängen der vierstimmigen Motette *Nuper rosarum flores* des flämischen Komponisten Guillaume Dufay feierlich eingeweiht. Jüngst gab der Papst Dir, himmlische Jungfrau, Rosenkränze als ewige Zierde, mit einem Tempel großer Erfindung, etwas Frommem und Heiligem gewidmet.

Die beiden Treppen von 463 Stufen, die sich zwischen den beiden Schalen hinaufwinden, bringen den Betrachter zur Laterne, die sich in der Höhe eines vierzigstöckigen Hochhauses befindet. Nach 16 Jahren und zwei Wochen mühevoller Arbeit, in der fast vier Millionen Backsteine von schätzungsweise 37 000 Tonnen Gewicht aufgetürmt wurden, stand der Dom und wurde zum Wahrzeichen von Florenz und der italienischen Renaissance schlechthin.

Mit einem Durchmesser von 42,2 m ist die Kuppel fast so groß wie die des Pantheon (Abb. 2) in Rom (43,4 m) und nur wenig kleiner als der Pariser Getreidemarkt (44 m) aus dem Jahre 1765. Weder die Basilika St. Peter in Rom (42 m) noch der Pariser Invalidendom (27,5 m) noch die St.-Pauls-Kathedrale in



Abbildung 1



Abbildung 2



London (30,7 m) oder auch die Metallkuppel des Washingtoner Kapitols übertreffen ihren Durchmesser.

Ihre Verwirklichung, die zu jener Zeit als unmöglich galt, ist verbunden mit dem Namen eines Mannes: Filippo Brunelleschi (1377-1446), dem auch die Erfindung der Linearperspektive zugeschrieben wird. Gestorben 1446, erlebte Brunelleschi weder die Vollendung der von ihm erdachten Laterne, die erst 1471 fertig wurde, noch die der zweieinhalb Meter breiten Bronzekugel aus der Werkstatt, die Leonardo da Vinci prägte, der Werkstatt des Andrea del Verrocchio.



Ein anderer Architekt, Leon Battista Alberti (1404-72), sagt im Vorwort zu seinem Werk über die Perspektive *De Pictura* (1435) über ihn: "Welcher Mann, wie hart oder neidisch auch immer, würde Filippo nicht preisen, wenn er diesen gewaltigen Bau sich zum Himmel dehnen sieht, so riesig, daß er das ganze Volk der Toskana mit seinem Schatten decken könnte, und ganz ohne Hilfe von Balken oder Holzstützen errichtet."

Wie wir in diesem Artikel sehen werden, hat dieser Großbau, der alles menschliche Wissen seiner Zeit herausforderte, eine wissenschaftliche und technische Revolution ausgelöst. Die Errichtung des großen Domes führte zu neuen Horizonten, die weit über den eigentlichen Bau hinaus in großen und kleinen Wellen philosophischen Optimismus zum Wohle späterer Generationen verbreiteten.

Die Geschichte des Vorhabens

Nach 48 Jahren des Zögerns entschied die Florentiner "Opera del Duomo" oder Domopera, der Zusammenschluß aller Bevollmächtigten der Zünfte, Künstler, Baumeister und Handwerker, die an der Errichtung der Kathedrale beteiligt waren, einen neuen Wettbewerb auszuschreiben, um das gewaltige Vorhaben zu vollenden, das Arnolfo del Cambio 1296 begonnen und Francesco Talenti an der Stelle der alten Kirche *Santa Reparata* erweitert hatte.

In Florenz kannte jeder die seeigelartige Endgestalt des Domes, weil seit 1367 ein Modell davon in einem Seitengang der wachsenden Kathedrale öffentlich ausgestellt war. Schon in jenem Jahr hatten sich bei einem ersten Wettbewerb zwei konkurrierende Architektengruppen herausgebildet. Die erste, von Lapo Ghini angeführte, hielt an einem Konzept fest, das der traditionellen gotischen Bauweise nahestand: eher dünne Wände und eine den Kathedralen ähnliche Struktur großer Strebepfeiler und freistehender Pfeiler, welche die Kuppel halten konnten.

Die andere Gruppe, unter dem Architekten Neri, der das 18 m breite Gewölbe des Florentiner Bargello-Gefängnisses und den Ponte Vecchio erbaut hatte, sprach sich für eine Lösung *al antiqua* - auf die "alte Weise" - aus. Wie viele damalige Italiener hielt Neri Stützpfeiler nicht nur für unästhetisch, sondern auch für ein Kulturgut der traditionellen Feinde von Florenz: Mailand, Frankreich, Deutschland und anderer "Barbaren" (Goten).

Neri schlug vor, als Alternative zu den Pfeilern den Dom mit steinernen und hölzernen Ketten einzufassen, so wie Eisenringe die Dauben eines Fasses zusammenhalten - ein interessanter, aber, wie wir sehen werden, unzureichender Gedanke. Die Verwendung verbindender Elemente aus Metall befand sich in der damaligen Architektur noch in den ersten Anfängen. Doch schon beim Wiederaufbau des Chores der riesigen Kathedrale von Beauvais nach dessen Einsturz 1284 benutzte man zur Verbindung der Pfeiler massive Eisenstäbe, um den Zusammenhalt der Struktur zu sichern.

Neri plante für den Dom auch den seltenen, aber nicht außergewöhnlichen Einsatz einer doppelten Schale, eine Technik, die aus Persien stammte und für islamische Moscheen und Mausoleen wie das 1309 in Sultanya in Aserbeidschan erbaute typisch wurde. Die innere Schale sollte dem Gebäude die strukturelle Stärke geben, und die äußere bot neben dem Schutz vor Naturkräften wie etwa Erdbeben ein entscheidendes zusätzliches Volumen.

Anders als beim kugelförmigen Dom des römischen Pantheon beabsichtigte Neri, die Krümmung der Schalenabschnitte



entsprechend dem gotischen Spitzbogen zu erhöhen. In Italien nannte man dies *quinto acuto* (spitzes Fünftel). Der Durchmesser wurde in fünf gleiche Teile geteilt und die Krümmung des Bogens mit $\frac{4}{5}$ dieses Durchmessers gezogen (siehe Abb. 3).

Aber ab 1415 war alles bereit. Mit der neugebauten viereinhalb Meter dicken Trommel erreichte der Bau schon die eindrucksvolle Höhe von 53 m, und es klaffte ein furchterregendes, über 42 m breites Loch. Die Stunde der Wahrheit war gekommen.

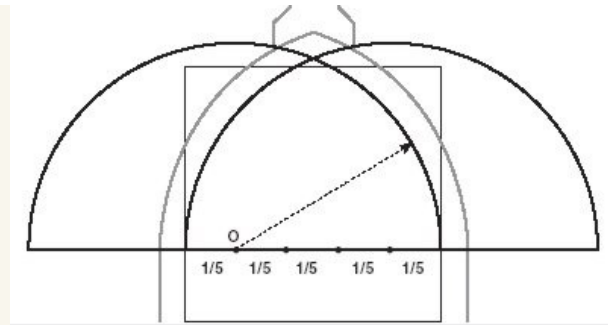


Abbildung 3

Antonio Tuccio Manetti (1423-97), der Verfasser von *Das Leben Filippo Brunelleschi*, der Brunelleschi noch persönlich getroffen hatte, berichtet, daß der Bau eines so breiten und hohen Gewölbes die Baumeister schreckte. Angesichts der Aufgabe, dieses immense Gewicht abstützen zu müssen, "erschien nicht nur die Anstrengung furchtbar, sondern ihre Verwirklichung geradezu unmöglich".

Jenen, die von "unmöglich" sprachen, antwortete Brunelleschi scharf, der Dom sei ein heiliges Gebäude, und "Gott, für den nichts unmöglich ist, wird uns nicht verlassen". Als Anstoß für das Vorhaben schlug er den Vorstehern des Domkapitels vor, einen internationalen Wettbewerb für das Kuppelmodell auszuschreiben und dazu sämtliche Architekten, Ingenieure und Baumeister einzuladen, "so viele man in der ganzen Christenheit findet".

Im Dezember 1418 endete die Frist für das Einreichen der Vorschläge, und der Große Rat, der sich aus 13 Mitgliedern der Domopera, Vertreter der Zunft der Wollweber und verschiedenen Gutachtern zusammensetzte, beriet über die verschiedenen Entwürfe, wobei mehrmals intensiv über Brunelleschis Modell diskutiert wurde. Alle Beteiligten waren sich einig, daß ein kompliziertes Stützgerüst erforderlich sei, um das Mauerwerk der wachsenden Kuppel in der Bauphase abzustützen.

Über das Treffen wird berichtet: "Aus Filippus Worten schlossen die Vorsteher, ein Gebäude von solcher Größe und Beschaffenheit lasse sich nicht vollenden, und die Architekten der Vergangenheit und diejenigen, die das ganze Vorhaben ersonnen hatten, seien naiv gewesen, daran zu glauben. Als Filippo dieser falschen Meinung entgegentrat und erklärte, es sei möglich, antworteten alle einhellig: 'Wie macht man das Stützgerüst?', aber er blieb dabei, man könne es auch ohne ein solches Gerüst schaffen. Da sie nun über die Angelegenheit mehrere Tage lang verhandelten, geschah es zweimal, daß die Vorsteher ihn von ihren eigenen Leuten und von der Wollgilde hinauswerfen ließen, als sei er blöde und rede nur Lächerlichkeiten; dies ging so weit, daß er sich noch oft daran erinnert, wie er sich zu jener Zeit in Florenz kaum auf die Straße traute, weil er den Eindruck hatte, die Leute tuschelten hinter seinem Rücken: 'Schaut euch den Narren an, der solche Flausen im Kopf hat!'"

Bei einem anderen Vorbereitungstreffen, bevor er zum *capomaestro*, zum leitenden Architekten des Baues ernannt wurde, forderte man ihn auf, seine Methoden darzulegen - mit welchen Mitteln er die Titanenarbeit auszuführen gedenke. Aus Furcht, man könne ihm sein Konzept stehlen, zeigte Brunelleschi dem Publikum nur ein Ei und sagte: "Wer das Ei zum Stehen bringt, der ist würdig, diesen Posten zu erhalten." Nachdem es alle reihum erfolglos versucht hatten, drückte er das stumpfe Ende des Eis mit Gewalt auf einen Marmortisch. Natürlich wandten alle ein, das hätten sie auch gekonnt, wenn sie es "vorher gewußt" hätten, und Brunelleschi antwortete: "Ihr hättet auch gewußt, wie man die Kuppel bauen kann, wenn ihr meine Pläne gekannt hättet." Und der Auftrag für den Bau der *cupola* wurde an Brunelleschi vergeben.

Wenn wir rückblickend alle schöpferischen Lösungen, die Brunelleschi erdachte, um die wissenschaftlichen Probleme zu überwinden - Physik, Geometrie, Material, Maschinen und, nicht zu vergessen, die politischen Schwierigkeiten und die Ausbildung seiner Mitarbeiter in den neuartigen Techniken -, dann sieht man hierin entscheidende Momente von Mut und Willenskraft, ohne die auch geniale Gedanken immer nur eitel-süße Träume bleiben.

Schon seit seiner Jugend von der Herausforderung fasziniert, diesem Dome das Gewölbe zu geben, wandte Brunelleschi Lösungen an, die über lange Jahre gereift und



durchdacht waren. Da er seine Gedanken niemals oder höchstens in verschlüsselter Form dem Papier anvertraute, wird man wohl allezeit darüber spekulieren, wie er im einzelnen den Dom erbaut hat. Aber sein einzigartiges Buch ist der Dom selber, und der Betrachter findet sich in der gleichen Lage wieder wie der verblüffte Beobachter vor der Skulptur mit dem Esel und der Harfe an der Kathedrale zu Chartres. "Hier siehst du eine Harfe, die nur darauf wartet, daß du ihr mit deinen Fingern die schönsten Töne entlockst. Kannst du die göttliche Harmonie aus ihr herausholen? Oder wird es dir ergehen wie mir, dem armen Esel, der sie fand, aber keinen einzigen Ton daraus hervorbringen kann?"

Bogengerüst oder Bauen ohne Holz?

Die Kuppel ist wie jedes Gebäude "drückenden" und "ziehenden" Kräften, Kompression und Spannung, ausgesetzt, die der Architekt ausgleichen muß, wenn er ein Gewölbe bauen will. Da der senkrechte Druck ein verhältnismäßig geringes Problem darstellt, weil Steine eine sehr hohe Druckfestigkeit besitzen, gilt die Hauptsorge der Baumeister stets dem Seiten- und Innendruck (Abb. 4).

Um Kreis- und Spitzbögen hochzuziehen, errichtete man im allgemeinen eine hölzerne Befestigung, das Stütz- oder Lehrgerüst, das erst dann langsam entfernt werden konnte, wenn der Mörtel trocken und der "Schlußstein", der den Druck der Wölbsteine auf die den Bogen stützenden Säulen ableitete, eingesetzt war. Es dauerte ein Jahr oder mehr, bis mittelalterlicher Mörtel sich völlig verfestigt hatte. Ein weiteres Problem war der enorme Druck, der lange Zeit auf dem Holzgerüst lag und es zu verformen drohte. Breite Tonnengewölbe oder komplizierte gotische Klostergewölbe erforderten ein sehr starkes Stützgerüst. (Abb. 5a und 5b)

Die Geschichte belegt, daß diese Technik erst ziemlich spät in entwickelten Gesellschaften auftauchte, die starke Hölzer anbauen oder sich diese zumindest beschaffen konnten. Allerdings wurden, wenn Holz nicht verfügbar war, in manchen Fällen auch Kuppeln ohne Hilfe von Holz erbaut; so verweist Auguste Choisy in seiner *Geschichte der Architektur* auf frühe Grabmäler in Abydos im alten Ägypten (Abb. 6). Seit den frühen Pharaonendynastien (3000 v.Chr.) wurden Kuppeln ohne Holzgerüst aus an der Sonne getrockneten Schlammsiegeln aus dem Schwemmland des Nils errichtet: "Von allen Gewölbearten ist die am leichtesten zu verwirklichende das

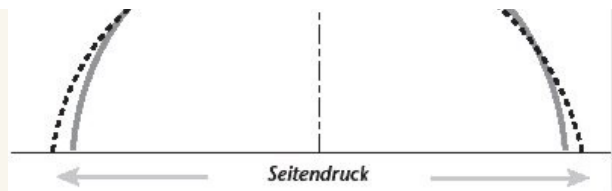


Abbildung 4

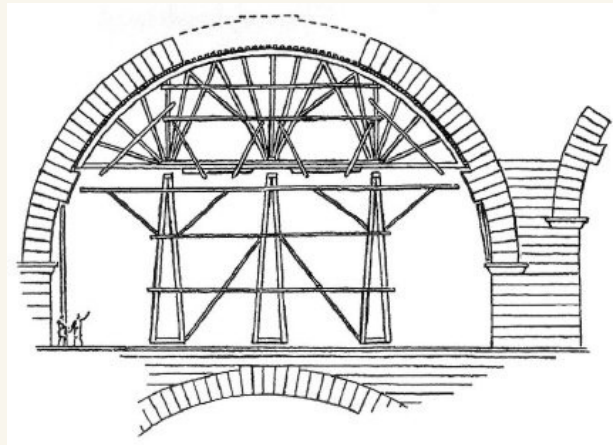


Abbildung 5a

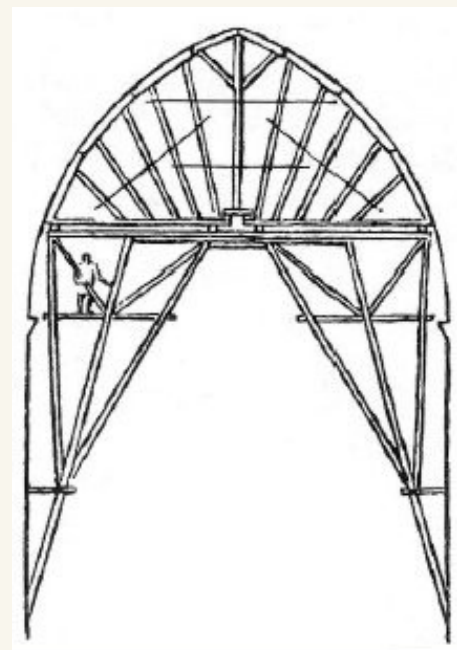


Abbildung 5b

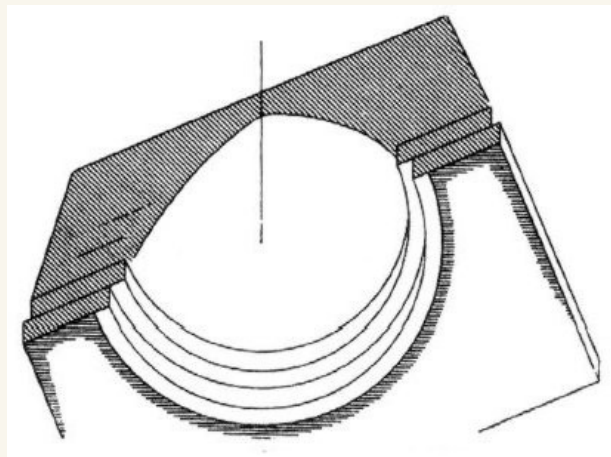


Abbildung 6

Kuppelgewölbe: Die Kuppel ist eine der üblichen Formen des ägyptischen Gewölbes. Der Längsschnitt ist spitzbogenförmig, und das Mauerwerk setzt sich aus einfachen Lagen horizontaler Schichten zusammen, echten Ringen aus Backsteinen, deren Durchmesser zunehmend kürzer wird. Jede Schicht überragt ein wenig die vorige, so daß jede Stützhilfe überflüssig wird. Sobald eine Schicht beendet ist, wird sie zu einer unveränderlichen Krone, bereit, durch Kragsteine eine neue zu erhalten."

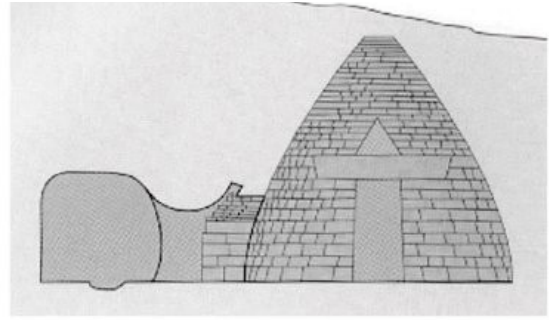


Abbildung 7

Daß diese Bauweise nicht auf Ägypten beschränkt war, beweisen die Kuppelgewölbe des mykenischen Griechenland, wo die Ziegel durch Steine ersetzt wurden - beispielsweise im "Schatzhaus des Atreus", das an der Basis einen Durchmesser von 14,5 m hat und ebenfalls ohne Bogengerüst erbaut ist (Abb. 7).

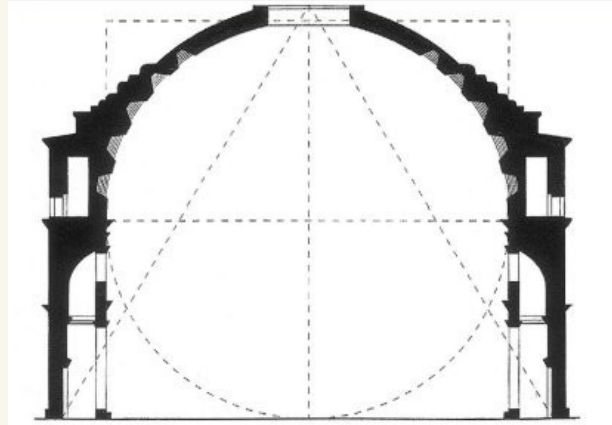


Abbildung 8

In seiner Abhandlung über die Architektur *De re aedificatoria*, die um 1440 entstand und 1452 erschien, bestätigt Alberti: "Doch es gibt eine Gewölbeart, die ohne solche Stützen auskommt, und das ist das perfekte (d.h. Kugel-)Gewölbe; denn es setzt sich nicht nur aus Bögen, sondern in gewisser Weise auch aus Gesimsen zusammen. Und wer kann sich die unzähligen Bindungen vorstellen, die darin sind, die sich alle ineinander verkeilen und mit gleichen wie ungleichen Winkeln überschneiden? So daß man, wenn man in irgendeinem Teil des ganzen Gewölbes einen Stein oder Ziegel setzt, gleichzeitig auch sagen kann, daß man einen Schlußstein zu einer unendlichen Zahl von Bögen sowie Gesimsen gesetzt hat." (3. Buch, Kapitel XIV)

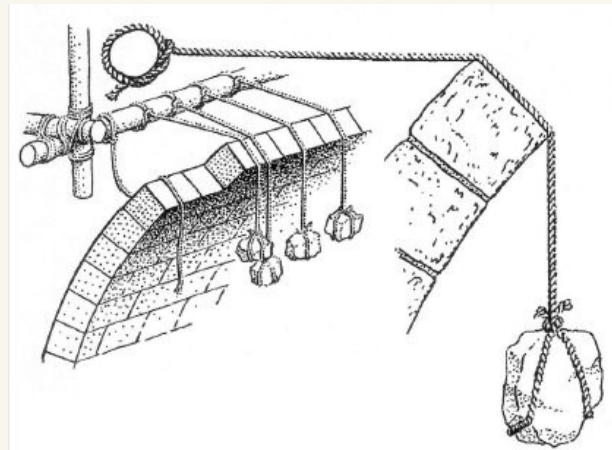


Abbildung 9

Manettis Bericht zufolge verbrachte Filippo Brunelleschi zusammen mit seinem engen Freund, dem Bildhauer Donatello, mehrere Jahre damit, in den Ruinen des alten Rom herumzustöbern und die architektonischen Überreste zu untersuchen. Jahre vor dem Wettbewerb maßen die beiden Freunde die meisten Gebäude aus, kletterten auf sie hinauf und gruben sogar nach den Fundamenten, so daß man sie mit "Schatzjägern" verwechselte und ihnen auch diesen Spitznamen gab. Indem sie die Bruchstellen in den Wänden untersuchten, konnten sie Erfolge und Mißerfolge der späten Wiedergeburt der etruskischen Bautechniken erforschen, die mit Gebäuden wie dem 121 n.Chr. unter Kaiser Hadrian erbauten Pantheon oder dem Minerva-Tempel den Ruhm Roms vergrößern sollten.

Die Kuppel des Pantheon hat einen Durchmesser von 43,30 m und ist 44 Meter hoch. 1300 Jahre nach ihrer Erbauung war sie immer noch die größte Kuppel der Welt. Am Fuß der Kuppel waren die Mauern 6 m dick und verjüngten sich dann nach oben hin immer mehr bis auf eine Dicke von etwa 30 Zentimetern. Beim Pantheon wurden auf einer Grundstruktur von Säulen aus Ziegelsteinen kreisförmige horizontale Schichten aus insgesamt 5000 Tonnen *Pozzolana*-Mörtel (aus Kalk und Vesuviasche) auf eine hölzerne Verschalung gegossen (Abb. 8). Die römischen Architekten waren sich ganz offensichtlich der bautechnischen Schwierigkeiten bewußt und verwendeten deshalb in genialer Weise Kalktuff, Bimsstein und sogar leere Tonamphoren, um die Last der oberen Schichten zu verringern und gleichzeitig deren strukturttragende Kräfte zu erhalten.

Ungewiß bleibt, ob unsere Freunde auch den Ort von Neros Goldenem Haus (*Domus Aurea*) betraten, wo 1506 die berühmte Laokoon-Gruppe gefunden wurde. Nero hatte, nachdem er Rom in Brand setzen ließ, im Jahr 64 in seiner Villa einen kugelförmigen Salon auf einer achteckigen Basis errichten lassen, der einen eindrucksvollen Durchmesser von 10 m aufwies.

Auch in dem kürzlich wiederveröffentlichten Buch von John Fitchen *The Construction of Gothic Cathedrals* wird das Bauen ohne Bogengerüst dokumentiert, dem Thema ist ein ganzes Kapitel gewidmet. Dort werden einige der bautechnischen Maßnahmen gezeigt, die alle von außerhalb der Struktur wirken und die "innere Geometrie" der Mauern, die sich Brunelleschi zunutze machte, noch vernachlässigen (Abb. 9).

Bögen, Gewölbe und Kuppeln

Eine kurze Übersicht über die Bautechniken ohne Bogengerüst zeigt, daß die Kugeloberfläche eine der notwendigen Eigenschaften besitzt, nach denen Brunelleschi suchte: Sie trägt sich selbst. Ein einfaches Experiment belegt die "Zauberkraft" gekrümmter Oberflächen. Jeder weiß, daß ein einfaches Blatt Papier von vielleicht 60 g/m² beispielsweise einen soliden Türschlüssel aus Metall nicht tragen kann. Aber wenn ich mein Blatt in eine leicht gekrümmte Form biege, ist es plötzlich dazu in der Lage. Die Stärke stammt nicht aus dem Material, sondern von seiner Geometrie her. Benötige ich ein festes Stück Pappe, um die Aufgabe mit einer geraden Oberfläche zu verrichten, so genügt weniger Material, um die gleiche "Arbeit" mit einer gekrümmten Fläche zu verrichten.

Bevor wir weitergehen, ist es unabdingbar, einige Prinzipien des Bogens zu verstehen, weil der Florentiner Dom manchmal als eine Mischung aus der Dombauwissenschaft *a l'antiqua* und aus dem gotischen Wissen über die Bogenarchitektur dargestellt wird. Schließlich hatte Neri verlangt, daß die Schale des Domes nach dem Prinzip des *quinto acuto*, des "spitzen Fünftels" wie beim üblichen gotischen Bogen gebaut werden sollte.

Aber, wie Fitchen auf Seite 80 seines Werkes anmerkt: "Doch mit dem Voranschreiten der gotischen Ära wurden zahlreiche Gewölbe sehr steil, und das rief einige Schwierigkeiten für die [tragende] Struktur hervor. In einem System freier Bögen, wie bei einem Gewölbe, das keine Überlast trägt und deshalb nur sich selbst stützt, ist die Drucklinie eine umgekehrte Kettenlinie. Wenn man sich ein Kabel oder eine Kette vorstellt, die lose von zwei Enden herabhängt, die sich auf gleicher Höhe, aber weit weniger weit als die Länge der Kette voneinander entfernt befinden, bildet jedes Glied eine identische Gewichtseinheit entlang der gekrümmten Kettenschlinge und steht mit seinen Nachbargliedern in Spannung.

Zusammen bilden diese Gelenke eine gekrümmte Linie, deren Achse auf der Drucklinie - in diesem Fall der

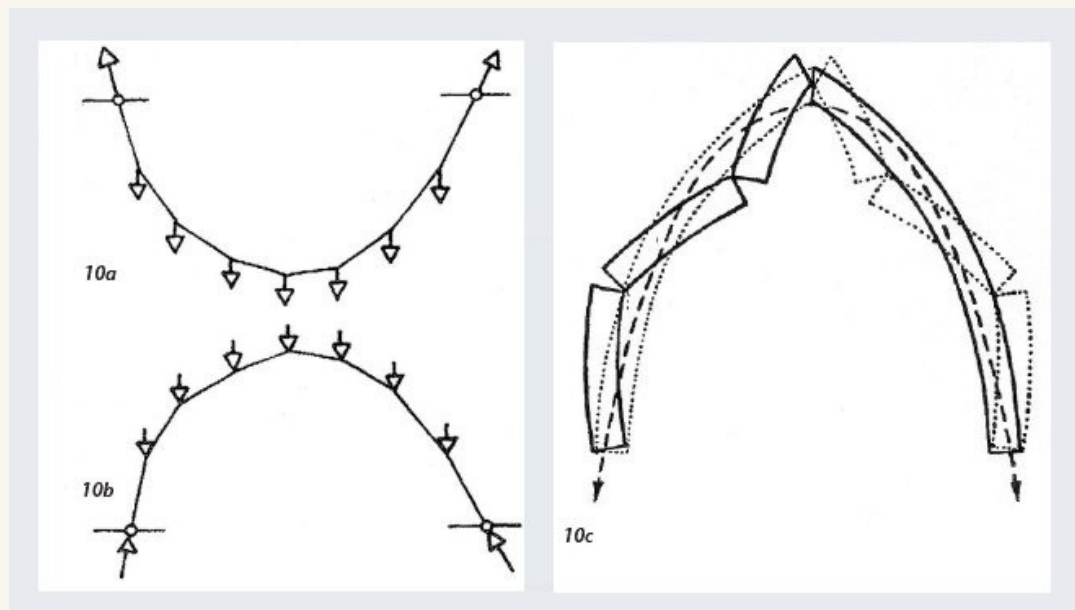


Abbildung 10 a, b und c

Spannungslinie - der frei schwebenden Kette liegt. Wenn man sich diese Kettenschlinge als streng fixiert vorstellt, so daß ihre Kurve sich nicht verändert, und man sie dann umkehrt, stünde jedes Glied unter einem Druck seiner Nachbarglieder, und die Achse der gekrümmten Linie wäre die Drucklinie. Das geschieht in einem Bogen, in dem die Bogensteine die 'Glieder' der Kettenlinie bilden." (Abb. 10a, 10b,

10c)

Offenbar hat Pierre Bouguer dieses Prinzip schon 1734 untersucht, denn es taucht in seiner *Theorie der Gewölbe* (Théorie de voûtes) auf.

Heute wird dies in Amerika in einer Schule in Winnetka im US-Bundesstaat Illinois pädagogisch gelungen vermittelt: Die Schüler bauen aus Pappe Bögen, die wie eine umgekehrte Kettenlinie geformt sind, und können so die Entdeckung dieses Prinzips nachvollziehen.

Wenn wir nun das Kettenlinienprinzip auf den gotischen Bogen anwenden, können wir folgendes beobachten: Nimmt unser Bogen eine Form an, die von der "unsichtbaren Spur" der Kettenlinie (nach innen oder außen) abweicht, dann wird der Seitendruck einen Bruch hervorrufen, wenn er nicht durch eine zusätzliche Festigkeit des verwendeten Materials ausgeglichen wird. Ohne die Flexibilität der Kette werden die höchsten Bogensteine nachgeben, wenn der Bogen zu hoch ist, und zerbrechen, wenn er zu niedrig ist. Obwohl ihr die statische Stabilität fehlt, ist die Kettenlinie im Prinzip wirksamer, weil die Schwerkraft in einem harmonischen Verhältnis zu ihrer physischen Geometrie steht.

Nach dem Bogen können wir uns nun dem Gewölbe zuwenden. Kettenlinienförmige Tonnengewölbe gibt es beispielsweise mit dem Taq I Kisra im Palast des Ktesiphon (Abb. 11) bei Bagdad im Irak, erbaut im Jahr 531, der leider bei einer Überschwemmung des Tigris 1985 stark beschädigt wurde. Der Bau folgt denselben Prinzipien wie die

Tonnengewölbe des Kornspeichers im Tempel des Ramesseums (Abb. 12) bei Theben in Oberägypten aus dem 13. Jh. v. Chr. Die Ziegelschichten sind entweder vertikal oder horizontal an eine feste Mauer angebaut, die den größten Teil des Seitendrucks auffängt.

Man muß dazu grundsätzlich verstehen, daß Stützen in irgendeiner Form unverzichtbar sind, wenn man auf ein kettenlinienförmiges Gewölbe *über das eigene Gewicht hinaus* eine Last auflegen will. Das

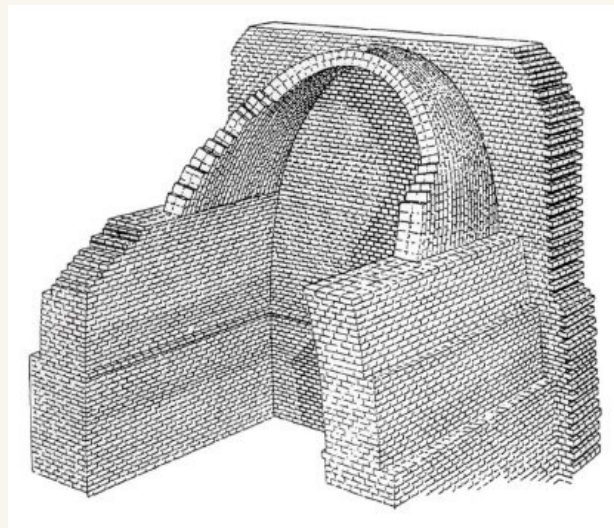


Abbildung 11



Abbildung 12

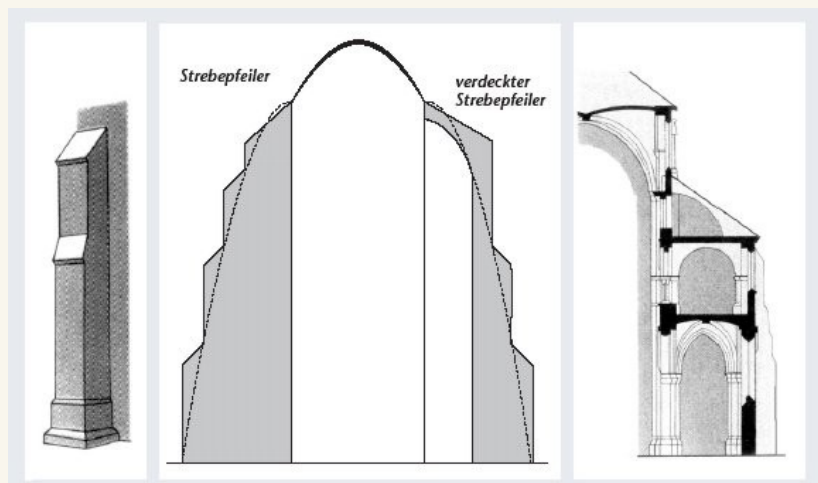


Abbildung 13

erklärt die eindrucksvollen Stützpfeiler und Freipfeiler in der gotischen Architektur, die von den Wänden Druck wegnehmen. Es ist aber offenbar stets am besten, wenn diese Stützpfeiler in einem harmonischen Verhältnis zur Kettenlinie stehen (*Abb. 13*).

Zur Kuppel des Florentiner Doms haben wir viele Autoren zu Rate gezogen und herauszufinden versucht, welche genaue Form die Gewölberippen des achteckigen Daches haben. Da jede Quelle etwas anderes sagt (Kreis, Ellipse, Kettenlinie, Schleppkurve) scheint es notwendig, noch einmal die nötigen Messungen vorzunehmen, damit klar feststeht, worüber wir hier Hypothesen aufstellen.

Es ist allerdings bekannt, daß zu Brunelleschis Zeit einer seiner Verleumder, Giovanni di Gherardo da Prato, ihm den Vorwurf machte, er gefährde den Bau mit seiner Unkenntnis und weil er sich nicht an das im Vertrag festgelegte "spitze Fünftel" halte. Voller Eifersucht beschimpfte da Prato Brunelleschi: "O Abgrund, finster von völligem Unwissen, armseliges Tier, und wie lächerlich derjenige, der das Ungewisse für alle sichtbar machen will, deine absurde Alchemie ist ohne große Macht..."

Brunelleschi antwortete amüsiert mit einem eigenen Gedicht: "Da uns der Himmel große Hoffnungen gab, o du, dessen tierhafte Erscheinung sichtbar ist, kann jedermann zumindest das Verderbliche aufgeben und alles mit großer Kraft ordnen. Wer darüber falsch urteilt, verliert seine ganze Sicherheit, weil er sich mit nichts beschäftigt, was ihm schrecklich erscheint; für den Weisen dagegen ist nichts unsichtbar außer dem, was nicht ist, außer der reinen Abwesenheit. Der Künstler sieht nicht das Geschwätz des Narren, aber er sieht - wenn er nicht falsch urteilt - , welche Natur sich unter seiner Hülle verbirgt." (Der Wortwitz dieser dichterischen Fehde geht leider in der Übersetzung weitgehend verloren, *d.Red.*)

Über die Anekdote hinaus belegt dieses Gedicht Brunelleschis große Leidenschaft für das Entdecken eines universellen "unsichtbaren" Naturprinzips, das er entschleiern will, weil Mutter Natur es versteckt hat. Wie wir zeigen werden, haben Brunelleschi und seine Freunde die physikalischen Prinzipien der Kettenlinie im sichtbaren wie im unsichtbaren Bereich verstanden.

Um zusammenzufassen, was wir bisher gesehen haben: Brunelleschi, der eine Kuppel bauen mußte, die zusätzlich zu ihrem eigenen Gewicht die beträchtliche Last der krönenden Laterne tragen konnte, stand vor den folgenden Schwierigkeiten:

1. Stützpfeiler waren laut Vertrag verboten, und da die Kuppel ab einer Höhe von 53 m gebaut werden mußte, war es ohnehin nicht möglich, vom Erdboden ausgehende schwere Pfeiler zu bauen.
2. Eine Kugel, ohne Bogengerüst errichtet durch Aufschichten horizontaler Ringe aus Ziegelsteinen, wäre nicht in der Lage, die Laterne zu tragen.
3. Ein kettenlinienförmiges Kuppelgewölbe (in diesem Fall ein Katenoid in Form einer umlaufenden wiederkehrenden Kettenlinie) bot auch keine wirkliche Lösung. Sie könnte ihr eigenes Gewicht tragen, wäre aber genausowenig in der Lage, das zusätzliche Gewicht der Laterne auszuhalten.

Brunelleschi mußte eine besondere Struktur physikalischer Geometrie erfinden, eine "selbsttragende Fläche", die leicht genug war, ihr Eigengewicht zu tragen, aber gleichzeitig auch stark genug, die Laterne zu tragen, und stabil genug, um ohne Bogengerüst auszukommen.

Auflösung in der nächsten Ausgabe.