

DIE BAUTECHNIK DER ›RADIKALEN‹ GEWÖLBE CHRISTOPH DIENTZENHOFERS

Zusammenfassung

Ihren bewegten Raumbüllen und geometrisch komplexen Formen verdankt eine Gruppe von Kirchenbauten des Barockbaumeisters Christoph Dientzenhofer (1655–1722) sowohl ihre herausragende Stellung in der Architekturgeschichte Böhmens als auch die Bezeichnung ›radikal‹. Die vorliegende Studie widmet sich der Bautechnik der Backsteingewölbe dieser Gruppe, basierend auf Laserscans der Gewölbeoberseiten. Die Untersuchung des Mauerwerksverbands, der unterschiedlich ausgebildeten Extradossripen und der hölzernen Zugelemente erlaubt Hypothesen über den Zusammenhang zwischen Konstruktion und geometrischem Entwurf der Gewölbe sowie über das bautechnische Verständnis des Baumeisters.

Abstract

A group of church buildings by the Baroque master builder Christoph Dientzenhofer (1655–1722) owes both its outstanding position in the architectural history of Bohemia and the designation ›radical‹ to its moving spatial envelopes and geometrically complex shapes. The present study is dedicated to the construction of the brick vaults of this group based on laser scans of the vaults' external surfaces. The analysis of the masonry bond, the differently formed extradoss ribs, and the wooden tie bars allows hypotheses about the relationship between construction and geometric design of the vaults, as well as about the master builder's structural understanding.

Christoph Dientzenhofers ›radikale‹ Kirchen

Gebogene Wände, scheinbar auf sich verschneidenden geometrischen Körpern beruhende Gewölbe und eine konzeptionelle Ähnlichkeit mit dem Werk italienischer Architekten wie Francesco Borromini (1599–1667) und Guarino Guarini (1624–1683): Das sind die Merkmale einer Reihe von Sakralbauten in Mitteleuropa, die zum sogenannten ›dynamischen‹, ›kurvierten‹, ›guarinesken‹ oder ›radikalen‹ Barock gezählt werden.¹ Zu den bekanntesten und beispielhaftesten Vertretern dieser Spielart der Barockarchitektur gehört eine Gruppe von sechs Kirchenbauten, die in den ersten beiden Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts in Böhmen entstanden, die sogenannte ›radikale‹ Gruppe.² Beim Blick in die Gewölbe dieser Kirchen wird ihr radikaler, innovativer Charakter besonders deutlich. In den Gewölbeentwürfen entstehen aus geometrischen Ideen komplexe Abfolgen von sich überschneidenden ovalen Kuppeln und Formen mit doppelter Krümmung.³

1 Norberg-Schulz, Christian: *Spätbarock und Rokoko* (Weltgeschichte der Architektur, Bd. 9). Stuttgart 1985.

2 Aktuelle Übersichten über den ›radikalen‹ Barock und die ›radikale‹ Gruppe bei: Macek, Petr; Uher, Vladimír; Biegel, Richard u. a.: *Barokní architektura v Čechách*, 1. Aufl. Prag 2015; Schütz, Bernhard: *Kurvierte Barockarchitektur in Böhmen, Franken und Schlesien. Von den Dientzenhofern bis Balthasar Neumann*. Petersberg 2023.

3 Zur Gewölbegeometrie der Gruppe siehe: Schmitt, Rebecca Erika: *The geometric design of Christoph Dientzenhofer's ›radical‹ vaults*. In: Construction History Society (Hg.): *Studies in Construction History. The Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Construction History Society*. Cambridge 2023, S. 143–155; dies.: *The vaults of St. Nicholas in the Lesser Town of Prague (1703–1711, 1737–1760s): the Dientzenhofers' magnum opus*. In: Holzer, Stefan M.; Langenberg, Silke; Knobling, Clemens u. a. (Hg.): *Construction Matters. Proceedings of the 8th International Congress on Construction History*. Zürich 2024, S. 818–825. Zur Gewölbegeometrie (und -konstruktion) der Kirchen des ›radikalen‹ Barock siehe: Wiesneth, Alexander: *Gewölbekonstruktionen Balthasar Neumanns* (Kunstwissenschaftliche Studien, Bd. 167). Berlin 2011; Compán, Víctor; Cámara, Margarita; González de Canales, Francisco: *The Geometric Principles of Warped Rib Vaults in Central European Baroque Architecture from Guarini to the Dientzenhofer Family and Balthasar Neumann*. In: *Nexus Network Journal* 17 (2015), H. 1, S. 183–206; Schmitt, Rebecca Erika; Wendland, David: *The geometric design of the ›Guarinesque‹ vaults in Banz and Vierzeihenheiligen in relation to the treatises of stereotomy*. In: João M. Mateus, João; Pires, Ana (Hg.): *History of Construction Cultures. Proceedings of the 7th International Congress on Construction History*, Bd. 2. Boca Raton 2021, S. 371–378; dies.: *Geometric design and construction of a Late Baroque brick vault. Kilian Ignaz Dientzenhofer's Benedictine Church of the Holy Cross and St. Hedwig at Legnickie Pole*. In: Construction History Society (Hg.): *Studies in Construction History. The Proceedings of the Ninth Annual Conference of the Construction History Society*. Cambridge 2022, S. 143–155; dies.; Wendland, David: *Untersuchung der geometrischen Konzeption der Gewölbe der Basilika Vierzeihenheiligen auf Basis von 3D-Scanningdaten im Kontext der Stereotomie*. In: Rauhut, Christoph; Weber, Christiane; Bastgen, Michael u. a. (Hg.): *Materialgerecht konstruiert!?! Tagungsband der Fünften Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte* 10. bis 11. Juni 2021 (Schriftenreihe der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte, Bd. 4). Petersberg 2023, S. 105–121. Frühere Arbeiten zu dieser Thematik: Ruderich, Peter: *Die Wallfahrtskirche Mariä Himmelfahrt zu Vierzeihenheiligen. Eine Baumonographie* (Bamberger Schriften zur Kunst- und Kulturgeschichte, Bd. 1). Bamberg 2000; Müller, Werner: *Steinmetzgeometrie zwischen Spätgotik und Barock. Eine Bautechnik auf dem Wege vom Handwerk zur Ingenieurwissenschaft*. Petersberg 2002; ders.: *Von Guarino Guarini bis Balthasar Neumann. Zum Verständnis barocker Raumkunst*. Petersberg 2002.

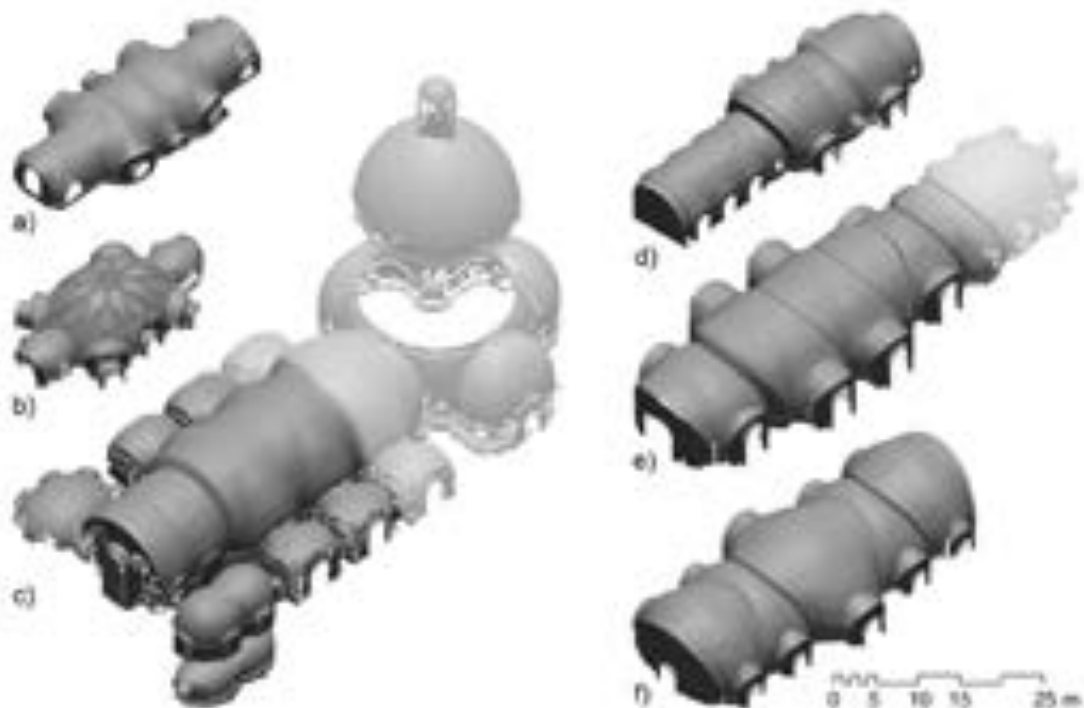


Abb. 1 Intrados-Flächenmodelle der ›radikalen‹ Gruppe in isometrischer Aufsicht. a) St. Joseph, Obořiště, 1702–1711; b) Schlosskirche, Smiřice, 1702–1713; c) St. Niklas, Prager Kleinseite, 1703–1711; d) St. Klara, Cheb, 1708–1711; e) St. Margareta, Břevnov, 1709–1722; f) Mariä Himmelfahrt, Nová Paka, 1709–1724; die helleren Bereiche sind spätere Ergänzungen von Kilian Ignaz Dientzenhofer

Seinen Entwürfen für die sechs Kirchen der ›radikalen‹ Gruppe verdankt Christoph Dientzenhofer (1655–1722) seinen Ruf als einer der führenden Architekten des frühen 18. Jahrhunderts. Als mittlerer der fünf Dientzenhofer-Brüder brach Christoph aus Oberbayern auf, um in Prag das Maurerhandwerk zu erlernen. Während seine Brüder später in Franken und der Oberpfalz als erfolgreiche Baumeister und Architekten Fuß fassten, blieb Christoph in Prag und wurde dort zum berühmtesten Spross seiner Familie. Sein Sohn Kilian Ignaz (1689–1751) übernahm nach dessen Tod das väterliche Bauunternehmen und hinterließ ein ebenso umfangreiches und bemerkenswertes Werk wie Christoph. Ein gemeinsames Merkmal der von den Mitgliedern der Baumeisterfamilie Dientzenhofer entworfenen Kirchen sind ihre Backsteingewölbe, die komplexe geometrische Formen mit einer ausgefeilten Bautechnik verbinden (Abb. 1).

Die wohl zuerst entworfene der sechs Kirchen, die später zur ›radikalen‹ Gruppe gezählt werden sollten, ist die 1702–1711 erbaute Paulinerklosterkirche St. Joseph in Obořiště (Mittelböhmen, südlich von Prag). Der Gewölbeentwurf zeigt bereits konzeptionelle Ideen, die Christoph Dientzenhofer später weiterentwickeln sollte (Abb. 1a, 2). Die Schlosskirche der Familie Sternberg in Smiřice (Ostböhmen) entstand etwa zur gleichen Zeit, 1702–1713. Der Stern des Sternberger Familienwappens zierte das Gewölbe der Kirche (Abb. 1b). Die Jesuitenkirche St. Niklas auf der Prager Kleinseite, erbaut 1703–1711, gehört nicht nur wegen ihrer Größe und prominenten Lage zu Dientzenhofers Hauptwerken.⁴ Der ursprüngliche Entwurf wurde stark verändert, als sein Sohn Kilian Ignaz ab 1737 einen deutlich größeren Chor mit Tambourkuppel anbaute. Später wurden dann auch noch die Gewölberippen am Intrados des Hauptschiffs entfernt (Abb. 1c). Die Klarissenkirche St. Klara in Cheb (dt. Eger, Westböhmen) wurde 1708–1711 erbaut. An den ›radikalen‹ Hauptraum der Kirche mit seiner komplexen Gewölbegeometrie mit doppelt gekrümmten Formen schließt der Nonnenchor mit einem einfachen Tonnengewölbe an (Abb. 1d, 3). Ein weiteres Hauptwerk Dientzenhofers ist St. Margareta in Břevnov. Der imposante, 1709–1722 errichtete Bau ersetzte die kriegszerstörte romanische Kirche der historisch sehr bedeutenden Erzabtei der Benediktiner am Stadtrand von Prag. Der Chor wurde von Kilian Ignaz vollendet (Abb. 1e, 4). Die Paulinerklosterkirche Mariä Himmelfahrt in Nová Paka (Ostböhmen) wurde 1709–1724 als letzte Kirche der Gruppe erbaut. Der auf Ovalen basierende Gewölbeentwurf greift alle Merkmale der geometrischen Konzeption der ›radikalen‹ Gruppe nochmals auf (Abb. 1f, 5). Was die Kirchen der Gruppe ›radikal‹ macht, ist vor allem ihre komplexe, kurvierte und scheinbar auf Verschneidungskörpern beruhende Gewölbegeometrie. Wie die an anderer Stelle behandelte Geometrieanalyse zeigt, ist die Geometrie jedoch einfacher definiert, als es auf den ersten Blick scheint.⁵ In ihrer Geometrie basieren die radikalen Gewölbe auf drei Grundformen: doppelt gekrümmte Formen, Ovale und Stichkappen. Die doppelt gekrümmten Bögen sind das zentrale und definierende Element der Gruppe. Diese Intradosrippen sind sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Ebene gebogen. Wie im Falle von St. Margareta in Břevnov treten diese Bögen oft paarweise auf. Bei St. Niklas auf der Prager Kleinseite wurden die Intradosrippen nachträglich entfernt. Noch häufiger sind spangenförmige Gewölbebereiche, deren Kanten doppelt gekrümmt sind, so zum Beispiel in Cheb, Břevnov und Nová Paka. Auf der Grundform des Ovals basieren Gewölbebereiche mit ovaler horizontaler Projektion, zum Beispiel bei der Schlosskirche in Smiřice und Mariä Himmelfahrt in Nová Paka. Die letzte Grundform sind die Stichkappen auf entweder dreieckigem oder kreisbogigem Grundriss, die Fensteröffnungen in den Gewölben ermöglichen. Diese drei Grundformen sind wiederum ausschließlich aus ebenen Kreissegmenten zusammengesetzt. In dieser Hinsicht weisen sie eine konzeptionelle Ähnlichkeit mit spätmittelalterlichen

⁴ Zum Gewölbe von St. Niklas, siehe Schmitt 2024 (Anm. 3).

⁵ Schmitt 2023 (Anm. 3).

Gewölben auf. Als Handreichung für die Planung der Gewölbeformen konnten aber vor allem bauzeitliche Architektur- und Stereotometrietraktate dienen, in denen die erwähnten Grundgeometrien sehr häufig vertreten waren.

Forschungsgeschichte und Methode

Aufgrund ihrer architekturgeschichtlichen Bedeutung wurde die Bautengruppe seit Beginn des 20. Jahrhunderts intensiv beforcht. Mangels schriftlicher Quellen konzentrierte sich die Forschung oft auf die immer wieder kontrovers diskutierte Urheberschaft der ›radikalen‹ Gruppe. Die Zuschreibung an Christoph Dientzenhofer wurde vor allem in der tschechischen Literatur angezweifelt,⁶ während ausländische Forscher sie verteidigten.⁷ Die Mehrheit der Autoren steht heute auf der Seite Dientzenhofers, doch werden einzelne der sechs Kirchen von einigen Forschern weiterhin anderen Baumeistern zugeschrieben.⁸ Neben der Zuschreibungsfrage hat sich die Forschung auch mit den geometrischen Grundlagen der Entwürfe, insbesondere der Gewölbe, beschäftigt.⁹ Die Bautechnik war bisher kaum Gegenstand des Forschungsinteresses und wurde allenfalls beiläufig erwähnt.

Um die Bautechnik der Gewölbe der Gruppe genau untersuchen zu können, wurden die sechs Kirchen für diese Studie mit einem 3D-Laserscanner aufgenommen.¹⁰ Dabei wurden die Innenräume, die Dachräume und die Fassaden der Gebäude gescannt, um

6 Stefan, Oldřich: *Příspěvky k dějinám české barokní architektury*. In: Památky archeologické in místopisné 35 (1926), S. 80–116; Řehová, Eva: *De l'origine des constructions du groupe radical baroque de Bohême. Santini Aichl contre Christophe Dientzenhofer*. In: Sborník prací Filozofické Fakulty Brněnské Univerzity, vol. 19–20 (1971), F 14/15, S. 207–232.

7 Franz, Heinrich Gerhard: *Die Kirchenbauten des Christoph Dientzenhofer*. Brünn 1942; Neumann, Jaromír: *Das böhmische Barock*. 1. Aufl. Prag 1970; Norberg-Schulz 1985 (Anm. 1); Hubala, Erich: *Rotunde und Baldachin. Die Raumlagerung der guarinesken Kirchen Böhmens*. In: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (Hg.): *Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft*, Bd. 41. Göttingen 1989; Vilímková, Milada; Naňková, Věra: *Ausgewählte Bauten von Christoph und Kilian Ignaz Dientzenhofer*. In: Stadt Rosenheim (Hg.): *Die Dientzenhofer. Barocke Baukunst in Bayern und Böhmen*. Rosenheim 1991, S. 52–73; Schütz 2023 (Anm. 2).

8 Horyna, Mojmír; Uher, Vladimír: *Kryštof Dientzenhofer (1655–1722). K 350. výročí narození génia českého baroka*. 1. Aufl. Prag 2005; der Autor bezweifelt Dientzenhofers Urheberschaft von St. Joseph in Obořiště. Pavlík, Milan; Pavelka, Karel; Řezníček, Jan: *Zámecká kaple ve Smiřicích. Využití i meze soudobé techniky při rozboru architektonické kompozice a otázka autorství*. In: Umění, Nr. 61 (2013); die Autoren schreiben die Schlosskirche in Smiřice Santini-Aichel zu. Macek/Uher/Biegel 2015 (Anm. 2), S. 279–281; die Autoren bezweifeln Dientzenhofers Urheberschaft an Mariä Himmelfahrt in Nová Paka.

9 Zusätzlich zur bereits in Anm. 3 genannten Literatur siehe: Thies, Harmen: *›Einheiten des Entwurfens‹ bei Christoph Dietzenhofer*. In: Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft (Hg.): *Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft*, Bd. 41. Göttingen 1989, S. 195, Anm. 5; Roidl, Wolf Hartmut: *Die kurvigen Sakralräume des Christoph Dientzenhofer* (Tuduv-Studien Reihe Kunstgeschichte, Bd. 70). München 1995, S. 7.

10 Verwendet wurde der Leica RTC360. Der Scanner arbeitet mit dem Time-of-Flight (ToF)-Verfahren, die durchschnittliche Scangenaugigkeit beträgt 2,9 Millimeter auf 20 Meter.

Gewölbeintrados und -extrados zusammen mit den angrenzenden Bauteilen untersuchen zu können.¹¹ Die aus den Scans erzeugten Punktwolken wurden zur Erstellung von detaillierten Zeichnungen der Gewölbeextrados (Abb. 2–4, 5 oben links) und von Orthofotos der Gewölbe (Abb. 2–4, 5 unten links, 6–7) verwendet. Die triangulierten 3D-Modelle der Gewölbeintrados (Abb. 1) bilden zudem die Grundlage für eine geometrische Analyse mittels Reverse Geometric Engineering (Abb. 2–4, 5 rechts).¹²

Gewölbemauerwerk und Extradosrippen

Die Gewölbe der ›radikalen‹ Gruppe sind, wie fast alle Gewölbe des ›radikalen‹ Barock¹³ und alle Gewölbe der Dientzenhofer, aus Backsteinmauerwerk errichtet.¹⁴ Die Mauerwerkstextur ist am Gewölbeextrados oft gut ablesbar, da der Mörtelüberzug die Backsteine nur teilweise überdeckt. Die Gewölbe der Gruppe setzen sich vor allem aus tonnenartigen Gewölbebereichen auf kurviertem Grundriss zusammen. Die Mauerschichten verlaufen auf Kuf, also in Richtung der Längsachse des Gebäudes. Sie sind nur im unteren Gewölbebereich – der ›radikalen‹ Form folgend – gekrümmt. Mit zunehmender Höhe verlaufen die Mauerschichten geradlinig, wodurch sie im Scheitelbereich stärker an Tonnengewölbe erinnern.

Das auffälligste Element am Extrados der Gewölbe der Gruppe sind Extradosrippen, die in die Wölbfläche einbinden, sodass die Mauerschichten durchgängig sind. Es können zwei Arten von Extradosrippen unterschieden werden. Am deutlichsten wird dies, wenn Extrados und Intrados zusammen betrachtet werden (Abb. 6). Bei der ersten Variante, in den Abbildungen blau markiert, verlaufen die Extradosrippen gerade über das Gewölbe. Diese geraden Rippen verlaufen entweder quer zur Gebäudelängsachse zwischen den gegenüberliegenden Außenmauern, oder zwei bis drei Rippen verlaufen schräg über ein Gewölbefeld und treffen sich mittig im Scheitel. Diese geraden Extradosrippen sind am Intrados, wo generell keine geraden Linien vorkommen, nicht sichtbar. Es handelt sich bei ihnen um rein konstruktive Elemente zur Aussteifung und Verstärkung der Gewölbeffläche. Sie sind meist einen oder zwei Steine breit und in regelmäßigem Verband gemauert.

Bei der zweiten Variante, in den Abbildungen grün markiert, verlaufen die Extradosrippen auch in der Aufsicht in einer Kurve, sie sind also doppelt gekrümmt. Diese Extradosrippen sind auch am Intrados in Form von Diskontinuitäten wie Intradosrippen oder doppelt

¹¹ Der Extrados der Schlosskirche in Smiřice ist mit Isoliermaterial abgedeckt und konnte daher nicht gescannt werden.

¹² Schmitt 2023 (Anm. 3), S. 145.

¹³ Zum Gewölbemauerwerk Balthasar Neumanns, siehe Wiesneth 2011 (Anm. 3), S. 218–230.

¹⁴ Backsteinformate (Länge × Breite × Höhe, in Zentimetern): Obořiště, St. Joseph: 26 × 18 × 7; Smiřice, Schlosskirche: 23,5 × 14,5 × 6,5; Prag Kleinseite, St. Niklas: 23 × 15 × 7; Cheb, St. Klara: 23–29 × 12,5 × 7; Břevnov, St. Margareta: 23,5 × 13 × 6,5; Nová Paka, Mariä Himmelfahrt: 28 × 14,5 × 6,5.

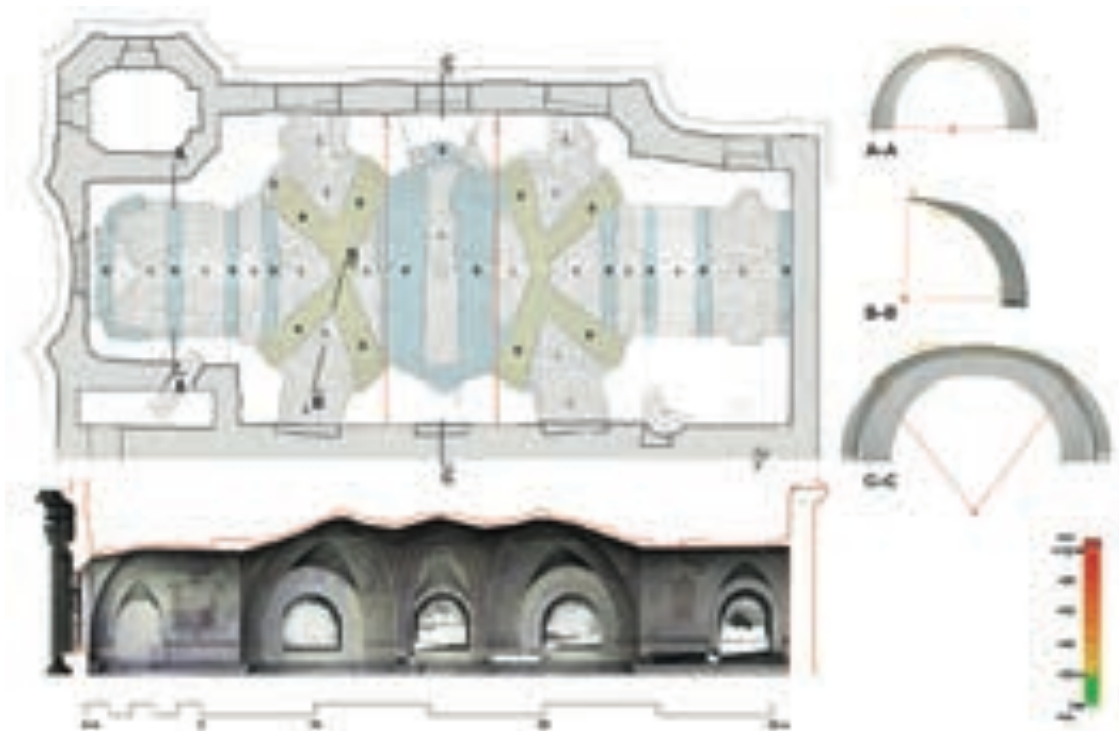


Abb. 2 St. Joseph, Obořiště, 1702–1722; links oben: Extradosaufsicht, Verlauf der Mauerschichten (grau), gerade verlaufende Extradossrippen (blau), Extradossrippen, die mit Diskontinuitäten am Intradoss korrespondieren (grün), Eisenbänder (rot), rekonstruierte Lage der Zugelemente (rot gestrichelt), Binderschichten (B), Läufer-schichten (L); links unten: Längsschnitt, Orthofoto; rechts: Geometrieanalyse, Vergleich zwischen Schnitten durch das Intradossmodell (grau) und idealen Kreisbögen (rot), die Abweichung wird auf einer Farbskala angegeben

gekrümmten Gewölbefeldkanten ausgebildet. Bei ihnen handelt es sich um ein zentrales Entwurfselement, das die Form des Gewölbeentwurfs widerspiegelt. Bei diesen Rippen sind Konstruktion und Entwurfsgeometrie miteinander verbunden. Im Gegensatz zu den gerade verlaufenden Extradossrippen sind die doppelt gekrümmten Extradossrippen oft breiter, stärker ausgeprägt und weniger einheitlich.

Die Gewölbeflächen des Gewölbes der ältesten Kirche der Gruppe, St. Joseph in Obořiště, sind einen halben Stein dick (einschließlich Innenputz 17–20 Zentimeter), wodurch sich ein Läuferverband ergibt (Abb. 2 links). Die einbindenden Extradossrippen sind im Binderverband gemauert und ragen etwa 10 Zentimeter über die Fläche hinaus. Dies entspricht einer Dicke der Rippen von einer Steinlänge (26–28 Zentimeter). Der Intradoss weist keine Versprünge oder abgesetzte Intradossbögen auf. Im Fall von St. Joseph sind die mit dem

Gewölbeentwurf in Zusammenhang stehenden Extradosrippen nicht doppelt gekrümmt und auch in der Mauerwerkstextur den geraden Rippen sehr ähnlich. Beide Rippentypen gehen ineinander über, aber nur die Rippen des erstgenannten Typs finden sich auch am Intrados wieder.

Die etwa zur gleichen Zeit errichteten Gewölbe über dem Eingangsbereich und den westlichen Kapellen von St. Niklas auf der Prager Kleinseite weisen ebenfalls eine Dicke von einem halben Stein (21 Zentimetern) im Läuferverband auf. Die Rippen im Binderverband stehen am Intrados und am Extrados wenige Zentimeter über. Für das anschließend errichtete Gewölbe über dem Langhaus sowie die übrigen Gewölbe der Gruppe wählte Christoph Dientzenhofer stärker ausgeführte Gewölbe. Von nun an sind die Gewölbefflächen stets einen Stein dick im Binderverband ausgeführt, was etwa 30 Zentimetern entspricht, während die Extradosrippen meist eineinhalb Steine dick sind, was etwa 50 Zentimeter ergibt. Am Extrados sind Läuferschichten zu sehen, darunter befindet sich vermutlich eine Binderschicht. Für St. Niklas entspricht dies Gewölbefflächen von 30–32 Zentimetern Dicke und geraden Extradosrippen von 49 Zentimetern Dicke, also einem halben Stein Überstand.

Auch beim Gewölbe von St. Klara in Cheb stehen die Läuferschichten der Extradosrippen einen halben Stein (14 Zentimeter) über die einen Stein dicken (29–31 Zentimeter) Gewölbefflächen im Binderverband hervor (Abb. 3 links, 6 links). Die Extradosrippen der Klarissenkirche lassen sich sehr eindeutig den beiden Kategorien zuordnen. Im Bereich der beiden Gewölbefelder über dem Hauptraum treffen im Scheitel jeweils sechs gerade, einen Stein breite Rippen zusammen. Nach unten zum Gewölbeansatz hin verbreitern sie sich. Die über dem Hauptraum paarweise auftretenden, doppelt gekrümmten Rippen sind doppelt so breit. Eine Besonderheit stellt das Tonnengewölbe über dem Nonnenchor von St. Klara dar, dessen Schichten diagonal verlaufen und sich im Bereich der geraden Extradosrippen zu einer Naht im Schwalbenschwanzmuster treffen.

Das Gewölbemauerwerk von St. Margareta in Břevnov ist auf ähnliche Weise gemauert (Abb. 4 links, 6 Mitte). Die einen Stein dicken Flächen im Binderverband messen 29–31 Zentimeter Dicke. Die Extradosrippen sind eineinhalb Steine dick (45–46 Zentimeter) und zwei bis drei Steine breit. Die doppelt gekrümmten Rippen des Extrados sind besonders ausgeprägt, was auch darauf zurückzuführen ist, dass diese Rippen mit den Höhengsprüngen des Intrados zusammenfallen. An diesem Gewölbe zeigt sich, dass die Einteilung in zwei verschiedene Varianten von Rippen nicht genau vorgenommen werden kann. Die Extradosrippen im Bereich der Gewölbespannen verlaufen im unteren Gewölbeteil entsprechend der doppelt gekrümmten Kanten des Intrados mit einer Krümmung. Hier sind vor allem Binderschichten sichtbar. Weiter oben verlaufen die Rippen zunehmend gerade und es sind vor allem Läuferschichten sichtbar. Im Scheitelbereich treffen sich die Rippen X-förmig. Diese Extradosrippen stehen teilweise nur sehr leicht über die umgebende Extradosfläche über, jedoch sind diese Bereiche am Intrados erhaben.

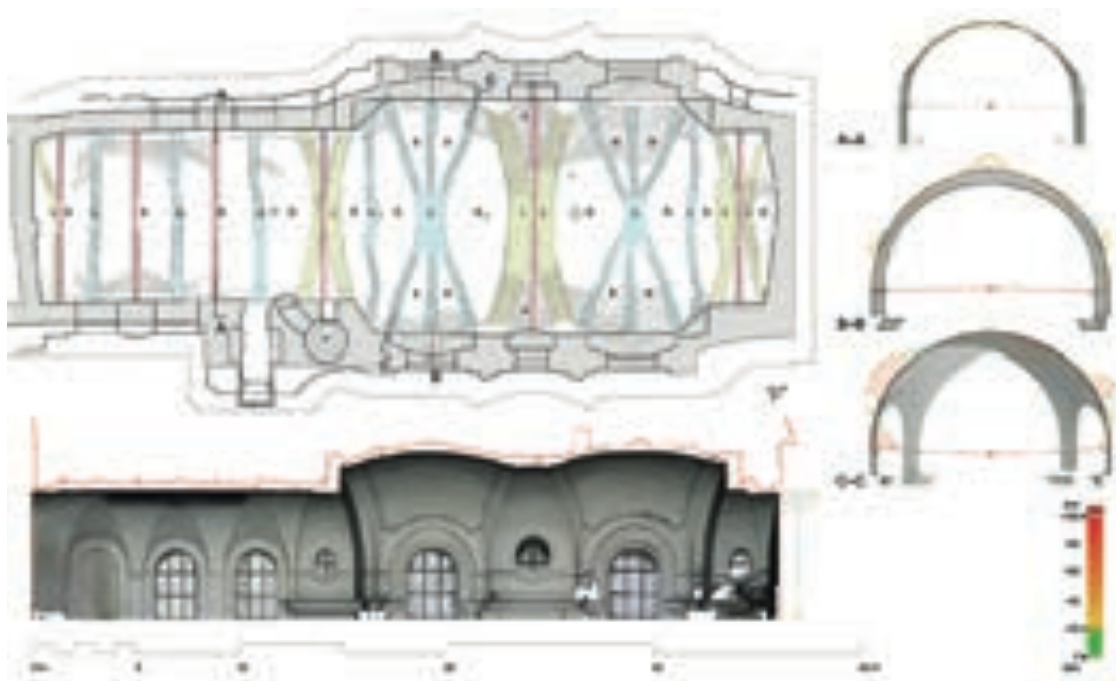


Abb. 3 St. Klara, Cheb, 1708–1711; links oben: Extradosaufsicht, Verlauf der Mauerschichten (grau), gerade verlaufende Extradosrippen (blau), Extradosrippen, die mit Diskontinuitäten am Intradados korrespondieren (grün), Zugelemente und Eisenbänder (rot), Binderschichten (B), Läuferschichten (L), Schwalbenschwanzverband (S); links unten: Längsschnitt, Orthofoto; rechts: Geometrieanalyse, Vergleich zwischen Schnitten durch das Intradadosmodell (grau) und idealen Kreisbögen (rot), die Abweichung wird auf einer Farbskala angegeben

Das Gewölbe der Kirche Mariä Himmelfahrt in Nová Paka hat Gewölbefflächen im Binderverband in der Dicke eines Steines (28 Zentimeter; Abb. 5 links, 6 rechts). Eine Ausnahme von der sonst bei den Gewölben der Gruppe üblichen Mauerung auf Kuf bilden die Scheitel der kuppeligen Gewölbebereiche dieser Kirche, deren Schichten konzentrisch verlaufen. Die Extradosrippen haben eine Dicke von 47–54 Zentimetern, ihre Läuferschichten stehen also etwa eine halbe Steinlänge über die angrenzenden Flächen über. Die vier geraden Extradosrippen sind drei Steine breit und laufen im Scheitelpunkt X-förmig zusammen. Am Intradados sind sie nicht sichtbar. Die doppelt gekrümmten Extradosrippen im Bereich der beiden Spangen zwischen den drei ovalen Gewölbefeldern sind als breite, deutlich vorspringende, verstärkte Bereiche ausgebildet. Sie stehen im Zusammenhang mit den vier doppelt gekrümmten Kerben des Intradados, welche das definierende Element der Gewölbegeometrie darstellen. Diese Kerben resultieren in spitz über die Extradosfläche hervorstehenden Rippenbereichen mit Graten, welche von flach aufliegenden Rippenbereichen mit einer Breite von drei Steinen flankiert werden.

Bauausführung

Die Textur des Mauerwerks erlaubt zudem Rückschlüsse auf die Bauausführung. Anhand von Knicken und Diskontinuitäten in ansonsten homogenen, durchgehenden Backsteinreihen lässt sich ableiten, an welchen Stellen während der Errichtung ein hölzerner Lehrbogen zur Unterstützung und Formkontrolle beim Mauern zum Einsatz kam. Auch die geraden Extradossrippen lassen derartige Rückschlüsse auf die Verwendung von Lehrbögen zu. Diese Vermutungen können durch eine Geometrieanalyse bestätigt werden.¹⁵ Wenn Querschnitte, die im Bereich von geraden Extradossrippen oder Knicken in den Mauerschichten durch die Gewölbeintrados gezogen werden, kreisbogenförmige Gewölbekanten ergeben, ist dies ein Hinweis auf den Einsatz von halb- oder viertelkreisförmigen Lehrbögen. Für die doppelt gekrümmten Bögen, Kanten und Kerben am Intrados, welche am Extradoss durch doppelt gekrümmte Extradossrippen verstärkt werden, waren statt kreisbogenförmigen Lehrbögen Lehrgerüste erforderlich, welche über vertikale Ständer einzelne Punkte auf den Gewölbekanten definierten.¹⁶

Über den in regelmäßigen Abständen aufgestellten Lehrbögen konnten die Gewölbe teilweise freihändig errichtet werden. Freihändige Mauerung war in den räumlich gekrümmten Bereichen der Gewölbefelder möglich, welche in den Plänen durch gekurvte Mauerschichten beschrieben werden. Parallel in Richtung der Längsachse verlaufende Backsteinreihen, wie sie besonders in den Scheitelbereichen auftreten, konnten mit geraden, zwischen den Lehrbögen spannenden Brettern unterstützt und geleitet werden.

Beim Gewölbe von St. Joseph in Obořiště sind im Bereich des Hauptgewölbefeldes Diskontinuitäten in den entlang der Gebäudeachse ausgerichteten Mauerschichten zu erkennen, beispielsweise genau in Feldmitte in Form von leichten Knicken oder Kurven (Abb. 2 links oben). Die Geometrieanalyse eines Querschnitts an dieser Stelle ergibt einen Kreisbogen (Abb. 2 C–C). Es kann daher angenommen werden, dass in Feldmitte in Querrichtung ein hölzerner Lehrbogen platziert wurde. Im Bereich zwischen den V-förmigen Extradossrippen lassen sich leichte Kurven ausmachen, die in Zusammenhang mit der viertelkreisförmigen Gewölbegeometrie des Intrados stehen (Abb. 2 B–B). Das Hauptgewölbefeld konnte über diesen einzelnen Lehrbögen weitgehend freihändig gemauert werden, wie die gekurvten Mauerschichten anzeigen. In den Scheitelbereichen war vermutlich zusätzliche Unterstützung durch gerade Bretter erforderlich. Ein Schnitt durch die geraden Extradossrippen der Gewölbefelder über dem Eingangsbereich und dem Chor ergibt halbkreisförmige Kanten, die auf halbkreisförmige Lehrbögen hinweisen (Abb. 2 A–A). Zwischen diesen Lehrbögen konnten Bretter zur Unterstützung der Gewölbeflächen bei der Mauerung dienen.

¹⁵ Zur detaillierten Geometrieanalyse der Gewölbe der Gruppe siehe Schmitt 2023 (Anm. 3).

¹⁶ Eine Publikation der Autorin mit einer Rekonstruktion dieser Lehrgerüste für doppelt gekrümmte Bögen ist in Vorbereitung. Erwähnt werden sie bereits in Schmitt 2024 (Anm. 3).

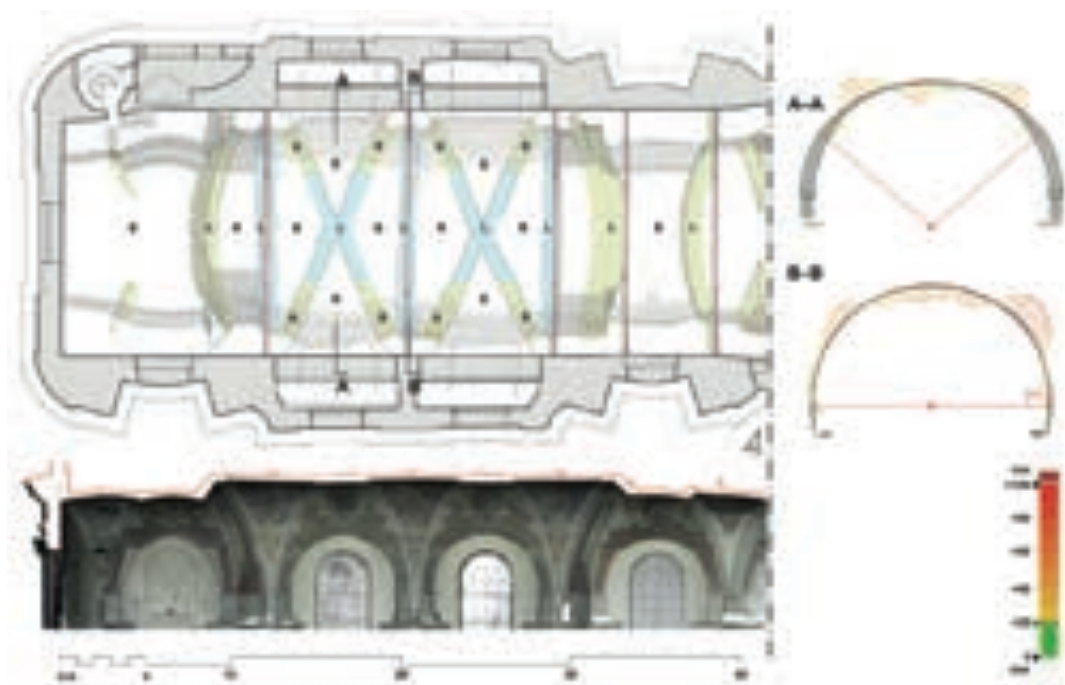


Abb. 4 St. Margareta, Břevnov, 1709–1722; links oben: Extradosaufsicht, Verlauf der Mauerschichten (grau), gerade verlaufende Extradosrippen (blau), Extradosrippen, die mit Diskontinuitäten am Intrados korrespondieren (grün), Zugelemente und Eisenbänder (rot), Binderschichten (B), Läufer-schichten (L), der Bereich rechts der Strichpunktlinie stammt von Kilian Ignaz Dientzenhofer; links unten: Längsschnitt, Orthofoto; rechts: Geometrieanalyse, Vergleich zwischen Schnitten durch das Intradosmodell (grau) und idealen Kreisbögen (rot), die Abweichung wird auf einer Farbskala angegeben

Auch in St. Klara in Cheb konnten die Gewölbe­flächen über dem Kirchenraum unter Zu­hilfenahme von Lehrbögen errichtet werden, welche im Bereich der gerade verlaufenden Extradosrippen platziert waren (Abb. 3 links oben, B–B, C–C). In den tieferen Gewölbe­bereichen konnte dabei auf zusätzliche Unter­stützung verzichtet werden. Im Bereich des Nonnenchores der Kirche deuten die diagonalen Backsteinreihen, die zu einem Schwalben­schwanzmuster zusammenlaufen, die Position von Lehrbögen an. Die Geometrieanalyse für einen Schnitt durch diese Stelle ergibt eine Form, die einem idealen Halbkreis sehr genau entspricht (Abb. 3 A–A). Die diagonalen Mauerschichten ermöglichten eine Errichtung des Tonnengewölbes vermutlich ohne zusätzliche Bretter zwischen den halbkreisförmigen Lehrbögen, die auch zur Formkontrolle dienten.

Das Gewölbe von St. Margareta in Břevnov präsentiert sich in einer besonders deutlichen Tonnenform. Die Querschnitte im Bereich der geraden Extradosbögen sowie in Feldmitte

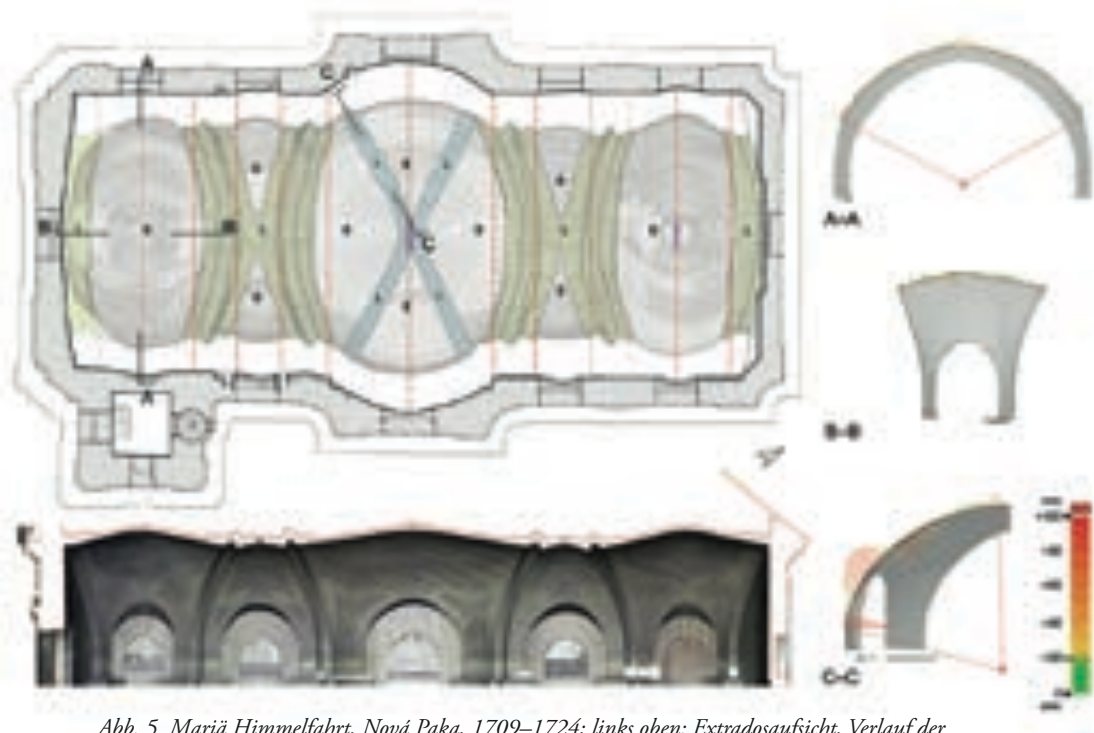


Abb. 5 Mariä Himmelfahrt, Nová Paka, 1709–1724; links oben: Extradosaufsicht, Verlauf der Mauerschichten (grau), gerade verlaufende Extradosrippen (blau), Extradosrippen, die mit Diskontinuitäten am Intrados korrespondieren (grün), Abdrücke der Zugbalken (violett), Eisenbänder (rot), rekonstruierte Lage der Zugelemente (rot gestrichelt), aus Symmetriegründen rekonstruierte Lage der Zugelemente (rot gestrichelt, dünn), Binderschichten (B), Läuferschichten (L); links unten: Längsschnitt, Orthofoto; rechts: Geometrieanalyse, Vergleich zwischen Schnitten durch das Intradosmodell (grau) und idealen Kreisbögen (rot), die Abweichung wird auf einer Farbskala angegeben

resultieren in Kreisbögen (Abb. 4 links oben, A–A, B–B). Aufgrund der kurvierten Gewölbeform konnten zumindest die unteren Gewölbebereiche zwischen den Lehrbögen ebenfalls hauptsächlich freihändig errichtet werden. Eine Unterstützung der Gewölbescheitel durch gerade Bretter in Längsrichtung des Gebäudes, die von Bogen zu Bogen spannten, war vermutlich jedoch erforderlich.

Beim Gewölbe von Mariä Himmelfahrt in Nová Paka verlaufen die Mauerschichten der beiden seitlichen ovalen Gewölbefelder im unteren Bereich in leichten Kurven mit einem Knick in der Mitte, während sie im Scheitelbereich konzentrische Kreise bilden (Abb. 5 links oben). Das Gewölbemauerwerk wurde hier von einem mittigen Lehrbogen in Querrichtung unterstützt (Abb. 5 A–A). Für den Scheitelbereich kamen zusätzlich gerade

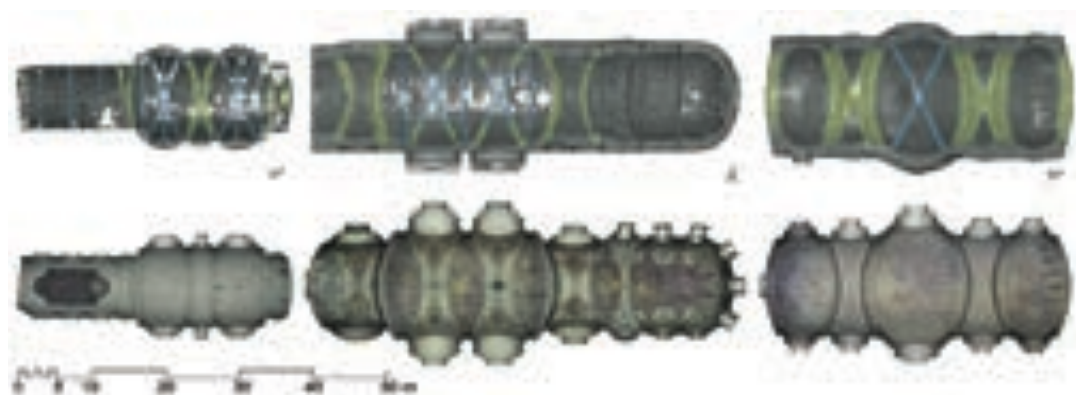


Abb. 6 Extradosaufsichten (oben) und Intradosuntersichten (unten); links: St. Klara, Cheb, 1708–1711; Mitte: St. Margareta, Břevnov, 1709–1722, Chor von Kilian Ignaz Dientzenhofer; rechts: Mariä Himmelfahrt, Nová Paka, 1709–1724; gerade verlaufende Extradosrippen (blau), Extradosrippen, die mit Diskontinuitäten am Intrados korrespondieren (grün)

Holzbalken oder -latten, die in Längsrichtung spannten und auf dem mittigen Lehrbogen auflagen, zum Einsatz. Dies zeigt sich in der Geometrieanalyse anhand von zum Scheitel ansteigenden geraden Linien (Abb. 5 B–B).¹⁷ Bei den X-förmigen Extradosrippen über dem mittleren Gewölbefeld in Nová Paka lässt sich die Form besser als aus zwei Viertelkreisen zusammengesetzt beschreiben (Abb. 5 C–C). Die unteren Gewölbebereiche konnten über den Lehrbögen weitgehend freihändig errichtet werden.

Zugelemente

Ein weiteres zentrales Konstruktionselement der Gewölbe der »radikalen« Gruppe sind hölzerne Zuganker (in den Abbildungen rot markiert) in Form von Querbalken, die zwischen den Außenmauern gespannt sind, wo sie mit eisernen Bändern befestigt sind. Sie sind entweder mittig im Gewölbefeld oder zwischen zwei Gewölbefeldern angeordnet. Am besten erhalten sind diese Anker bei St. Klara in Cheb (Abb. 3 links) und St. Margareta in Břevnov (Abb. 4 links). Die Zugelemente bestehen jeweils aus einem Balken, der horizontal zwischen den Längsmauern gespannt ist, und zwei kürzeren diagonalen Balken, die weiter unten im Bereich

¹⁷ Da aufgrund der kurvierten Grundrisse der Gebäude immer nur kleine Teilbereiche der Gewölbeflächen als Idealfächen, zum Beispiel Kugel- oder Regelflächen, definierbar sind, ist eine Nachmodellierung der Flächen zum Zwecke von Abweichungsanalysen bei diesen Gewölben wenig aussagekräftig.

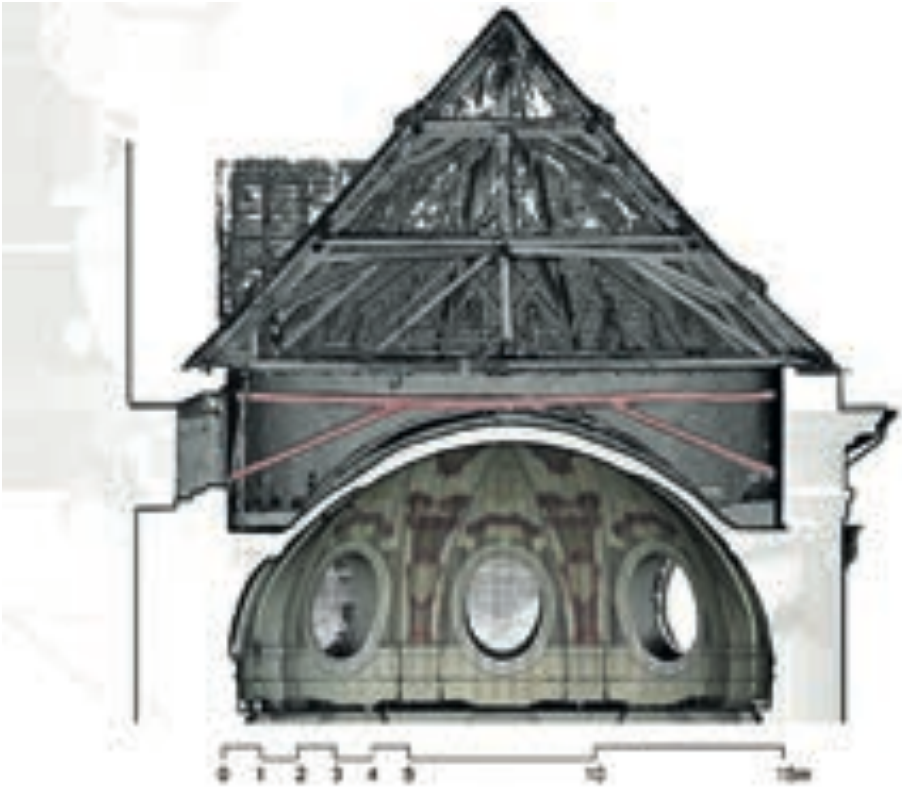


Abb. 7 St. Margareta, Brėnov, 1709–1722; Querschnitt durch den Chor; Zugelemente und Eisenbänder (rot)

der Zwickelfüllung ansetzen und mit dem horizontalen Balken über einfache Blattverbindungen (im Falle von St. Klara) oder einseitige Schwalbenschwanzblätter (im Falle von St. Margareta) verbunden sind (Abb. 7, 8 links).¹⁸ Wie im Querschnitt gut zu erkennen ist, ist dieses Zugelement nicht mit dem Dachtragwerk verbunden, vielmehr besteht ein deutlicher Abstand zwischen Querbalken und Dachbalken.¹⁹ Zum Gewölbescheitel verbleibt meist ein kleiner Spalt, der horizontale Balken kann aber auch teilweise auf dem Gewölbe aufliegen, wie im Bereich des Nonnenchores von St. Klara, oder teilweise eingemauert sein, wie beim Zugelement zwischen den Hauptgewölbefeldern von St. Klara.

¹⁸ Zu barocken Ankerkonstruktionen siehe: Holzer, Stefan M.: *Statische Beurteilung historischer Tragwerke*, Bd. 1 Mauerwerkskonstruktionen, 1. Aufl. Berlin 2013–2015, S. 20, 148–149.

¹⁹ Zu barocken Dachwerken siehe: Holzer, Stefan M.; Köck, Bernd: *Meisterwerke barocker Bautechnik. Kuppeln, Gewölbe und Kirchendachwerke in Südbayern*. 1. Aufl. Regensburg 2008.



Abb. 8 St. Margareta, Břevnov, 1709–1722; Zugelement; links: durchgängiger horizontaler und angeblatteter diagonaler Holzbalken; Mitte oben: loses Eisenband in leerer Balkenöffnung; Mitte unten: Verankerung eines diagonalen Balkens in der Außenmauer mit Eisenband; rechts: loses Eisenband, Gesamtansicht

Die kraftschlüssige Verbindung der Balken mit dem Mauerwerk sollte mit geschmiedeten Eisenbändern hergestellt werden (Abb. 8 Mitte unten). Diese Bänder sind circa 5–6 Zentimeter breit und variieren in der Länge von meist 60–80 Zentimetern bis weit über 1 Meter bei der Schlosskirche in Smiřice. An jedem Balkenende befindet sich ein eisernes Band, das an seinen beiden Enden V-förmig gespalten ist (Abb. 8 rechts). Meist sind die Bänder seitlich über die gesamte Länge mit schmiedeeisernen Nägeln und dünneren Eisenklammern an die Holzbalken genagelt (Abb. 8 Mitte unten). Dass auch das eingemauerte Ende in einer V-förmigen Aufspaltung mit geschmiedeten Nägeln endet, beweist ein Band, das lose im leeren Balkenloch des südlichen diagonalen Balkens des Zugelementes in Gewölbemitte in Cheb verblieben ist (Abb. 8 Mitte oben). Wie genau die Rückverankerung im Mauerwerk vorgenommen wurde, konnte an diesem Bau nicht geklärt werden. Jedoch scheint die Verankerung von der üblichen Befestigungsweise von Ankern mittels vertikaler, in der Mauer eingelassener, eiserner Splinte abzuweichen.²⁰

²⁰ Typische Ankerkonstruktionen werden in Traktaten dargestellt. Siehe zum Beispiel Koller, Matthias Fortunat: *Der practische Baubeamte*, 2. Aufl. Wien 1800, Tafel XL.

Außerdem finden sich an einigen Stellen Eisenbänder zur Verstärkung der Blattverbindungen zwischen den diagonalen und den horizontalen Balken (Abb. 7). Die Tatsache, dass diese Verbindungen zusätzlich verstärkt wurden, lässt darauf schließen, dass die Diagonalen nicht nur zur Unterstützung der horizontalen Balken dienen sollen, sondern dass gerade hier der Gewölbeschub aufgenommen werden soll. Nach dem Verständnis der Baumeister sind die Diagonalstreben und ihre horizontale Verbindung also die wesentlichen Zugelemente. Der Gewölbeschub sollte dort aufgenommen werden, wo er auftritt, möglichst weit unten im Bereich des Gewölbeanfängers. Es handelt sich also nicht nur um provisorische Hilfskonstruktionen während des Bauprozesses, sondern um zentrale Elemente des Gebäudetragwerks – unabhängig davon, ob die nach heutigen Maßstäben sehr weichen Anker ihre Funktion tatsächlich erfüllen.²¹

Die hölzernen Zugelemente der Kirchen St. Joseph in Obořiště und Mariä Himmelfahrt in Nová Paka sind nicht mehr erhalten. Den Bränden, die die ursprünglichen Dachwerke der beiden Gebäude zerstörten, fielen auch die hölzernen Querbalken zum Opfer. In beiden Gebäuden haben sich einige Eisenbänder erhalten, mit deren Hilfe zumindest die Position der Zugelemente rekonstruiert werden kann. An der südlichen Außenmauer von St. Joseph befinden sich, etwas oberhalb der Oberkante der Zwickelauffüllung, zwei schräg aus der Mauer stehende Eisenbänder. Hier müssen mindestens zwei Zugelemente, links und rechts des zentralen Gewölbebereichs, vorhanden gewesen sein (Abb. 2 links oben). In Mariä Himmelfahrt haben sich an zehn Stellen Reste der Eisenbänder in zwei Höhen, auf Scheitelhöhe der Gewölbe und etwas oberhalb der Zwickelauffüllung, erhalten. Aufgrund dieser Reste und aus Symmetriegründen muss für diese Kirche ursprünglich sogar von dreizehn Zugankern ausgegangen werden (Abb. 5 links oben). Am Extrados der Gewölbefelder haben sich im Scheitelbereich außerdem Abdrücke der ursprünglich auf den Gewölbescheiteln aufliegenden Holzbalken im Mörtel erhalten.

Eine Generation später verwendete Christophs Sohn Kilian Ignaz Dientzenhofer Zuganker, die ganz aus flachen Eisenbändern gefertigt sind.²² Er setzte auch Konstruktionen ein, bei denen Querbalken, die den Gewölbeschub aufnehmen, direkt mit der Dachkonstruktion verbunden sind, so zum Beispiel bei St. Franz Xaver in Opařany. Hölzerne Zugelemente mit Eisenklammern kommen bei Kilian Ignaz nur noch als temporäre Absicherung von Gewölbekanten während des Bauprozesses vor.²³

21 Die Abweichungsanalysen der Außenmauern von St. Klara und St. Margareta haben ergeben, dass im Bereich der Zugelemente keinerlei Verformung des Mauerwerks der Außenmauern auftritt. Dies spricht dafür, dass zumindest keine großen Lasten von den Zugelementen aufgenommen wurden und werden. Eine statische Untersuchung der Gebäude wäre hier aufschlussreich.

22 Kilian Ignaz' Zugelemente sind mit denen seines Zeitgenossen Balthasar Neumann vergleichbar. Für seine fränkischen Kirchengewölbe, die ebenfalls von doppelt gekrümmten Formen geprägt sind, verwendete Neumann, der stark von Johann Dientzenhofer beeinflusst wurde, Dach- und Gewölbekonstruktion verbindende Anker. Hierzu siehe Wiesneth 2011 (Anm. 3), S. 240–254; Schmitt 2024 (Anm. 3). Eine Publikation der Autorin zur Geometrie und Konstruktion der Gewölbe des Kilian Ignaz Dientzenhofer ist in Vorbereitung.

23 Schmitt 2022 (Anm. 3), S. 151.

Fazit

Die Gewölbe der »radikalen« Gruppe von Christoph Dientzenhofer zeichnen sich nicht nur durch ihre seit Langem beachtete, außergewöhnlich komplexe Geometrie aus, sondern auch durch ihre bisher unberücksichtigte, ausgefeilte Bautechnik. Die Gewölbe der Gruppe weisen einheitliche konstruktive Details auf, die sie untereinander vergleichbar machen. Meist sind die Gewölbeflächen einen Stein dick und die Extradossrippen haben eine Dicke von eineinhalb Steinen. Alle untersuchten Bauten sind mit zwei Arten von Extradossrippen ausgestattet: gerade verlaufende, rein konstruktive Aussteifungsrippen und doppelt gekrümmte Rippen, die die Intradosgeometrie nachzeichnen. Auch die hölzernen, mit Eisenbändern befestigten und verstärkten Zuganker, deren Position und Verbindungsdetails so konzipiert sind, dass sie den Gewölbeschub möglichst effektiv aufnehmen, sind (oder waren) in allen Kirchen der Gruppe vorhanden.

Diese konstruktiven Aspekte lassen das bautechnische Verständnis des Baumeisters Christoph Dientzenhofer erkennen. Seine entwerferisch innovativen, auf doppelt gekrümmten Formen beruhenden Gewölbegeometrien, denen die »radikale« Gruppe ihren architekturhistorischen Rang verdankt, setzt er mit spezialisierter Bautechnik um. So werden die doppelt gekrümmten Intradosbögen und -kanten durch breite Extradossrippen unterstützt, während die meist schmalere geraden Extradossrippen die Gewölbeschalen in den durchgängigen Bereichen aussteifen. Die hölzernen Zügelemente mit Eisenverstärkungen und -befestigungen unterstützen die Konstruktion an den relevanten Stellen im Bereich der doppelt gekrümmten Formen bei der Aufnahme der Horizontalkräfte. So trägt die Konstruktion im Unsichtbaren dazu bei, die Gewölbegeometrie zu ermöglichen.

Für den Bauprozess der Gewölbe lässt sich weiterhin festhalten, dass komplexe Gewölbeformen mit einfachen Mitteln ausgeführt wurden. So wurden zum Beispiel auch aufwendige ovale Gewölbefelder nur über einfachen Lehrbögen und geraden Brettern gemauert. Die Positionierung der Lehrbögen, die sich aus der Mauerwerkstextur und Position der Extradossrippen ablesen, und über die Geometrieanalyse des Intrados nachweisen lässt, zeugt von der Umsetzung der Entwurfsgeometrie mit erstaunlich simplen Hilfsmitteln.

Danksagung

Der vorliegende Text ist Teil des Promotionsvorhabens von Rebecca Erika Schmitt mit dem Titel »Gewölbearchitektur im Umfeld der Dientzenhofer im Kontext von angewandter Geometrie und Stereotomie«, das am DFG-Graduiertenkolleg 1913 »Kulturelle und technische Werte historischer Bauten« der BTU Cottbus-Senftenberg durchgeführt und von David Wendland betreut wird.

Die Autorin dankt allen, die ihr die Untersuchung der sechs Kirchen zwischen Februar und Oktober 2022 ermöglicht haben: P. Jozef Novák und Hr. Leksa für St. Joseph in Obořiště, Ladislava Reichová für die Schlosskirche in Smiřice, Helena Plachá und Ladislav Knotek für St. Niklas auf der Prager Kleinseite, Markéta Šedivá und Tomáš Dostál für St. Klara in Cheb, Dominik Drong für St. Margareta in Břevnov sowie Fr. Kurikova und Pavel Kalita für Mariä Himmelfahrt in Nová Paka. Besonderer Dank gilt Veronika Mokránová und Lucie Kulmanová für ihre Hilfe bei der Organisation und Durchführung der Kampagnen und Mahshid Heroabady für ihre Unterstützung bei den Planzeichnungen.