

BEOBSACHTUNGEN ZU GEWÖLBETECHNISCHEN INNOVATIONEN AN DER ABTEIKIRCHE IN TOURNUS (II. JAHRHUNDERT)

Zusammenfassung

Die ehemalige Abteikirche von Tournus (Saône-et-Loire) in Burgund ist eines der wichtigsten und besterhaltenen monumentalen Bauwerke des 11. Jahrhunderts. Breiten Kreisen ist die Kirche bekannt durch die singuläre Wölbung des Mittelschiffs mit quer zur Raumachse orientierten Tonnengewölben. Die Kirche ist jedoch vollständig gewölbt und zeigt einen virtuellen Umgang mit Tonnen- und Kreuzgewölben; sie ist damit eines der Initialwerke der Wölbkunst der Nachantike. Während die Baugeschichte und auch die Konstruktion der Abteikirche schon vielfach untersucht worden sind, liegen bisher keine maßgenauen Aufnahmen der Gewölbe und daraus abgeleiteten Hypothesen zum Planungs- und Bauvorgang vor. Der vorliegende Beitrag wendet sich diesem Desiderat zu und untersucht die Gewölbe von Tournus auf Grundlage eines genauen Laserscans, welcher von den Autoren im Jahr 2021 durchgeführt wurde. Dabei zeigt sich, dass die Tonnen- und Kreuzgewölbe mit unterschiedlicher Rüst- und Schalungstechnik erbaut worden sind.

Abstract

The former abbey church of Tournus (Saône-et-Loire) in Burgundy is one of the most important and best conserved monuments of 11th century architecture. It enjoys considerable popularity due to its unique vaulting system in the nave, employing transversally oriented barrel vaults. However, the whole building is entirely vaulted and thus marks a major step in the revival of vaulting after ancient Roman times. The vaulting system shows an elaborate combination of barrel and groin vaults, which have never been studied on the base of precise measurements so far, notwithstanding the extensive literature dealing with the building history and technology of the former abbey church. The present paper delves into the analysis of the design and technology of the vaults of Tournus, starting from a precise laser scan done by the authors in 2021. It turns out that distinctly different strategies were chosen for the barrel and groin vaults.

Die Abteikirche von Tournus und die Forschungsgeschichte

Die Mönchsgemeinschaft der Abtei Tournus wurde 677 durch den Heiligen Philibert, der zuvor auch das Kloster Jumièges in der Normandie ins Leben gerufen hatte, auf der Insel Noirmoutier im Golf von Biskaya gegründet. Die Mönche konnten sich allerdings auf dieser vermeintlich abgeschiedenen Insel nicht allzu lange der Ruhe erfreuen: Wiederholte Überfälle durch die Normannen zwangen sie dazu, das Kloster 836 in die schwer zugänglichen Sümpfe von Déas auf dem nahe gelegenen Festland zu verlegen (heute Saint-Philibert-de-Grandlieu, Dép. Loire-Atlantique), wobei sie die Reliquien des Konventsgründers mit sich nahmen. Die vermeintliche Sicherheit im Sumpf von Déas erwies sich ebenfalls als trügerisch, sodass der Konvent mit seiner Reliquie erst nach mehreren Zwischenstationen, unter anderem in der Auvergne, im Jahre 875 durch eine Schenkung Karls des Kahlen (823–877) schließlich in den Gebäuden eines aufgegebenen Klosters an der Grabstätte des spätantiken Märtyrers Valerianus in Tournus eine dauerhafte Heimstatt fand. Hier existierte das Kloster trotz weiterer Probleme, zum Beispiel einem Ungarneinfall 937 mit Brandschatzung, bis zu seiner Umwandlung in ein Kollegiatstift 1627. 1785 fiel dieses der Französischen Revolution zum Opfer und die Kirche wurde profaniert. Seit 1802 dient die erneut geweihte ehemalige Abtei-, Grabes- und Wallfahrtskirche der Heiligen Philibert und Valerian nunmehr als Pfarrkirche der Stadt Tournus. 1841 wurde sie unter Denkmalschutz gestellt und wenig später eingreifend durch Questel restauriert, wobei es besonders im Umgangschor und an den Vierungspfählen zu stärkeren Eingriffen kam.¹

Die Abteikirche hat einen doppelstöckigen Westbau, der sich dem Besucher mit einer Doppelturmfront zuwendet. Im Erdgeschoss enthält der Westbau eine dreijochige, dreischiffige, gewölbte Halle, die den Zugang zum Langhaus der Kirche vermittelt. Im Obergeschoss darüber findet sich eine basilikale ›Oberkirche‹, die ebenfalls über drei Joche verfügt. Sie besitzt ein überhöhtes, durch einen Obergaden belichtetes Mittelschiff, das durch eine Längstonne gewölbt ist. Die Seitenschiffe stützen das Mittelschiff mithilfe viertelkreisförmiger, strebebogenartig geführter Halbtonnen. An den Westbau schließt sich das fast hallenartig hohe, dreischiffige und fünfjochige Langhaus an, dessen Breite jene des Westbaus übersteigt. Über hohen, aus kleinen Werksteinen gemauerten Rundpfeilern, wie sie auch im Westbau vorhanden sind, erhebt sich das basilikal überhöhte, hell beleuchtete Mittelschiff, das mit quer zur Raumachse ausgerichteten, auf Schwibbögen ruhenden Tonnengewölben überdeckt ist. Die singuläre Wölbung des Mittelschiffs mit diesen Quertonnen – in Burgund nur in Mont-Saint-Vincent, Dép. Saône-et-Loire,

¹ Eine sehr gute Zusammenfassung der Geschichte der Abtei findet sich in: Henriët, Jacques: *Saint-Philibert de Tournus. Histoire – Critique d'authenticité – Étude archéologique du chevet (1009-1019)*. In: *Bulletin Monumental* 148 (1990), H. 3, S. 229–316.



Abb. 1 Tournus, Saint-Philibert, Längsschnitt mit Blickrichtung Norden

wiederholt – hat den eigentlichen Ruhm der Kirche begründet. In den Seitenschiffen des Langhauses finden sich Kreuzgratgewölbe. Über ein ausladendes tonnengewölbtes Querschiff mit zwei östlichen Nebenapsiden und hemisphärischer Vierungskuppel auf Trompen schließt sich die Ostpartie der Kirche an, die über einen der frühesten bekannten Umgangschöre mit fünf Radialkapellen verfügt. Unter der Ostpartie erstreckt sich eine Krypta mit dreischiffiger Halle, die ebenfalls durch einen Umgang mit Radialkapellen umzogen wird.

Die ehemalige Abteikirche Saint-Philibert ist ein herausragendes Denkmal der Monumentalbaukunst des 11. Jahrhunderts (Abb. 1). Sie hat daher schon lange im Fokus diverser architekturgeschichtlicher Veröffentlichungen gestanden. Allerdings blieben viele Beiträge zur Abteikirche recht oberflächlich, bis schließlich ihre Baugeschichte, für die nur wenige archivalische Quellen zur Verfügung stehen, in den wesentlichen Grundzügen anhand von genauen Beobachtungen am Bau in den 1990er-Jahren durch den eminenten Bauforscher

Jacques Henriet (1924–2002) aufgeklärt werden konnte.² Henriets Deutung der Baugeschichte hat bis heute Bestand: Die Abteikirche des 10. Jahrhunderts fiel einem archivalisch belegten Brand 1007 oder 1008 zum Opfer. Vermutlich konnte dabei allerdings das Langhaus gerettet und provisorisch wieder für die sakrale Nutzung hergerichtet werden. Man begann sodann relativ zügig mit dem Neubau der Ostteile. Henriet bringt eine archivalisch überlieferte Kirchweihe 1019 mit der Fertigstellung dieser neuen Ostteile in Verbindung,³ während neuere Forscher um das Datum eher den Beginn der Neubautätigkeit sehen wollen.⁴ Nach heute weitgehend unbestrittener Forschungsmeinung entstanden nachfolgend der heutige doppelstöckige Westbau und große Teile des Langhauses im Zeitraum zwischen 1020 und 1050, während sich die Fertigstellung des Langhauses in einem langsamen Prozess bis ins Ende des 11. Jahrhunderts hingezogen haben soll, insbesondere die Herstellung der Quertonnen im Mittelschiff. Der Westbau wäre demnach freistehend vor der noch vorhandenen Westfassade des Vorgängerbaus errichtet worden, vielleicht sogar schon gleichzeitig mit dem Bau der neuen Ostteile. Das Langhaus hingegen baute man rings um das weiter bestehende Langhaus der Vorgängerkirche herum, bis dieses schließlich im zweiten Drittel des 11. Jahrhunderts zugunsten der Vollendung des neuen Langhauses abgebrochen werden musste. Die bauforscherisch und historisch begründete Datierung des Westbaus konnte in den 1990er-Jahren durch eine dendrochronologische Altersbestimmung der drei in dessen Obergeschoss verbauten hölzernen Anker gefestigt werden.⁵ Im 12. Jahrhundert kamen noch eine radikale Überarbeitung des Querschiffes, der Neubau eines hohen Vierungsturms und

2 Henriet 1990 (Anm. 1); ders.: *Saint-Philbert de Tournus. L'œuvre du second maître, la galilée et la nef*. In: Bulletin Monumental 150 (1992), H. 2, S. 101–164. Die beiden inzwischen schon klassisch zu nennenden Beiträge Henriets wurden, ergänzt durch einen posthum erstmals gedruckten Vortrag, durch eine Zusammenfassung neuerer Erkenntnisse und mit einer aktualisierten Bibliografie von Éliane Vergnolle als Monografie herausgegeben unter dem Titel: Henriet, Jacques: *Saint-Philibert de Tournus. L'abbatiale du XI^e siècle* (Supplément au Bulletin Monumental 2). Paris 2008. Eine sehr sorgfältige Analyse der Bauphasen der Abteikirche legte auch Benjamin Saint-Jean Vitus vor, zuletzt zusammenfassend in seiner Dissertation: Saint-Jean Vitus, Benjamin: *Tournus. Le castrum, l'abbaye, la ville. XI^e–XIV^e siècles et prémices*. Dissertation Université Lumière Lyon 2, 2006. Ohne die Arbeiten von Saint-Jean Vitus zu zitieren, deren Erkenntnisse schon 2000 in einem Kolloquium zu Tournus der Öffentlichkeit vorgestellt worden waren, veröffentlichte der amerikanische Kunsthistoriker C. Edson Armi 2001 einen Beitrag, in dem dieselben Baubeobachtungen wiedergegeben wurden: Armi, C. Edson: *The nave of Saint-Philibert at Tournus*. In: Journal of the Society of Architectural Historians 60 (2001), H. 1, S. 46–67. Auch in einer späteren Monografie kam C. E. Armi nochmals auf diese Beobachtungen zurück: ders.: *Design and construction in romanesque architecture. First romanesque architecture and the pointed arch in Burgundy and Northern Italy*. Cambridge 2004.

3 Henriet 1990 (Anm. 1), passim, besonders S. 239.

4 Saint-Jean Vitus 2006 (Anm. 2), S. 118: »L'ensemble oriental de l'actuelle église abbatiale, commencé dans le meilleur des cas, peu avant la dédicace de 1019, aura donc été élevé pour l'essentiel, au début des années 1020.« Armi 2001 (Anm. 2), S. 48, möchte den Umgangsschor mit Krypta und das Erdgeschoss des Westbaus hingegen sogar in die Zeit vor dem Brand 1007/1008 rücken, eine Einzelmeinung, die keinen Anklang bei der übrigen Forschung gefunden hat.

5 Dazu Saint-Jean Vitus 2006 (Anm. 2), S. 149–152, und Henriet 2008 (Anm. 2), S. 151–153. Der letzte vorhandene Jahrring wurde 1002 datiert, wobei die Anzahl fehlender Jahrringe von den Dendrochronologen (Laboratoire de Chrono-écologie, C.N.R.S., Besançon) mit 10 bis 40 abgeschätzt wurde.

eine Aufstockung des nördlichen Turms des Westbaus hinzu. Abgesehen von teils eingreifenden Restaurierungen des 19. und frühen 20. Jahrhunderts präsentiert sich die Kirche heute materiell in großen Zügen noch in der Bausubstanz der Erbauungszeit. Allerdings ist im gesamten Bau der Putz verloren gegangen, der bauzeitlich das Bruchstein- und Kleinquadermauerwerk des 11. Jahrhunderts innen und außen bedeckt hatte.

Die Gewölbe der Abteikirche

Die Abteikirche von Tournus ist einer der frühesten nachantiken, komplett gewölbten Monumentalbauten. Von der Krypta bis zum Obergeschoss des Westbaus, von den Seitenschiffen bis zum hohen Mittelschiff sind alle Bauteile gewölbt. Der Entwurf der Kirche geht offenbar auf ein einheitliches Konzept aus dem ersten Drittel des 11. Jahrhunderts zurück. Somit ist der Bau eines der interessantesten frühen Zeugnisse der mittelalterlichen Wölbkunst überhaupt. Jedoch sind die Gewölbe bisher noch nie exakt in ihrer Geometrie und den noch ablesbaren Spuren der Herstellungstechnik untersucht worden.⁶

Auf der Grundlage eines präzisen Laserscans, welcher im Jahr 2021 von den Autoren gemacht wurde, können die Gewölbegeometrien genauestens analysiert werden. An die Gewölbeschnittlinien entlang der Kreuzgrate, Kappenansätzen und Gurtbögen wurden mit der Methode der kleinsten Quadrate Kreisbögen angepasst. So lassen sich die Entwurfsparameter und die Positionen der entsprechenden Lehrbögen identifizieren. Mittels ähnlicher Verfahren im dreidimensionalen Raum (Anpassung von idealen Flächen an die realen Kappenflächen)

Damit ergibt sich durch die Verwendung vermutlich schlagfrischen Holzes ein Fenster für die Datierung der Wölbung des Westbaus zwischen 1012 und 1042. Aus Beobachtungen am Bau wurde weiter geschlossen, dass die Einwölbung des Langhauses, insbesondere im Mittelschiff, erst nach diesem Zeitpunkt erfolgt sein kann. Für die Annahme einer sich dann fast ein halbes Jahrhundert dahinschleppenden Fertigstellung der Quertonnen im Langhaus können allerdings weder Henriet 1994 (Anm. 2) noch Saint-Jean Vitus 2006 (Anm. 2) überzeugende Argumente anführen, zumal beide davon ausgehen, dass Westbau und Langhaus von denselben Meistern nach denselben Prinzipien und mit ähnlicher, allmählich sich fortentwickelnder Bautechnik ausgeführt worden sind. Da nach Abriss des alten Langhauses die schnellstmögliche Herstellung der Benützbarkeit des neuen Langhauses oberste Priorität gehabt haben muss, erscheint das bis 1100 ausgedehnte Zeitfenster für dessen Einwölbung (Saint-Jean Vitus 2006 [Anm. 2], S. 182) wenig plausibel. Aus späteren Beispielen wissen wir, dass es keine 50 Jahre dauert, um fünf Tonnengewölbe zu bauen.

6 Armi 2004 (Anm. 2), S. 49–55 und S. 95–104, stellt ohne Vermessung Beobachtungen an den Gewölben von Tournus an. Insgesamt beruht das Buch C. E. Armis vor allem auf zwei Beobachtungen: a) Kreuzgewölbe mit kreisförmig geführten Kreuzgraten benötigen überhöhte Schild- und Gurtkappen, wenn ein horizontaler Gewölbescheitel gewünscht ist; b) die Gewölbeanfänger von Kreuzgewölben werden massiv ausgemauert, in Art eines ›Tas-de-Charge‹, während nur die oberen Teile der Kappen als Schale gemauert sind. Aus diesen korrekten Feststellungen werden sodann weitreichende Hypothesen zu einem paneuropäischen ›Premier Art Roman‹, zur Herkunft verschiedener Meister aus Nordfrankreich, der Lombardei oder Katalonien angestellt. Außerdem wird versucht, von den überhöhten Schildkappen eine Beziehung zu den spitzbogigen Gewölben der Gotik herzustellen. In der weiteren Forschung sind die Thesen C. E. Armis nicht auf Anerkennung gestoßen.

können Unterschiede zwischen Real- und Idealgeometrie der Gewölbeinnenfläche aufgezeigt und Spuren der Schalungsbretter sichtbar gemacht werden.

Die Krypta

Die Krypta weist sehr grobe Schalungsspuren auf und war offenbar ein Ort des Experimentierens mit Gewölbetechnik. Man kann annehmen, dass die Erkenntnisse daraus in den Bau der restlichen Gewölbe der Kirche eingeflossen sind. Eine detaillierte Analyse der Krypta-gewölbe würde den Umfang dieser Publikation überschreiten, eine kurze Beschreibung soll aber zeigen, dass die Konstruktion klare Unterschiede zum Rest der Kirche aufweist und überhaupt einzigartigen Charakter hat.

In der Krypta gibt es sowohl Tonnen- als auch Kreuzgratgewölbe, wobei die Konstruktionsweise beider von jener des Westbaus und Langhauses abweicht. Die Tonnengewölbe wurden zwar auf kurzen Schalungsbrettern erstellt, deren Größe variiert jedoch viel stärker als im Rest der Kirche. Zudem wurden die Bretter zumeist schuppenförmig überlappend verlegt, sodass das Ende eines Bretts jeweils auf dem vorhergehenden Brett aufliegt. Dadurch mussten die Bretter nicht präzise zugeschnitten werden. Die Kreuzgratgewölbe sind als Längstonnen mit Stichkappen ausgeführt. Es wurden keine Lehrbögen unter den Diagonalen verwendet, sondern die abgeschrägten Schalungsbretter der Stichkappen direkt auf die Schalung der Längszone aufgelegt (Abb. 2). Die kurzen Schalungsbretter wurden wohl durch Spalten kurzer Holzscheite mit dem Beil erstellt. Die raue Oberfläche der Schalung und folglich der Gewölbeinnenflächen könnte eine bessere Haftung des Putzes sichergestellt haben, von welchem jedoch kaum noch Spuren zu sehen sind.



Abb. 2 Tournus, Saint-Philibert, Gewölbeaufsicht eines Kreuzgewölbes der zentralen Halle der Krypta (links) und des Tonnengewölbes des Umgangs (rechts), die Schalungsspuren wurden durch digitale Analysen hervorgehoben



Abb. 3 Tournus, Saint-Philibert, Erdgeschoss des Westbaus mit Blickrichtung Osten

Die Kreuzgratgewölbe des Westbaus

Eine der interessantesten Komponenten ist die dreijochige Erdgeschosshalle des Westbaus, über der sich die basilikale Oberkirche erhebt. In den Seitenschiffen dienen sechs Quertonnen als Widerlager für die Gewölbe des Mittelschiffs, welche als Kreuzgratgewölbe ausgeführt wurden (Abb. 3). Im Gegensatz zur Krypta weisen diese Gewölbe eine relativ große Spannweite von bis zu 5,80 Metern auf. Die Kreuzgratgewölbe des Westbaus ruhen auf massiven zylindrischen Steinpfeilern (im Durchschnitt 1,65 Meter) und haben sich dank der Auflast des Obergeschosses kaum verformt (Abb. 7). Dies macht sie zu einem aufschlussreichen Objekt, um ursprüngliche Entwurfsparameter und Bautechniken zu untersuchen.

Die Jochbereiche des Mittelschiffs werden durch steinerne halbkreisförmige Gurtbögen (orange in Abb. 4) voneinander und von den Seitenschiffen getrennt.⁷ Die Bögen sind jedoch leicht gestelzt, das heißt die Mittelpunkte der Halbkreissegmente liegen über der Oberkante der runden Pfeiler beziehungsweise dem Gewölbeansatz (Abb. 4: 0,11 und 0,17 Meter für die Bögen in Längsrichtung, 0,55 Meter in Querrichtung). Die untersten Gewölbeteile, die zwischen Pfeileroberkante und dem Beginn der Halbkreissegmente liegen, wurden mit

⁷ Sie sind also keine »pointed arches«, wie von Armi 2004 (Anm. 2) behauptet.

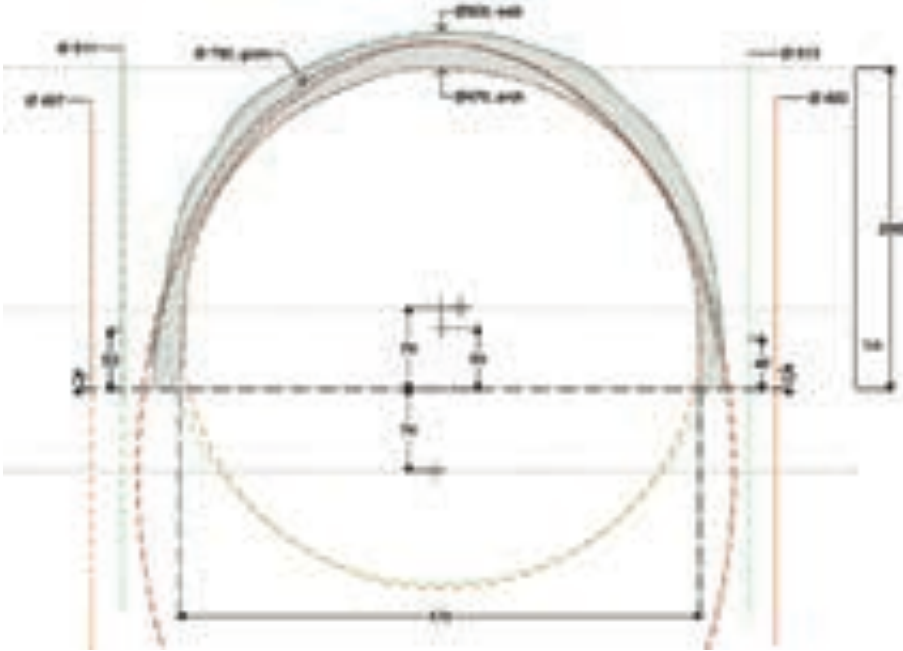


Abb. 4 Tourneus, Saint-Philibert, Gewölbequerschnitt des zweiten Jochs der Erdgeschosshalle mit Entwurfsparametern, Maßangaben in Zentimeter

wahrscheinlich freihändig gemauertem, sehr leicht auskragendem Mauerwerk gefertigt. Die in Längsrichtung verlaufenden Gurtbögen haben verschlossene Balkenlöcher knapp über ihren Fußpunkten. Diese sind bei den Bögen in Querrichtung nicht zu finden. Es liegt daher nahe, die Balkenlöcher nicht als Rüstlöcher zu interpretieren, sondern als Zeugnisse ehemals vorhandener Ankerbalken⁸. Offenbar wurden die vier begrenzenden Gurt- respektive Scheid- oder Schildbögen (im Durchschnitt 4,70 beziehungsweise 4,95 Meter) zunächst in jedem Gewölbejoch auf einem Gerüst ausgeführt und erst dann die Gewölbe in die auf diese Weise gebildeten quadratischen Felder eingefügt.⁹ Die Konturen der eigentlichen Gewölbekappen (das heißt an den Stellen, an denen sie auf die Begrenzungsbögen stoßen; grün in Abb. 4; im Durchschnitt 5,00 und 5,15 Meter in Quer- beziehungsweise Längsrichtung) stimmen in ihrer Form nicht mit den Bogenrücken der Begrenzungsbögen überein. Dadurch erscheint der sichtbare Teil der Gurtbögen sichelartig (graue Fläche in Abb. 4). An einigen Stellen reicht das Gewölbe über den Scheitelpunkt des Bogens hinaus, wodurch eine schmale Lücke

⁸ Der Schub in Querrichtung der Kreuzgratgewölbe kann von den Quertonnen der Seitenschiffe aufgenommen werden. Längs war jedoch wegen fehlender östlicher Widerlager eine Verspannung erforderlich.

⁹ Dies auch schon so beobachtet von Armi 2004 (Anm. 2), S. 49.



Abb. 5 Tournus, Saint-Philibert, genordete Aufsicht des 2. Jochs der Erdgeschosshalle mit Geometrie der Randbögen (links) und einer Diagonalen (oben rechts), maximale Abweichung 0,11 Meter; und Aufsicht mit Isolinien (unten rechts)

entsteht, die mit kleineren Steinen gefüllt ist. All dies impliziert eine Bautechnik, bei der die vier zuvor erstellten Begrenzungsbögen, die das Gewölbejoch umschließen, nicht als Stützen für die Schalung der Gewölbekappen verwendet wurden, sondern die Gewölbe auf einem eigens in das Gewölbejoch eingestellten Lehrgerüst errichtet wurden.¹⁰

Die Kreuzgrate (rot in Abb. 4, hier elliptisch, da nicht orthogonal zur Abbildungsebene, im Durchmesser 7,80 Meter) lassen sich wie bei späteren romanischen und gotischen Gewölben als Entwurfparameter identifizieren.¹¹ Dies ist evident in der Aufsicht (Abb. 5), da sowohl Isolinien als auch die Spuren der Schalungsbretter spitz zu den Kreuzgraten zulaufen,

¹⁰ Dies im Gegensatz zu den Aussagen bei Armi 2004 (Anm. 2), S. 50–52. Gegenteilige Bautechnik beobachtete Ulrike Heckner kürzlich in den vielleicht bereits vor der Jahrtausendwende errichteten Kreuzgratgewölben im Westwerk von St. Pantaleon in Köln, siehe: Heckner, Ulrike: *Der Westbau von St. Pantaleon in Köln. Ergebnisse der Bauforschung*. In: *Jahrbuch der Rheinischen Denkmalpflege* 48 (2022), S. 145–191, hier besonders S. 170–176. Hier wurden kreisbogenförmige Schlitze in den Umfassungswänden als Auflager für die Bretter der Gewölbekappen benützt, wie einige noch in diesen Schlitzen steckende Reste belegen, für die über eine Kohlenstoff-Isotopendatierung auch ein *terminus post quem* für das Gewölbe ermittelt werden konnte.

¹¹ Wendland, David; Gielen, Mark: *The Design and Construction of the Vaults in Notre-Dame in Paris and the Development of Medieval Vaulting and Stereotomy: Surveys, Analyses and Experiments*. In: *Timber and Construction: Proceedings of the Ninth Conference of the Construction History Society*. Cambridge 2022, S. 48–52. Dies.: *Some considerations on the early development of cross vaults and rib vaults in medieval architecture*. In: *Studies in Construction History: Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Construction History Society*. Cambridge 2023, S. 34–38.

während sie sich bei verschneidenden Tonnen im 90 Grad-Winkel treffen würden. Für eine während oder nach dem Bau entstandene Verformung ist die Differenz zum 90 Grad-Winkel zu groß, die Schalungsbretter müssen also entlang der Diagonalen mit Lehrbögen gestützt worden sein. Die Form der Kreuzgrate entspricht nicht Halbkreisbögen, sondern Segmentbögen, deren Kreismittelpunkte etwa 0,75 Meter unter der Oberkante der runden Pfeiler liegen. Dadurch wurde die Überhöhung der Jochmitte im Vergleich zu den Begrenzungsbögen reduziert. Wie bereits erwähnt, folgen die Konturen der Gewölbekappen einer ziemlich präzisen Halbkreisform, die unabhängig vom Extrados der Begrenzungs- respektive Randbögen ist. Sie sind in Längs- und Querrichtung um etwa 0,50 beziehungsweise 0,75 Meter gegenüber der Oberkante der runden Pfeiler gestelzt und ihr Durchmesser (im Durchschnitt 5,15 beziehungsweise 5,00 Meter) ist leicht größer als der der Randbögen (im Durchschnitt 4,95 oder 4,70 Meter). Diese Anpassungen waren notwendig, um annähernd horizontale Kappenscheitel zu erreichen (Abb. 4). Die systematischen Unterschiede in Quer- und Längsrichtung zeigen einen bewussten Umgang mit diesen Entwurfsparametern. Die Gesamtgeometrie – definiert durch sechs Kreise – ließ sich relativ leicht an etwas unregelmäßige Grundrisse anpassen, da die einzelnen Kreise unabhängig voneinander vergrößert, gestelzt oder als Segmentbögen ausgeführt werden konnten.

Nachdem diese leitenden Geometrien sorgfältig definiert und hölzerne Lehrgerüste in die quadratischen Felder gesetzt worden waren, konnte der Bau des Gewölbes beginnen (Abb. 6). Spuren der Schalung, die trotz des später angebrachten dicken Putzes mit bloßem Auge sichtbar sind, können durch eine Abweichungsanalyse präzise kartiert werden (Abb. 5). Dabei wird ersichtlich, dass die Gewölbekappen auf 0,30–0,50 Meter breite Bretter gelegt waren, die an beiden Enden durch Lehrbögen gestützt wurden. Jedes Gewölbe war also auf Brettern errichtet worden, die an den Kappenansätzen und Kreuzgraten auf Lehrbögen auflagen. Es handelt sich nicht um sich kreuzende Tonnen, sondern um Regelflächen, die durch die Randkurven definiert werden. Im mathematischen Sinne sind solche Regelflächen nicht abwickelbar. Durch das Absenken der Diagonalen und Anheben der Begrenzungsbögen nähert sich die Geometrie aber so weit einem idealen Kreuzgewölbe, dass dennoch eine Schalung durch gerade Bretter hergestellt werden konnte. Der Vergleich der Isolinien und Schalungsspuren zeigt dies deutlich (Abb. 5). Ungenauigkeiten der gemauerten Grate infolge breiter Schalbretter, unpräzisen Zuschnitts und der geometrischen Komplexität wurden durch den Verputz ausgeglichen, wie auch in den Seitenschiffen des Langhauses zu beobachten ist. Die relativ breiten und doch recht präzise an die Gewölbegeometrie angepassten, relativ langen (bis zu 2,90 Meter) Schalbretter lassen vermuten, dass man hier auf gesägte, nicht gespaltene Bretter zurückgegriffen hat. In den unteren Ecken des Gewölbes sind keine deutlichen Schalungsspuren nachweisbar, was darauf hindeutet, dass die Widerlagerbereiche ohne Schalung mit leicht auskragenden Steinlagen errichtet worden sind.¹²

¹² Armi 2004 (Anm. 2), S. 49–50.



Abb. 6 Tournus, Saint-Philibert, Konstruktion des Kreuzgratgewölbes; von oben links nach unten rechts: Bau der leicht gestelzten Randbögen, eingestelltes Lehrgerüst mit sechs Bögen, Überlagerung mit eingefärbter Vermessung, Rekonstruktion der Schalungsbretter

Die Kreuzgratgewölbe des Langhauses

Über den 4,80 Meter spannenden Seitenschiffen des Langhauses stehen Kreuzgratgewölbe, die nach dem gleichen Prinzip wie die des Westbaus erbaut wurden. Auch hier sind die Gurt- und Schildbögen gestelzt. Dabei wurden die Schildbögen zur Außenwand kaum angehoben, die Gurtbögen zum Mittelschiff hingegen um rund 0,50 Meter, sodass die Kappenscheitel zum Mittelschiff hin ansteigen und das Dach der Seitenschiffe unmittelbar über den Gewölben gebaut werden konnte. Die Gurtbögen in Querrichtung weisen starke Deformationen in Form eines sichtbaren Knicks auf. Die Geometrie der Kreuzgrate zeigt eine ähnliche Deformation. Dadurch ist es schwierig, exakte Aussagen zur Entwurfsgeometrie zu machen. Doch auch hier scheinen die Gurtbögen in Querrichtung gestelzt und die Kreuzgrate segmentbogenförmig zu sein. Außerdem sind ebenfalls Spuren der Schalungsbretter in gleicher Konfiguration wie im Erdgeschoss des Westbaus zu sehen. Auf alten Postkarten sind zudem an manchen Gewölbefußpunkten hölzerne Anker zu sehen, sowohl in Quer- als auch in Längsrichtung.

Die Verformungen, die im südlichen und nördlichen Seitenschiff zu sehen sind, zeigen, dass sich die Gewölbe in Querrichtung leicht geöffnet haben. Dies könnte dadurch verursacht worden sein, dass die Seitenschiffgewölbe vor jenen des Mittelschiffes gebaut wurden und ihr Schub die Pfeiler zur Mittelachse gedrückt hat. Eine Analyse der Neigung der Pfeiler bestätigt dies, wobei die Pfeiler sich auch leicht gegen Westen neigen (Abb. 7). Dies könnte

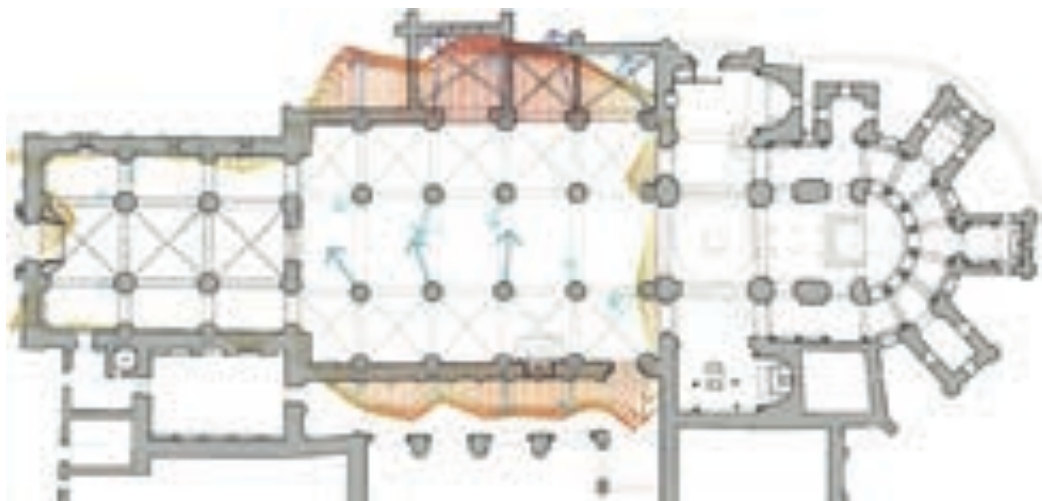


Abb. 7 Tournus, Saint-Philibert, Grundriss mit Vergleich der Kopf- und Fußpunkte der Pfeiler (blau) und Wände (rot), die Pfeile zeigen die Richtung und Stärke der Abweichung der Kopfpunkte, maximale Abweichung 0,14 Meter

durch den späteren schwereren Vierungsturm verursacht worden sein. Auch die Wandteile zwischen Quer- und Langhaus neigen sich westwärts. Die nördliche und südliche Außenwand des Langhauses sind zudem gegen außen geneigt, konsistent mit der Deformation der Seitenschiffsgewölbe. Des Weiteren kann beobachtet werden, dass die Pfeileroberkanten im Langhaus von West nach Ost rund 0,30 Meter absinken.

Die Tonnengewölbe des Westbaus

In den Seitenschiffen des Erdgeschosses des Westbaus stehen halbkreisförmige Tonnengewölbe in Querrichtung. Sie sind allerdings so stark verputzt, dass keine Spuren der Schalungsbretter mehr sichtbar sind.

Im Obergeschoss des Westbaus befindet sich die basilikale Oberkirche. Hier sind alle Schiffe mit Längstonnen eingewölbt, wobei im Mittelschiff halbkreisförmige Tonnen zu finden sind, auf den Seitenschiffen jedoch nur viertelkreisförmige Tonnen. Beide werden durch Gurtbögen in Joche unterteilt. Die Mittelschiffgewölbe sind halbkreisförmig, spannen 5,10 Meter und sind rund 0,40 Meter gestelzt. Gegen Osten beginnen die Gewölbe und Gurtbögen leicht durchzuhängen. Im Westen wurde ein Nachgeben der Obergadenwände durch die Auflast der Fassadentürme verhindert. Im Mittelschiff, besonders in dessen östlicher Hälfte, können Spuren der Schalungsbretter gefunden werden. Es ist offensichtlich, dass das Gewölbe auf 0,80 Meter langen und circa 0,15 Meter breiten Brettern gemauert wurde. Diese sind somit wesentlich kleiner als die Schalungsbretter der Kreuzgratgewölbe und wurden vermutlich durch Spalten kurzer Scheite gewonnen. Die Spuren der Schalungsbretter verschwinden hier ebenfalls im untersten Teil des Gewölbes. Aus dem Schalungsbild lässt sich schließen, dass die Bretter auf halbkreisförmigen Lehrbögen lagen, die in einem Intervall von 0,80 Metern aufgestellt wurden. Infolge der dichten Anordnung hatten die Lehrbögen nur geringes Gewicht zu tragen, sodass ihre Konstruktion leicht gehalten werden konnte, etwa in der Form reiner Bohlenbögen ohne Ausfachung.¹³ Dies könnte das Anheben der Gerüstteile oder das Ausschalen erleichtert haben, oder das Erstellen kurzer Bretter durch Spalten war einfacher als lange Bretter zu sägen, zu spalten oder zu hauen.

Die Halbtonnengewölbe der Seitenschiffe sind Kreissegmente mit rund 70 Grad-Öffnungswinkel. Durch die Kürze des Kreissegmentes sind detaillierte Aussagen zur Geometrie nicht möglich. Zudem ist am Intrados kein Mörtel mehr zu finden, daher sind keine Spuren der Schalungsstruktur mehr zu sehen. Zu beachten ist jedoch das atypische Mauerwerk. Im oberen, geraden Teil wurden die Wölbflächen in diagonalen Schichten gemauert, teilweise von beiden Enden des Joches zur Mitte hin. Ähnliches Gewölbemauerwerk findet man auch im

¹³ Die hier noch vorhandenen hölzernen Anker könnten zur Auflage des Lehrgerüsts gedient haben, wären dadurch allerdings sehr stark belastet worden.

Mittelschiff der Oberkirche. Der Zweck dieser Mauerwerkstechnik bleibt ungeklärt, könnte aber das Schließen der Gewölbeflächen erleichtert haben, da sich der Maurer bis fast zum Schluss in der Gewölbeebene bewegen kann.

Mittelschiffe mit Längstonnen sind durch die großen Schubkräfte in Querrichtung anfällig für strukturelle Probleme.¹⁴ Auch in Tournus gibt es leichte Deformationen, doch größere Schäden konnten durch die Abstützung des Mittelschiffs mit den Viertelkreistonnen der Seitenschiffe verhindert werden, welche die Funktion von Strebebögen übernehmen.¹⁵ Das Wölbsystem der Oberkirche von Tournus fand bis weit ins 12. Jahrhundert Nachfolger.¹⁶

Die Tonnengewölbe des Langhauses

Im Mittelschiff des Langhauses stehen ähnliche Tonnengewölbe wie in der Oberkirche des Westbaus, jedoch in Querrichtung. Die Tonnen spannen 4,30 Meter, sind höchstens schwach gestelzt und werden ihrerseits von Schwibbögen aus Werkstein getragen, die das 6,80 Meter breite Mittelschiff überspannen. Die Tonnen haben das gleiche Schalungsbild wie in der Oberkirche des Westbaus, wobei die Bretter hier 1,10 × circa 0,20 Meter messen. Demnach standen die Lehrbögen im Abstand von 1,10 Meter. Am Gewölbeansatz ist ein 0,10 Meter vorspringendes Gesims vorhanden. Möglicherweise trug dieses die leichten Lehrbögen beziehungsweise eine Fußpfette als deren Auflager. Das erst im 12. Jahrhundert gebaute »Parlatorium«¹⁷ wurde mit einem 6,30 Meter breiten, leicht spitzbogigen Tonnengewölbe überspannt. Auch dieses zeigt ein ähnliches Schalungsbild, wobei die Brettgröße 1,00 × circa 0,15 Meter beträgt, jedoch stärker variiert als im Langhaus (Abb. 8). Auch die großen Räume des Refektoriums und des Cellariums (12. Jahrhundert) des Klosters wurden als spitzbogige Tonnen, aber in gleicher Schalungstechnik errichtet. Die einmal gefundene Bautechnik konnte sich also als Standard etablieren.

14 Im nahe gelegenen Chapaize, Dép. Saône-et-Loire, wurde die Längstonne der Kirche Saint-Martin, welche circa zwischen 1030 und 1050 erbaut wurde, aus strukturellen Gründen bereits im 12. Jahrhundert als spitzbogige Längstonne wieder aufgebaut.

15 Ähnlich auch in der Kirche Sant Vicenç de Cardona, Prov. Barcelona, in Katalonien, gleichzeitig mit Tournus.

16 Besonders eng verwandt sind Bauten mit ebenfalls basilikal überhöhtem Mittelschiff, ganz besonders die im letzten Drittel des 11. Jahrhunderts errichtete Cluniazenser-Prioratskirche Saint-Étienne in Nevers, Dép. Nièvre. Die meisten auvergnatischen Kirchen haben ein Emporengeschoss, das derart mit Viertelkreistonnen gewölbt ist, dass diese direkt den Gewölbeansatz der Mittelschiffstonne stützen können. Ein deutlich überhöhtes Mittelschiff und Seitenschiffe ohne Emporen weisen hingegen die im 12. Jahrhundert in der Provence errichteten Kirchen von La-Garde-Adhémar, Dép. Drôme, und Saint-Trophime in Arles, Dép. Bouches-du-Rhône auf, hier mit Spitztonne im Mittelschiff.

17 Der Zugang zum Kreuzgang südlich der Kirche.

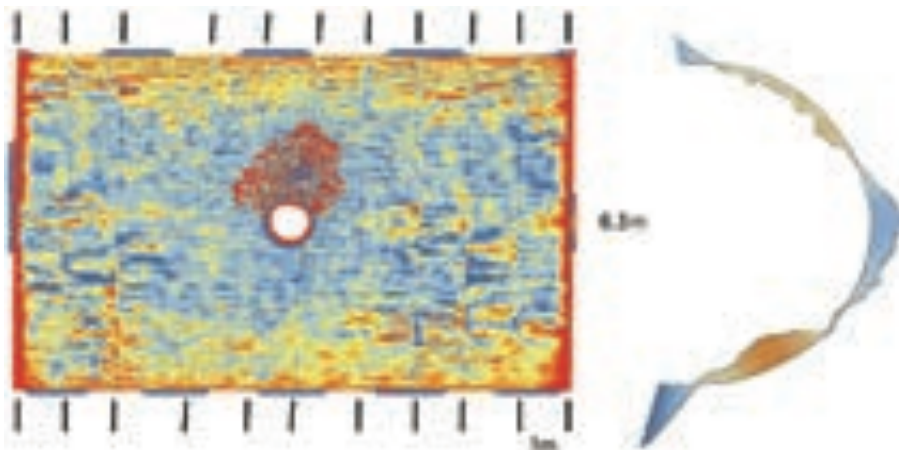


Abb. 8 Tournus, Saint-Philibert, genordete Aufsicht des ›Parlatorium‹ mit sichtbaren Spuren der Schalungsbretter und geometrischer Analyse eines Querschnitts, maximale Abweichung 0,10 Meter

Ergebnis

In Tournus befinden sich verschiedene, für die erste Hälfte des 11. Jahrhunderts anscheinlich weit gespannte Gewölbe. Dank hochpräziser Messung und entsprechender Methode zur Analyse der Geometrien können diverse Befunde aufgezeigt und die Konstruktionsprinzipien rekonstruiert werden. Die beiden Gewölbetypen der Tonnen- und Kreuzgratgewölbe wurden nach individuellem, wohldurchdachtem Konzept errichtet. Um die komplexe Geometrie des Kreuzgrattypus zu kontrollieren, wurden verschiedene Kreissegmente kombiniert. So konnte sowohl das Anbringen der Schalungsbretter an die Lehrgerüste vereinfacht als auch die Höhe der Kappenscheitel an darüberliegende Strukturen angepasst werden. Durch das Absenken der Diagonalen zu Segmentbögen und das Anheben der Randbögen durch Stelzen entsteht eine Geometrie, die mit der anspruchsvollen Form des Kreuzgewölbes unter variierenden Randbedingungen umzugehen vermag. Schon in den Kreuzgratgewölben von Tournus lassen sich somit Entwurfsprinzipien nachweisen, die später für die Rippengewölbe der Spätromanik und Gotik bestimmend bleiben sollten.

Die Konstruktion der Tonnengewölbe kann klar von jener der Kreuzgratgewölbe unterschieden werden und weicht in mehr als nur der Geometrie ab. Durch das System und die Spannweite der Kreuzgewölbe ergibt sich eine Maximallänge der Schalungsbretter von 2,90 und 0,50 Meter Breite. Für die Tonnengewölbe wurden stattdessen viele eng gestellte Lehrbögen mit maximaler Größe der Schalungsbretter von 1,10 × circa 0,20 Meter benutzt. Hier war das Ziel nicht die strenge Kontrolle der Geometrie zur vereinfachten Schalung,

sondern wohl die Leichtbauweise des Lehrgerüsts. Die kurzen Schalbretter mussten nicht präzise gesägt werden, sondern konnten möglicherweise durch Spalten gewonnen werden.

Diese Konstruktionsweisen zeigen eine durchdachte Technik und einen klaren Fortschritt gegenüber Vorgängern wie den Gewölben der Krypta. Die Spannweiten nahmen zu, die Geometrie wurde klarer und die Lehrgerüste komplexer und präziser angefertigt. So können diverse Innovationen der Wölbkunst der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts am Bau der Kirche Saint-Philibert in Tournus verfolgt werden.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Line Pageaud für den Zugang zu allen Bereichen der Kirche und die freundliche Unterstützung vor Ort.