

Stefan Breitling

Zirkelschlag und Schalungsbrett – Gewölbebau am Bamberger Dom

Die einfachen Kreuzrippengewölbe in den Seitenschiffen und im Hauptschiff des Bamberger Doms mit ihren schlichten Scheidbögen, breiten Rippenprofilen und großen unregelmäßigen Gewölbesiegeln (Abb. 1) sind bisher wenig als architektonische Leistung des Mittelalters gewürdigt worden.¹ Zu sehr standen bei der baugeschichtlichen Einordnung und Bewertung des Bamberger Doms einerseits die auf den Vorgängerbau, den sogenannten Heinrichsdom, verweisende retrospektive Konzeption und Formensprache im Vordergrund, andererseits die qualitätvolle Skulptur mit ihrem jeweiligen architektonischen Umfeld.² Dabei geriet die Tatsache, dass es sich beim Bamberger Dom um ein außergewöhnlich gut und umfangreich erhaltenes und wenig restauriertes Bauwerk von hohem Zeugniswert für die hochmittelalterliche Baukultur handelt, ein wenig aus dem Blickfeld. Gerade auch die hervorragende Erhaltung aller Gewölbe stellt unter den großen Kathedralen eine durchaus beachtenswerte Besonderheit dar.³ Da aus dem Mittelalter zwar Bogenausmittlungen überliefert sind, aber keine Planzeichnungen oder Darstellungen des Gewölbebaus, bleibt die Herstellung eines der technisch und logistisch anspruchsvollsten Produkte des Mittelalters ein Geheimnis, zu dessen Klärung wir heute auf die erhaltenen Bauten und die an ihnen zu beobachtenden Befunde angewiesen sind.⁴ Insbesondere die Ostpartien des Bamberger Doms sind in diesem Zusammenhang auch deswegen besonders interessant, weil innerhalb weniger Jahre im Bauverlauf mehrere Veränderungen am Grundkonzept des aufgehenden Mauerwerkes vorgenommen worden sind, die das Ringen der Auftraggeber und Baumeister um die richtige Form ihres Gotteshauses belegen.

Die spannende und offenbar konfliktreiche Geschichte der Planungswechsel, die etwa zwischen 1180 und 1225 stattgefunden haben müssen, hat Dethard von Winterfeld eindrucksvoll rekonstruiert:⁵ Während der Gesamtgrundriss des Doms eine Teilung in quadratische Joche mit zwei von Türmen flankierten, halbrund abschließenden Chören im Osten und Westen und einem breiten Querhaus im Westen zeigt, sah man bei der



Abb. 1: Bamberger Dom, Mittelschiffgewölbe nach Osten

Aufführung der östlichen Wandpartien des Langhauses zunächst eine engere Jochteilung vor, die später zugunsten einer weiteren, der Breite des Mittelschiffs entsprechenden Teilung aufgegeben wurde. Mehrere „leere“ Pfeilervorlagen und Dienste sowie die im Mauerwerk deutlich erkennbaren Baufugen zeugen noch heute von den Abänderungen im Bauverlauf. Für den Gewölbebau hatten alle diese Umplanungen unmittelbare Auswirkungen. Auch hierfür wurden noch während des Baugeschehens die Pläne mehrfach geändert. Zudem musste man die neuen Konzepte an die bereits errichteten Bauteile anpassen. Nachdem nach 1180 zunächst die Krypta und die Ostapsis mit ihrer Kalotte entstanden waren, wurde das erste nach Westen folgende Joch mit einem eigenen Gurtbogen, der direkt neben den etwas kleineren der Ostapsis gestellt wurde, angeschlossen und mit einem sechsteiligen Rippengewölbe überwölbt. Vermutlich fand dies mit einer zeitlichen Verzögerung nach mehreren Planungswechseln bei der Errichtung des Chores statt. Im zweiten Joch gab man dann die Sechsteiligkeit auf und entschied sich für ein vierteiliges Kreuzrippengewölbe. Offenbar hing dies mit einer Erweiterung des Chorbereichs in die zwei ersten Mittelschiffjoch nach Westen zusammen, die man in einem engen baulichen Zusammenhang mit steinernen Gewölben versah. Zu dieser Zeit gab es eine Bauunterbrechung mit einer noch heute unter Dach gut erkennbaren Baufuge. Erst mit einem gewissen Abstand schloss man die westlich folgenden, mit großen Rundbogenfenstern versehenen Obergadenwände an. Zunächst war offenbar nur für den Chorbereich eine steinerne Überdeckung vorgesehen. Wie die nachträgliche Schließung einiger Obergadenfenster, die von den heutigen Gewölben überschritten werden, belegt, war für die nach Westen folgenden Joch zunächst eine flache Holzbalkendecke vorgesehen. Die beiden östlichen Mittelschiffgewölbe könnten noch um 1200, vermutlich aber eher kurz nach 1208 errichtet worden sein. Manfred Schuller hat anhand der Brandschäden auf den Oberseiten der zwei östlichen Langhausgewölbe nachgewiesen, dass die Wölbung der beiden Ostjoch vor 1227 ausgeführt worden sein muss.⁶ Erst danach beschloss man, auch die westlichen Langhausjoch mit steinernen Gewölben zu schließen. So sind heute in den ersten drei östlichen Langhausjochen nebeneinander drei verschiedene, unterschiedlich konzipierte und ausgeführte Gewölbe erhalten, die einen Einblick in die Voraussetzungen, technischen Möglichkeiten und Verbesserungen im Gewölbebau des frühen 13. Jahrhunderts bieten, eine

baukonstruktionsgeschichtlich aufregende Zeit, in der man sich in ganz Europa bemühte, den neuen gotischen Bauformen Gestalt zu geben.

2007 konnten mit Mitteln der Forschungsförderung der Uni Bamberg und unter großzügiger Unterstützung durch das Fachgebiet Restaurierungswissenschaften in Vorbereitung auf das vom Fachgebiet Bauforschung und Baugeschichte der Otto-Friedrich-Universität Bamberg in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Bauamt Bamberg durchgeführte Projekt zur Erstellung vollständiger digitaler Planunterlagen des Bamberger Doms im Zielmaßstab 1:20 Laserscans der Unterseiten und der Oberseiten der Mittelschiffgewölbe erstellt werden, die erstmals die räumliche Situation vollständig dreidimensional erfassen und aus denen sich eine Vielzahl formaler und maßlicher Analysen ableiten lassen (Abb. 2, 3, 4, 5).⁷ Der 3D-Laserscan dokumentiert den aktuellen Zustand der Domgewölbe auf den Zentimeter genau. Auf dieser Grundlage können nun die Besonderheiten der einzelnen Gewölbe, ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede genauer beschrieben werden. Aus den Punktwolken lässt sich ein Höhenlinienmodell erstellen, das die genaue Form der einzelnen Rippenzüge und der Gewölbeflächen zeigt. Die Auswertung ergab unter anderem eine Korrektur der Vermessungen der Gewöbelinien durch Haas 1978. Geometrische Auffälligkeiten in der Gesamtstruktur und bei einzelnen Baugliedern können einerseits auf die mittelalterliche Planungsmethodik und auf Herstellungsprozesse zurückgeführt werden, andererseits weisen sie unbeabsichtigte Verformungen während und nach der Erbauungszeit aus, lassen Schadensphänomene und Schadensursachen erkennen, und bieten schließlich Hinweise für das Verständnis der Konstruktion und Tragwirkung der Gewölbe und der heutigen statischen Situation. In diesem Sinne lassen sich aus den digitalen Scanning-Daten und aus der Analyse der Maße und Formen Erkenntnisse über den Bauablauf gewinnen, die die bisherigen Forschungen zur Bau- und Veränderungsgeschichte des Doms ergänzen und die Aufschlüsse über die Charakteristik des mittelalterlichen Baubetriebs am Bamberger Dom geben.

Beschreibung der Gewölbe und Analyse der Maße und Formen

Während die Querhausarme und der Westchor des Bamberger Doms von längsrechteckigen Kreuzrippengewölben überspannt werden, sind die Kreuzrippengewölbe des Ostchors, des Mittelschiffs und der Vierung



Abb. 2: Bamberger Dom, Scan der Gewölbe



Abb. 3: Laser-Scan der Mittelschiffgewölbe, Punktwolke



Abb. 4: Bamberger Dom, Scan der Gewölbe

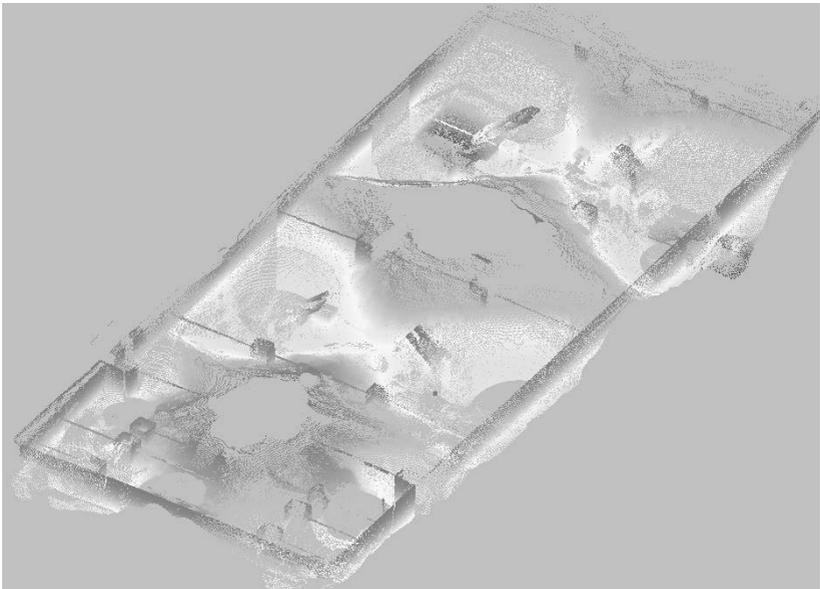


Abb. 5: Bamberger Dom, Mittelschiff-Gewölbe Joche 1 und 2, Oberseite.

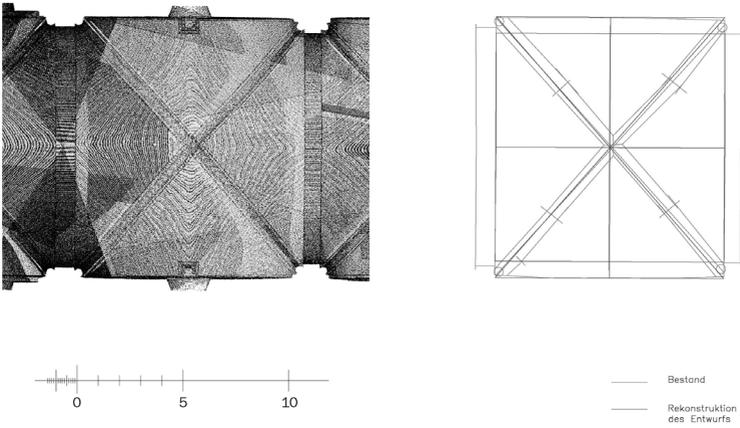


Abb. 6: Bamberger Dom, Mittelschiff, 2. Joch von Osten. Grundrissprojektion der Gewölbe & Tatsächlicher Rippenverlauf und Rekonstruktion der Grundrissdisposition

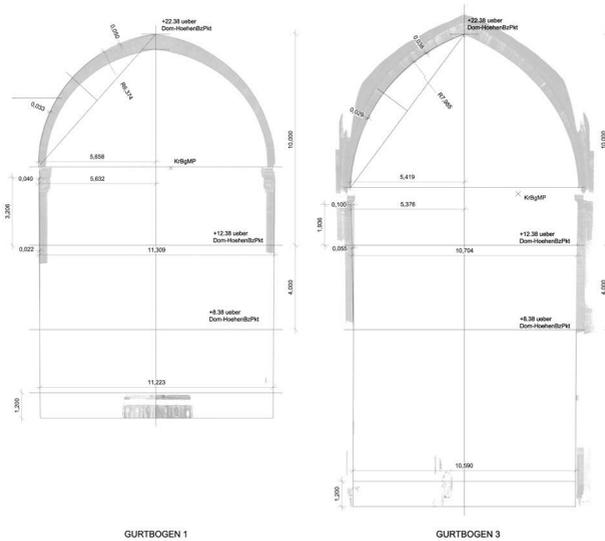


Abb. 7: Bamberger Dom, Mittelschiff, 2. Joch von Osten. Gurtbögen 2 und 3. Slices aus dem 3D-Laserscan

über nahezu quadratischem Jochgrundriss ausgemittelt. Die Scheitelhöhe der spitzbogigen Langhausgewölbe über dem Fußboden des Mittelschiffs beträgt circa 24,00 Meter, die Spannweiten variieren von etwa 9,50 bis 11,30 Metern. Das Gewölbe des ersten Ostchorjochs und die Westchorapsis besitzen sechsteilige Rippengewölbe. Die Rücken aller Gewölbe sind unregelmäßig, einzelne Blöcke ragen heraus, die Zwischenräume sind mit Mörtelguss verfüllt. Bei den beiden Gewölben des Ostchors sind ebenso wie bei den Gewölben der Seitenschiffe die Oberseiten kuppelig und steigen stark an. Einzelne Kappen zeichnen sich nicht oder nur wenig ab. Manche Gewölbeschalen sind ganz aus Tuff bzw. einem porösen Sintergestein, andere mit Sandstein gemischt, das sechsteilige Gewölbe des ersten Ostchorjochs besteht ebenso wie das Vierungsgewölbe und dasjenige der Westchorjoche möglicherweise nur aus Sandstein.⁸ Die Kalotte der Ostchorapsis ist anders als alle übrigen Gewölbeschalen aus ringförmig gemauerten Großquaderschichten aus Sandstein gefügt. Alle Mittelschiffgewölbe sind Rippengewölbe mit schweren, breit spitzbogigen Wulstribben und breiter Schulter. Auch ihre Diagonalrippen basieren auf Kreisbögen, dadurch sind die steigenden Spitztonnen der Gewölbesegel verzogen. Bei den spitzbogigen Gewölben der Seitenschiffe, der Chöre und des Mittelschiffs sind die Scheitelpunkte der Rippen gegenüber den Gewölbeansätzen an den Schildwänden und Gurtbögen stark überhöht. Besonders stark steigen die Kappenscheitel bei den Ostchorgewölben in Querrichtung und auch in Längsrichtung an (Vgl. Abb. 9). Die drei westlichen Mittelschiffgewölbe sind straffer in der Form (Vgl. Abb. 9). Mit deutlich flacheren Scheitellinien, einer klareren Geometrie der Gewölbeschalen und deutlicher geschiedenen Rücken setzen sie sich von den östlichen Gewölben ab. Die Kappensteine der Westchorjoche sind parallel zum Scheitelverlauf geschichtet.⁹ Die stark gestelzten Gewölbe des Westchors und der Westchorapsis bilden auf ihrer Oberseite flache Mulden. Am Vierungsgewölbe binden die Rippenblöcke durch die ganze Gewölbestärke durch. Auf den Unterseiten der Gewölbekappen sind die Abdrücke der Schalung zu erkennen. Vereinzelt haben sich auch Reste der Schalbretter erhalten.

Anhand der Überlagerung der Raumschans mit den relevanten Achsen und Mittellinien der Bauteile und der Grundrissfläche lässt sich feststellen, dass sehr präzise Quadrate als Binnenquadrate zwischen den Pfeilerecken der einzelnen Joche vorkommen. Möglicherweise gibt es auch

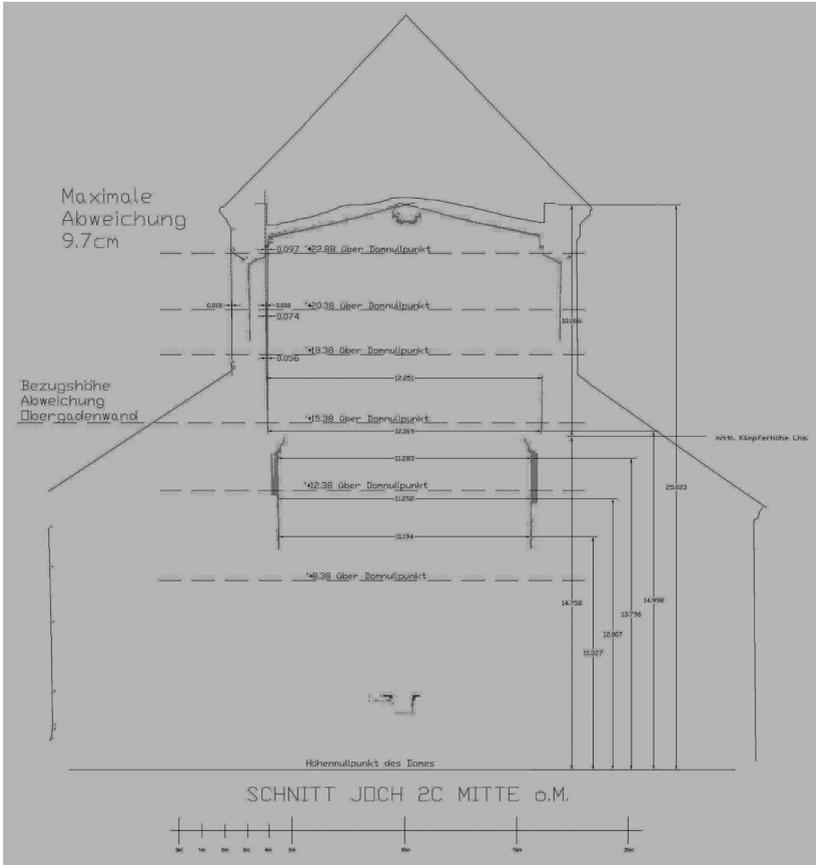


Abb. 10: Bamberger Dom, Joch 2, Schnitt nach Osten mit Ausweichen der Obergadenwände nach außen

Die Querschnitte durch die Gurtbögen und Joche, die sich aus dem Scan gewinnen lassen, zeigen, dass die Obergadenwände in den zwei östlichen Jochen, leicht und am dritten Gurtbogen stark um bis zu 20 cm von den Arkaden aus nach außen geneigt sind. Zudem variieren die Spannweiten der Gurtbögen der einzelnen östlichen Joche um bis zu einem halben Meter, wodurch die Grundrisse auf Kämpferhöhe der Gewölbe statt Quadrate verzogene Rechtecke bilden. Nach oben und nach Westen hin gehen die Obergadenwände immer weiter trichterförmig auf (Abb. 10 und 11).¹⁰

Zirkelschlag und Schalungsbrett – Gewölbebau am Bamberger Dom

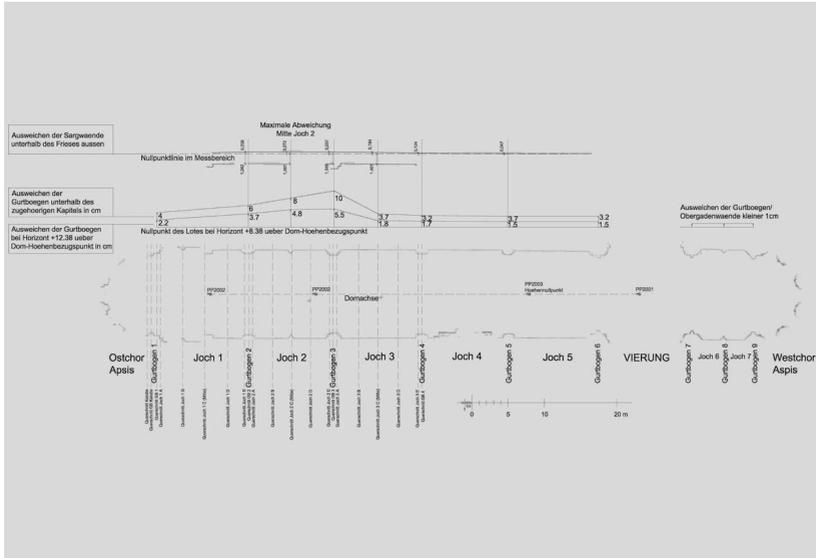


Abb. 11: Bamberger Dom, Grundriss auf Kämpferebene der Gewölbe mit Verformungsanalyse

Die geringe Abweichung der Bogenlinien der Gurtbögen von der Kreisform im Querschnitt um ca. 2 cm nach außen im unteren und nach innen im oberen Abschnitt kann mit der natürlichen Setzung der Bögen erklärt werden (Vgl. Abb. 7). Ein weiteres Absacken der Gewölbe lässt sich an keiner Stelle nachweisen. Die Höhenlinien der Gewölbekappen zeigen einen auffallend regelmäßigen Verlauf und geben keine Hinweise auf Risse oder nachträgliche Verformung. Weiterhin ist keine Neigung der Gewölbesysteme in Längsrichtung, beispielsweise nach Westen, zu erkennen. Alle Gurtbögen stehen genau senkrecht. Nur der Bogen der Kalotte des Ostchores, die offenbar zuerst gewölbt wurde, verschob sich durch den im Bauverlauf zunächst fehlenden Gegendruck nach Westen, was mit dem Gurtbogen des ersten Chorjoches wieder korrigiert wurde. Zusammenfassend kann man feststellen, dass alle Konstruktionsmaße der zwei ersten Jochgewölbe auf einen trapezförmigen Grundriss reagieren. Die Verformungen der äußeren Obergadenwände waren also bereits vor dem Einziehen der Gewölbe Anfang des 13. Jahrhunderts vorhanden, womit sich dringend die Frage nach den Ursachen stellt. Der horizontale Schub der heute noch vorhandenen mächtigen Gewölbe, den man als

erstes in Verdacht haben könnte, die Verformung der Obergadenwände zu verursachen, kommt nach dem vorher Gesagten nicht mehr in Frage, denn er hätte auch zu einem nach Westen zunehmenden Absinken der Scheitelpunkte und zur Verformung der Gewölbeflächen führen müssen, die sich jedoch nicht finden lassen. Im Gegenteil zeigen die heute erhaltenen Gewölbe eine hohe Präzision in wichtigen Einzelpunkten und es gibt keine Anzeichen für asymmetrische Setzungen oder spätere Veränderungen an den Rippen und Gewölben. Zudem belegt die Fuge zwischen Gewölbe und Obergadenwand im oberen Bereich, dass gerade hier kein Schub übertragen wird. Überdies stehen in den drei mittleren Jochen des Langhauses und denjenigen des Westchores die Obergadenwände gerade, obwohl die grundsätzlich gleiche Gewölbekonstruktion wie in den beiden Ostjochen verwendet wurde, und auch hier keine Strebebogengonstruktionen die Lasten nach außen abtragen.

Rekonstruktion des Planungs- und Baufortschritts

Die Befunde am Bauwerk lassen vorsichtige Rückschlüsse auf Planung, Maßvorgaben und Bauorganisation zu. Auch wenn Überlegungen zu den verwendeten Entwurfs- und Absteckverfahren grundsätzlich spekulativ bleiben, weil wir nicht wissen, ob Achs-, Binnen- oder Außenmaße vorgegeben wurden, fällt die Präzision einzelner Maße, wie etwa der Quadratabmessungen der Mittelschiffsjoche oder der Scheitelpunkte der Gurtbögen auf, und man kann wohl davon ausgehen, dass feste maßliche Vorgaben für die einzelnen Bauabschnitte vorlagen. Um den mittelalterlichen Bauprozess bei der Herstellung der Gewölbe nachzuvollziehen und damit einen Einblick in die Kultur- und Technikgeschichte zu gewinnen, wurde in studentischen Übungen an der Universität Bamberg 2007 und 2008 in rund 340 Arbeitsstunden ein Modell des zweiten östlichen Mittelschiffsjoches aus Holz, Keramiton, Hanf und Leim im Maßstab 1:25 gebaut (Abb. 12). Der Modellbau ist die beste Methode, um das Vorgehen der alten Baumeister nachzuvollziehen. Bei jedem Arbeitsschritt ist man mit ähnlichen Problemen konfrontiert. Durch den allmählichen Bau wird man aufmerksam auf die Spuren, die die mittelalterlichen Bauleute hinterlassen haben und kann wissenschaftlich verlässliche Rückschlüsse auf ihr Vorgehen ziehen.



Abb. 12: Bamberger Dom, Mittelschiff, 2. Joch von Osten. Modell des Kreuzrippengewölbes

Grundlage bildeten die genauen Vermessungsdaten aus dem Laserscan. Sie zeigen auch den genauen Steinschnitt der Gurtbögen mit sehr flachen, plattenartigen Formaten. Die Lage der Gurtbögen und ihrer Wandvorlagen waren bereits vorgegeben, als man an den Gewölbebau ging. Die trotz der unterschiedlich stark ausweichenden Joche doch jeweils exakt auf gleicher Höhe liegenden Scheitel der Gurtbögen und die Gewölbescheitel belegen eine genaue Vermessung und Ausmittlung in mehreren Schritten und die Kontrolle wichtiger Gesamtmaße. Die Bauleute, die die Gewölbe einzogen, waren sich offenbar der geometrischen Abweichungen bewusst und reagierten mit ihrem Entwurf darauf, so dass sie trotz der Unregelmäßigkeiten auf genau gleiche Scheitelhöhen kamen. Dies zeigt, dass die Verantwortlichen über sehr gute Kenntnisse beim Ausmitteln der Kreuzrippengewölbe verfügten und dass sie die unterschiedlichen Längen im Grundriss auf Kämpferebene vor der Planung vermessen haben müssen.

Für die Anlage von Joch 2 wurde offenbar auf Kämpferhöhe über den Kapitellplatten der reale Grundriss eingemessen. Dadurch, dass der östliche und westliche Gurtbogen des Joches unterschiedliche Spannweiten hatten (11,30m bzw. 10,87m), mussten jeweils zwei verschiedene Radien für die Spitzbögen gewählt werden, um auf die gleiche Scheitelhöhe zu gelangen (Abb. 13, hier a und b). Zusätzlich entfiel durch den trapezförmigen Grundriss einer der wichtigsten Vorteile der gotischen Kathedralbautechnik, nämlich derjenige der Systematisierung durch gleich große Bauteile. In der Konsequenz haben alle Rippen des Joches notwendig unterschiedliche Lauflängen und Radien. Das hatte zur Folge, dass für jeden Bogen eigene Lehrgerüste hergestellt werden mussten. Im Grundriss des Scans ist ein Knick im Verlauf der Diagonalrippen zu beobachten. Im unteren Teil folgen die Rippen der Diagonale des Grundrisstrapezes auf Kämpferhöhe. Dies spricht dafür, dass das untere Drittel der Bögen und Rippen mit einer einfachen, nicht tragenden Lehre frei aufgemauert wurden. Ohnehin mussten die unteren Teile der Gewölbetrichter in die schon bestehenden Außenwände eingebrochen werden und besonders gut mit ihnen verzahnt werden, damit die Lasten aus den Gewölben möglichst tief in die Wände eingeleitet werden konnten, da ja die Strebebogensysteme fehlten.

Zirkelschlag und Schalungsbrett – Gewölbebau am Bamberger Dom

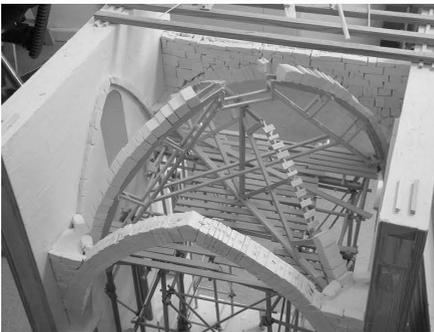
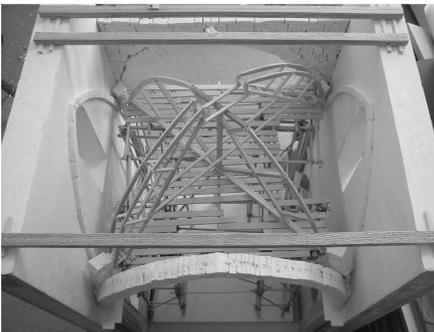
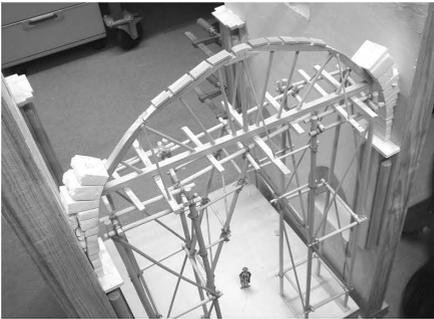


Abb. 13: Modellbau des Mittelschiff-Gewölbes des 2. Jochs von Osten (mehrere Abfolge-Fotos)

Wie Abweichungen nach circa einem Drittel des Rippenbogen-Verlaufs und die Verfüllungen der Gewölbetrichter sowie die Fugen zwischen den oberen Kappenteilen und den Schildwänden zeigen, wurde nur der obere Teil der Gewölbe über einem voll tragenden Lehrbogen gewölbt. Passstücke bei den Rippensteinen kurz vor den zumeist kreuzförmigen Schlusssteinen zeigen, dass erst eine, dann die zweite Diagonalrippe errichtet wurde. Daraus lässt sich ableiten, dass man für die Wölbung der oberen Bogenabschnitte der Diagonalrippen auf einer Plattform arbeitete, die durch Standgerüste gestützt wurde, und die eine flexible Stellung und Anpassung der Lehrbögen für jeden einzelnen Rippenstrang ermöglichte.¹¹ Die Form der Rippensteine mit einem spitzbogigen Wulst und breiten Rippenschultern spricht dafür, dass die Lehrbögen aus zwei dünnen Tragbögen bestanden, zwischen die die Steinblöcke gelebt wurden. Alternativ wäre eine einbogige Konstruktion mit Latten, auf denen Keile die Steine stützten (Vgl. Abb. 13c und e). Die Knicke der Rippen im Grundriss deuten an, dass sich solch eine Plattform nicht auf Kämpferhöhe, sondern etwa vier Meter höher befand. Dies hatte den Vorteil, dass nicht über die gesamte Spannweite der Bögen ein tragendes Gerüst gestellt werden musste, sondern nur für die oberen zwei Drittel. Die Höhe des Standgerüsts hätte dazu etwa 18 Meter betragen müssen. Solche Standgerüste mit ähnlichen Dimensionen wurden auch in den 1950er Jahren zur Wiederherstellung kriegszerstörter Kathedralen eingesetzt. Durch eine solche Zwischenebene ließe sich eine weitere Unregelmäßigkeit erklären, die im Scan abzulesen ist. (Vgl. Abb. 13d). Die südwestliche Diagonalrippe verläuft in den obersten 1,5 Metern steiler nach oben, um den Anschluss an den Schlussstein zu finden. Wie auch die Steinverteilung mit kleineren Flicksteinen in der südwestlichen und nordöstlichen Diagonalrippe belegen, wurde zunächst der südöstlich-nordwestlich verlaufende Rippenbogen mit dem Schlussstein errichtet. Durch das trichterförmige Aufgehen der Obergadenwände waren aber die Längen der Diagonalen auf dieser Höhe größer, als auf Kämpferebene. Da man diese als Ausgangspunkt für die geometrische Ausmittlung der Bögen nach dem Prinzipalbogenverfahren und für die Herstellung der Lehrbögen genommen hatte, kam es im oberen Teil der Bögen zu Abweichungen, die offenbar spontan auf der Baustelle ausgeglichen wurden, eben durch das steilere Ansteigen des Rippenbogens im letzten Stück. Diejenigen, die auf der Baustelle die Steine versetzten, waren im Rahmen der Vorgaben

frei, auftauchende Probleme auf ihre Art zu lösen und auch ihre Erfahrungen zur Verbesserung der Bautechnik einzusetzen. Dies wird an der Formgebung für die Gewölbekappen deutlich. Im Laserscan zeichnet sich die Lage der Bohlen ab, auf der die Schalen aus Tuffstein aufgemauert wurden. Der nur grob zugerichtete Bruchstein wurde auf einer vollflächig tragenden Bohlenschalung versetzt, auf der Unterseite verputzt und auf der Oberseite mit einem dünnen Kalk-Gips-Mörtel vergossen. Einzelne Bohlen waren von den Gurt- und Schildbögen aus auf die Rippen aufgelegt. Dabei stellte man die Bohlen nicht aufrecht auf die Lehrschalung für die Rippen, um ihnen größere Stabilität zu geben, sondern man legte sie flach auf die bereits aufgemauerten Rippenschultern auf, wodurch sich die starken Durchbiegungen auch der Gewölbeschalen insbesondere in den Bereichen weiter Spannung erklären.¹² Die Schalen der östlichen zwei Mittelschiffsgewölbe weisen im oberen Drittel, wo die Abstände zwischen den Schalungsauflegern mit um die fünf Meter am größten sind, Durchbiegungen von bis zu 0,12 m auf (Vgl. Abb. 9). Offenbar hatte man bei den Kappen der Ostchorgewölbe die Schalbretter nicht weiter unterstützt. Auch die Leitbohlen in den Scheitellinien waren zunächst offenbar sehr gering bemessen und bogen sich bis zu 0,12 m durch. Bei den westlich anschließenden Gewölben ist die Durchbiegung der Schalen auf bis zu 0,02 reduziert, hier ist also eine stärkere Unterstützung vorzusetzen. Da man im Mittelalter alle Bögen als Kreisbögen konstruierte und keine Ellipsen verwendete, sind die Hüllflächen zwischen den Schild- und Gurtbögen und den Diagonalrippen unregelmäßig und entsprechen nicht dem Ideal gerader oder steigender Spitztonnen. In den östlichen beiden Jochen war man sich dieses Problems offenbar nicht bewusst, sondern legte die Bohlen einfach im unteren Abschnitt des Gewölbes radial, im oberen rechtwinklig zur Außenwand. Dadurch wurden die Bretter nahe dem Scheitel sehr lang und das Gewicht der Kappen hat sie, wie die Scans zeigen, gehörig nach unten durchgebogen. Für die etwas später errichteten Gewölbe der westlichen Mittelschiffjoche korrigierte man diese Fehler, so dass dort keine größere Durchbiegungen mehr festzustellen sind. Zudem wählte man wesentlich flachere Scheitellinien und niedrigere Scheitelpunkte. Die Form der Gewölbeflächen erscheint wesentlich präziser. Beides zeigt, dass die mittelalterlichen Bauleute bei der Wölbung in den östlichen Jochen weniger Erfahrung besaßen und die Bautechnik im Baufortschritt zunehmend verfeinerten.

Bewertung und Bedeutung

Die Wechselvolle Geschichte der Wölbung des Mittelschiffs des Bamberger Doms im ersten Viertel des 13. Jahrhunderts und danach spiegelt einige der großen Themen dieser Zeit wider. Während die Forschung gerne auf die Modernität des schmalen querrrechteckigen Joches nach französischem Vorbild verweist, das größere Bauhöhen und Spannweiten zulässt, bleibt festzuhalten, dass das große quadratische Joch in Mitteleuropa seine Aktualität behält, und dass es den Bauherren so wichtig ist, dass sie dafür die größeren technischen Herausforderungen in Kauf nehmen. In Bamberg sind die an den Mittelschiffwänden ablesbaren Planwechsel bei der Errichtung des Ostchores steinerne Zeugnisse dafür, dass damals von den Beteiligten dieser Zusammenhang engagiert und auf der Höhe der Zeit diskutiert wurde. Angesichts der vielen ähnlichen Fälle wie beispielsweise dem Naumburger Dom darf die Bamberger Baugeschichte mit der Durchsetzung des quadratischen Mittelschiffjoches nicht zu einseitig auf die Übernahme von Elementen des Vorgängerbaus, des Heinrichsdomes, zurückgeführt werden.

Bei einigen Domen dieser Zeit behält man die Technik des Kreuzgratgewölbes bei, das eine vollständige tragfähige Schalung erfordert. Mit dem Rippengewölbe wird nicht nur ein lineares, strukturiertes Verständnis von Architektur umgesetzt, sondern man gewinnt auch die Möglichkeit, die Rippenbögen als Unterstützung für die Schalung der Gewölbeseigel zu nutzen, wie Conrad hervorhebt. Dazu werden die Rippen wie in Bamberg entsprechend groß dimensioniert.

Viele Beispiele, auch in Frankreich, zeigen, dass man um 1200 das sechsteilige Rippengewölbe für eine gute Möglichkeit hielt, die einzelnen zu überspannenden Flächen der Gewölbe und damit die Spannweite der Schalung möglichst klein zu halten. Allerdings folgt daraus die Notwendigkeit zur Einführung von Zwischendiensten, für die mehr oder weniger überzeugende Lösungen entwickelt werden, und die in Konsequenz zur schmalen Arkadenreihe führen. In Bamberg hat man diese Lösung zunächst gewählt, traute sich aber nach der Wölbung des ersten sechsteiligen Gewölbes um oder nach 1208 die reduzierte Rippenanzahl des zweiten Joches mit den deutlich größeren Abständen zwischen den Rippen zu. Die großen Durchbiegungen der Schalung im zweiten Joch zeigen, dass man damit an die Grenzen des Machbaren ging. Wer aufgrund der gravierenden Unregelmäßigkeiten am Bau auf mangelnde Erfahrung

der Baumeister schließt und annimmt, diese hätten den Gewölbebau mit Rippen nach der neuen gotischen Methode noch nicht beherrscht, wird ihrer Leistung nicht gerecht. Die Planänderungen und das Ausweichen der Obergadenwände machten eine serielle Produktion oder die Wiederverwendung von Schalungen unmöglich. Für jeden einzelnen Bogen mussten neue Lösungen entwickelt werden. Die präzise Vermessung der bereits errichteten Baustrukturen, die Ausmittlung der Gewölberippen über asymmetrisch verzogenem Grundriss und schließlich die auf den Zentimeter genau erreichte gleiche Scheitelhöhe der Gurtbögen, die ein Verständnis auch der Setzungsprozesse voraussetzt, gehören zu den großen Leistungen des Abstraktionsvermögens und der Planungskompetenz mittelalterlicher Baumeister. Dass man innerhalb weniger Jahrzehnte die Grundmaße veränderte und schließlich nach 1227 bei den westlich anschließenden Mittelschiffgewölben flachere Steigungswinkel und fast vollständig gerade Scheitellinien erreichte, zeigt die Lernbereitschaft und den verfahrenstechnischen Fortschritt der Ausführenden. Die Diskrepanz zwischen sehr genau eingehaltenen Gesamtmaßen, die sicherlich von einem privilegierten Personenkreis festgelegt und auch am Bau kontrolliert wurden, und durchaus beachtlichen Abweichungen an anderen Stellen, spricht für eine für das Mittelalter typische soziale Differenzierung der am Bau Beteiligten.¹³ Insofern müssen die ersten Gewölbe des Bamberger Doms als echte „High-Tech“-Produkte ihrer Zeit gewürdigt werden. Vergleiche lassen sich etwa mit Magdeburg ziehen, wo der Chor vermutlich vor 1249 ebenfalls über quadratischen Jochen gewölbt wurde.

Die bauforscherische Analyse der Neuvermessung wirft hinsichtlich der frühen Baugeschichte des Doms eine Frage wieder auf, die bereits als geklärt vorausgesetzt wurde. Wenn das heute noch vorhandene Gewölbe nicht die Ursache für das Ausweichen der Obergadenwände in den östlichen Mittelschiffjochen ist, dann muss man annehmen, dass es in Abweichung von der bisherigen Rekonstruktion des Baufortschritts eine Zwischenphase mit frei stehenden Obergadenwandabschnitten gab, in der die Verformung stattfand, vielleicht verursacht durch einen eingestürzten Gurtbogen (Abb. 14). Wie wichtig diese Überlegungen für die Beurteilung der statischen Zusammenhänge am heutigen Bauwerk und damit für die technische Gebäudeinstandhaltung sind, wird deutlich, wenn man sich klar macht, dass aufgrund der nun als falsch erwiesenen An-

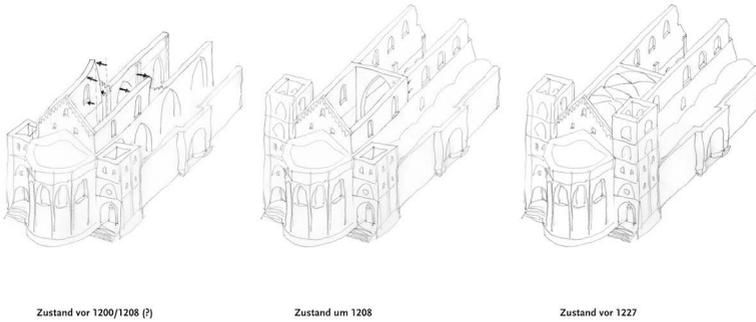


Abb. 14: Bamberger Dom, Rekonstruktion der Bauzustände um 1200
nahme, die Gewölbe der östlichen Mittelschiffjoche würden die Obergadenwände nach außen schieben, bereits spektakuläre und teure Ertüchtigungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Nachdem man Anfang des 18. Jahrhunderts Rissen in den östlichen Obergadenwänden beobachtet hatte und 1744-47 bereits das schadhaft mittelalterliche Dachwerk durch das heutige ersetzt hatte, beauftragte das Domkapitel Franz Ignaz Michael Neumann mit der Sanierung der nach wie vor bestehenden Schäden. Er setzte eine spektakuläre, bereits am Speyrer Dom erprobte Technik ein, bei der Eisenanker in die Mauerkronen eingebracht wurden, die nach innen über große kreuzförmige Zangen im Dachwerk aufgehängt wurden. So nützlich diese Maßnahme möglicherweise für die Anbindung des Ostchores an die Türme und die Langhauswände gewesen sein mag, auf die Statik der Mittelschiffgewölbe hatte sie wohl keinerlei Auswirkung. Auf den barocken Zugeisen, die noch heute den Dachraum durchstoßen, ist keine Last, und es gibt keine aktuellen Hinweise auf Schäden an den Obergadenwänden durch Gewölbeschub.

Die Auswertung der neuen Vermessungsdaten und die Beobachtung von Verformungen und Details der Gewölbekonstruktionen insbesondere der östlichen Joche führt zu einer Neubewertung des Tragverhaltens der erhaltenen Konstruktionen und der Sanierungsmaßnahmen des 18. Jahrhunderts. Die Bamberger Mittelschiffgewölbe und die sie vorbereitenden Gliederungen in ihrem hervorragenden Erhaltungszustand erlauben einen tiefen Einblick in die Baukultur in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts. Sie geben ein anschauliches und lebendiges Zeugnis, wie engagiert die gestalterischen und konstruktiven Fragen von den Zeitgenossen dis-

kutiert wurden, wie man aus Fehlern lernte und sich um Verbesserungen bemühte, und schließlich, auf welchem hohem technischen und organisatorischen Niveau die Herausforderungen des Gewölbebaus im Mittelalter gemeistert wurden.

Anmerkungen

1 Insgesamt fehlt erstaunlicherweise eine Bearbeitung und Bewertung der erhaltenen Rippengewölbe der zweiten Hälfte des 12. und des ersten Viertels des 13. Jahrhunderts im deutschsprachigen Raum, die zu Vergleichszwecken herangezogen werden könnten. Bei dem Überblick von Norbert Nußbaum/Sabine Lepsky, *Das gotische Gewölbe*. München 1999 sowie bei technisch orientierten Darstellungen wie Dietrich Conrad, *Kirchenbau im Mittelalter*. 5. Aufl. Leipzig 2009 stehen wenige, für die Entwicklung wichtige Bauten im Vordergrund. Wo auf Befunde zu allgemeinen Handwerkstechniken und zeittypischen Verfahren verwiesen wird, wurden sie vornehmlich an französischen oder englischen Beispielen beobachtet. Matthias Untermann, *Handbuch der mittelalterlichen Architektur*. Darmstadt 2009 listet zwar mitteleuropäische Gewölbe des Mittelalters auf, hier fehlen aber die bautechnischen Details zu den Einzelbeispielen. Manche Autoren stützen sich bei der Rekonstruktion des Bauablaufs und der Hilfsgerüste immer noch auf J. Fitchen, *Mit Leiter Strick und Winde: Bauen vor dem Maschinenzeitalter*. Basel, Boston, Berlin 1988, dessen effektive Lösungen in vielen Fällen inzwischen durch Baubefunde aus dem Mittelalter korrigiert werden müssen bzw. widerlegt sind

2 Vgl. Dethard von Winterfeld, *Der Bamberger Dom*. Regensburg 1979, Christian Dümler, *Der Bamberger Kaiserdom*. Bamberg 2005, aber auch Norbert Jung / Wolfgang F. Reddig, (Hrsg.), *1000 Jahre Kaiserdom Bamberg. Dem Himmel entgegen*. Petersberg 2012, auch Achim Hubel, *Überlegungen zum Bamberger Dom*. Studien zur Bau- und Restaurierungsgeschichte sowie zu den Skulpturen. In: *Forschungsforum Mittelalterstudien*, Bamberg 2001, S. 74-79..

3 Zur Bautechnik des Bamberger Doms vgl. grundlegend Winterfeld 1979, Band II, passim und Manfred Schuller, *Das Fürstenportal des Bamberger Domes*, Bamberg 1993, bes. S. 47-58, sowie zuletzt Stefan Breitling, *Bautechnische Beobachtungen am Mauerwerk*. In: *Bayerisches Landesdenkmalamt (Hrsg.): Die Kunstdenkmäler von Bayern, Stadt Bamberg, Band 2.1, Domstift*, München 2014.

4 Vgl. Günther Binding, *Bauen im Mittelalter*. Darmstadt 2010.

5 Winterfeld 1979, bes. S. 65, 115, 141, 151, 160, Abb. 398, 407.

6 Manfred Schuller, *Eine Brandkatastrophe und ihre späten Folgen. Die barocken Sanierungsarbeiten am Bamberger Dom*. In: *Hortulus Floridus Bambergensis. Studien zur fränkischen Kunst- und Kulturgeschichte*. Renate Baumgär-

tel-Fleischmann zum 4. Mai 2004, hrsg. von Werner Taegert, Petersberg 2004, S. 43-62.

7 Otto-Friedrich-Universität Bamberg in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Hochbaumat Bamberg, unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling und Prof. Dr. Rainer Drewello, Leitende Mitarbeiter Jürgen Giese M. A. und Dipl.-Ing. (FH) Nils Wetter M. A., großzügig gefördert durch die Oberfrankenstiftung 2010-2013. Mitarbeiter der vorbereitenden Kampagne 2007 waren Christine Engler, Jan Fuhrmann, Johanna Mähner, Nina Marschler, Bettina Rheingans, Christian Schalk und Christian Schmidt. Verwendet wurde der Scanner Leica HDS 3000.

8 Winterfeld: Dom II, 1979, S. 65, 115, 141, 151, 160, Abb. 398, 407.

9 Winterfeld: Dom II, 1979.

10 Winterfeld: Dom II, 1979, S. 16, Anm. 69.

11 Vgl. die Darstellungen bei Fitchen, der auf deutlich systematischere, aber weniger praxistaugliche Lösungen abhebt.

12 Vgl. die abweichenden Annahmen bei Conrad 2009, Abb. S. 234 oder auch Fitchen.

13 Vgl. Conrad, S. 85 ff.

Abbildungsnachweis

Abb. 1 Breitling 2006.

Abb. 2 Breitling 2007.

Abb. 3 Stefan Breitling, Christian Schalk, Uni Bamberg 2007.

Abb. 4 Christian Schalk, Jan Fuhrmann, Uni Bamberg 2007.

Abb. 5 Schalk, Fuhrmann, Scharf, Wittek, Rehm, Uni Bamberg 2008.

Abb. 6 Christian Schalk, Uni Bamberg 2007 / Breitling 2012.

Abb. 7 Bamberger Dom, Mittelschiff, 2. Joch von Osten. Gurtbögen 2 und 3. Christian Schalk, Uni Bamberg 2007.

Abb. 8 Nils Wetter, Greta Kröck 2012.

Abb. 9 Jan Fuhrmann, Uni Bamberg 2007.

Abb. 10 Christian Schalk 2007.

Abb. 11 Stefan Breitling, Christian Schalk, Uni Bamberg 2008.

Abb. 12 Modell: Uni Bamberg 2007. Foto: Breitling 2008.

Abb. 13 Studenten der Otto-Friedrich-Universität Bamberg unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling 2008.

Abb. 14 Breitling 2008.