



Das Forschungsprojekt „Design Principles in Late-Gothic Vault Construction - A New Approach Based on Surveys, Reverse Geometric Engineering and a Reinterpretation of the Sources“ (ERC Starting Grant) wurde gefördert vom Europäischen Forschungsrat (ERC) unter der Projekt-Nr. 284373

UMSCHLAGABBILDUNG:

Gewölbe der St. Annenkirche in Annaberg,
Jakob Heilmann (Foto: María José Ventas Sierra)

© 2019
Michael Imhof Verlag GmbH & Co. KG
Stettiner Straße 25 | D-36100 Petersberg
Tel.: 0661/2919166-0 | Fax: 0661/2919166-9
www.imhof-verlag.com
info@imhof-verlag.de

REPRODUKTION UND GESTALTUNG

Anna Wess, Michael Imhof Verlag

LEKTORAT

Dorothee Baganz, Michael Imhof Verlag

DRUCK

Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH, Langenhagen

Printed in EU
ISBN 978-3-7319-0608-7

6	Vorwort	
10	1. Einführung <i>David Wendland</i>	
38	2. DIE WEITGEREISTE ARCHITEKTUR DER ALBRECHTSBURG IN MEISSEN	
40	2.1 Konzepte und Repertoire in der Architektur der Albrechtsburg: Reise durch Raum und Zeit <i>David Wendland</i>	
56	2.2 Die Erfindung des Schlosses aus dem Geiste der Mikroarchitektur? Überlegungen zum Entwurfshorizont Arnolds von Westfalen <i>Alexander Kobe</i>	
86	3. EIN EXEMPLARISCHES GEWÖLBE: UNTERSUCHUNGEN IM WAPPENSAAL DER ALBRECHTSBURG	
88	3.1 Das „Neue Gewölbe“ in der Albrechtsburg <i>David Wendland</i>	
100	3.2 Untersuchungen an der Steinkonstruktion des Gewölbes im Wappensaal – Fugenschnittkonzepte in einem mehrschichtigen Rippensystem <i>Alexander Kobe, David Wendland</i>	
132	3.3 „Reverse Engineering“ eines steinernen Uhrwerks: Der Entwurf des Gewölbes im Wappensaal der Albrechtsburg vom Gesamtkonzept bis zur Ausführungsplanung <i>María José Ventas Sierra, David Wendland</i>	
158	4. STEINPLANUNG IN SPÄTGOTISCHEN GEWÖLBEN: GEOMETRISCHE VERFAHREN UND PLANUNGSMEDIEN FÜR KOMPLEXE WERKSTEINKONSTRUKTIONEN	
160	4.1 Von Reißböden und Bogenwinkeln – Überlegungen zur Steinplanung in komplexen spätgotischen Rippengewölben <i>David Wendland</i>	
172	4.2 Steinplanung mit <i>Baivel</i> und biegsamen Schablonen bei Alonso de Vandelvira <i>María Aranda Alonso, David Wendland</i>	
186	4.3 Zu Besuch auf Jakob Heilmanns Reißboden: Steinplanung in spätgotischen Gewölben von der Praxis zur Theorie <i>María José Ventas Sierra, David Wendland</i>	
240	5. GEOMETRIE UND MECHANIK	
242	5.1 Geometrische Konzeption und Tragwerksplanung: Gedanken zur mechanischen Theorie der spätgotischen Gewölbe <i>David Wendland</i>	
276	6. Bibliographie	
288	7. Bildnachweis	

1. Einführung

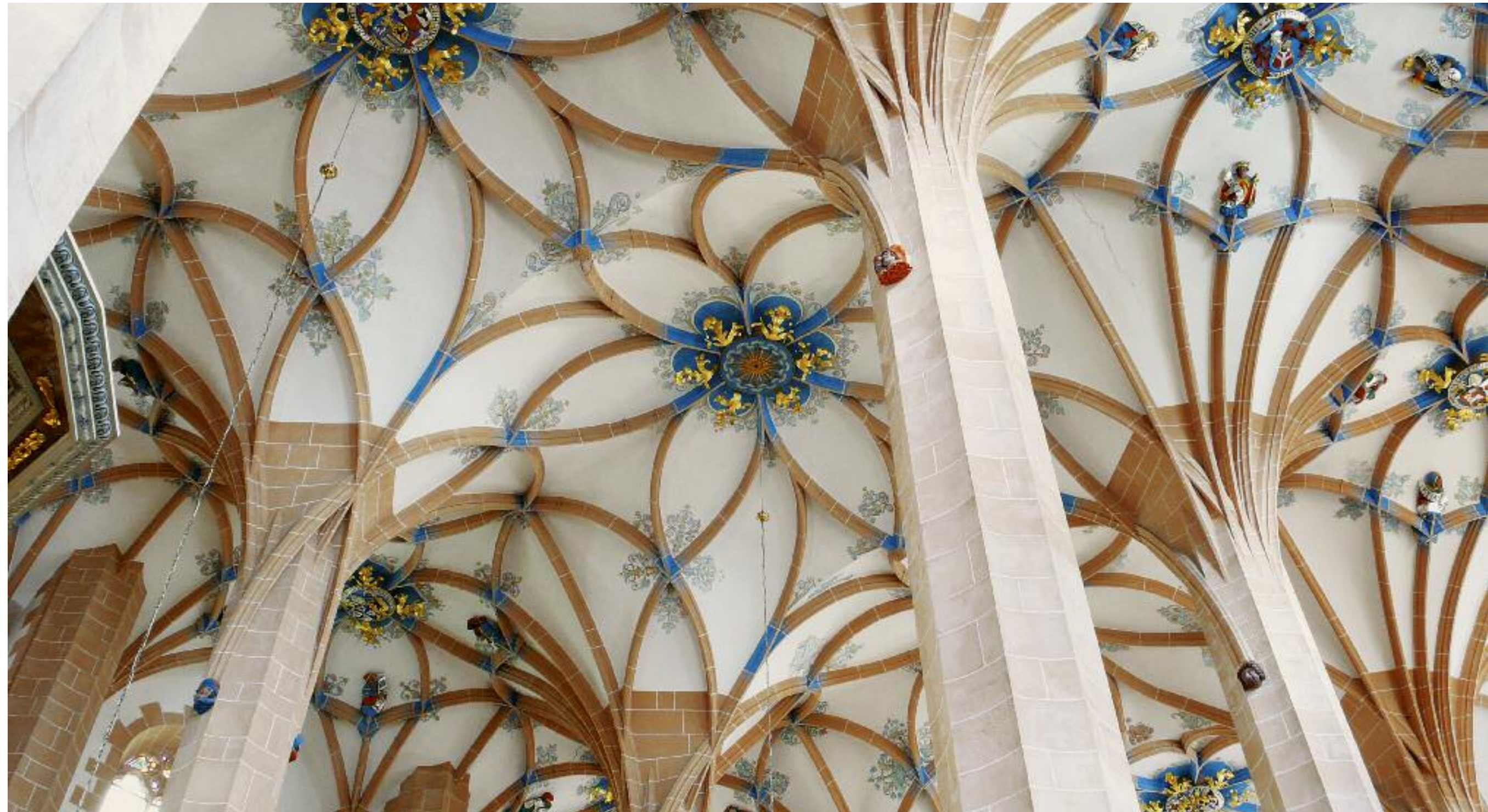
■ David Wendland ■

Im Laufe des 15. und 16. Jahrhunderts hat die Herausforderung, massive gewölbte Decken zu errichten, zu immer komplexeren Lösungen in der Architektur der Spätgotik geführt (Abb. 1). Diese ambitionierten, beeindruckenden und mitunter sehr gewagten Konstruktionen zählen zu den großen Meisterwerken der Architekturgeschichte – sie sind äußerst anspruchsvoll sowohl in Bezug auf die Tragkonstruktion als auch die geometrische Konzeption und Planung. Ihren Erbauern gelang es, die Schwierigkeiten bei der Planung der komplexen räumlichen Rippennetze zu überwinden, Anweisungen für die Herstellung der einzelnen Bauteile und deren Montage zu formulieren, und gekrümmte Flächen in den Gewölben zu errichten, die den Gleichgewichtsbedingungen dieser räumlichen Tragwerke entsprechen.

Diese Konstruktionen werfen zum einen die Frage auf, wie ihre Erbauer von ihrer Standfestigkeit überzeugt sein konnten – wie sie sich die Mechanik einer solchen Tragstruktur vorstellten und wie diese Vorstellungen Eingang in die Planung finden konnten, denn Gewölbe sind grundsätzlich durch ihre Form stabil. Dabei ist auch darüber nachzudenken, wie die Standsicherheit solcher Bauten in jener Epoche überhaupt thematisiert wurde.

Die andere Frage ist, wie diese kunstvollen Rippennetze sowie die gekrümmten Flächen der Gewölbe geplant wurden – insbesondere, wie das Gebäude und seine Einzelteile geometrisch beschrieben werden konnten, um die nötigen Anweisungen für die Herstellung zu formulieren. Denn obgleich viele Personen aus unterschiedlichen Gewerken an der Ausführung beteiligt waren, war es offensichtlich möglich, die einzelnen Bauteile in ihren komplexen Formen passgenau herstellen und auf der Baustelle in erstaunlicher Perfektion montieren zu lassen. Die Direktiven für die Herstellung beruhen auf geometrischen Verfahren und Begriffen: Welche geometrischen Konzepte in der jeweiligen historischen Situation formuliert und auch interpretiert und umgesetzt werden konnten, bestimmt wesentlich das Formenvokabular beim Bauen. Somit sind Entwurf und Planung der Gewölbe und ihrer Einzelteile auch im Kontext der historischen Entwicklung der angewandten Geometrie zu untersuchen.

Das Verständnis, wie diese Bauten geplant wurden, kann einen substanziellen Beitrag zu ihrer Interpretation darstellen – neben den Bildern und Erzählungen, die die Menschen jener Zeit beschäftigt haben. Die Analyse architektonischer und künstlerischer



1 Gewölbe der St. Annenkirche in Annaberg, Jakob Heilmann, frühes 16. Jahrhundert: Die Planung der Werksteinkonstruktion mit räumlich gekrümmten Rippen und komplexen Rippenkreuzungen stellte besondere Anforderungen an die geometrische Planung und wirft die Frage nach dem Verhältnis von Entwurf und Mechanik auf (MVS).



9 Zellengewölbe im zweiten Obergeschoss der Albrechtsburg Meißen, wohl 1489 (MVS)

10 Experimenteller Nachbau von Arbeitsplattform, Reißboden und Lehrgerüst für ein spätgotisches Zellengewölbe in der Dauerausstellung der Albrechtsburg Meißen (DW)

konstruktion basiert, auch entsprechend der Information aus Bau-rechnungen, auf der Verwendung von Nägeln: Die Bögen ruhen auf an die Rundhölzer angenagelten Laschen. Obgleich zuverlässig befestigt, lassen sie sich nach der Vollendung des Gewölbes leicht entfernen. Danach konnten die einzeln aufgestellten Sprie-ßen seitlich weggeschlagen werden, sodass für den Rückbau kein Absenken der Lehrgerüstkonstruktion erforderlich war.¹⁸

Es ist anzunehmen, dass die Bauweise von ausgeführten Lehr-gerüsten von Fall zu Fall variieren konnte – in einer Bandbreite, die von Konstruktionen mit einer einfachen Füge-technik, wie in dieser Rekonstruktion vorgeschlagen, oder aber solchen mit relativ ausgefeilten Holzverbindungen bei ansonsten nur minimal bearbeiteten Hölzern, wie in Lärbro der Fall (s. o. Abb. 6), mög-licherweise bis zu abgebundenen Zimmermannskonstruktionen reichen konnte, die nach dem gleichen Prinzip konzipiert waren.¹⁹ Jedenfalls war das Lehrgerüst mit dem Aufkommen von konti-nuierlich über die Joche hinweg entwickelten Rippennetzen nicht jochweise, sondern gleich über den ganzen zu überwölbenden Raum hinweg zu errichten: Aus baukonstruktiven Überlegungen

ist dies bereits für den Chor des Prager Veitsdoms anzunehmen, und lässt sich in einigen Fällen auch anhand der Untersuchung der Gewölbe belegen.²⁰ Dies, sowie insbesondere die zentrale Be-deutung der vertikalen Stützen, steht im Widerspruch zu der bis-her für die Beschreibung der Lehrgerüste oft herangezogenen zeichnerischen Rekonstruktion von John Fitchen, die allerdings auch nicht auf Befunden oder Quellen beruht und ihren Konstruk-tionsprinzipien nach eher einer modernen Ingenieurkonstruktion entspricht.²¹

Das Lehrgerüst wurde Rodrigo Gils Beschreibung zufolge auf einer hölzernen Plattform errichtet, die man als Arbeitsebene an der Oberseite der Gewölbeanfänger provisorisch einbaute und die zugleich auch als Reißboden diente, auf dem Grund- und Auf-riss des Gewölbes in situ gezeichnet wurden (Abb. 10): Damit konnte die Planung an die tatsächlichen geometrischen Randbe-dingungen des Bauwerks angepasst werden, und die Bauteile, be-ginnend mit den Pfosten für die Schlusssteine, ließen sich exakt und passgenau zuschneiden. Wir können diese Einheit von Reiß-boden und Lehrgerüst als „geometrischen Prozessor“ auffassen,

mit dessen Hilfe das dreidimensionale Kurvensystem des Gewöl-bes im Raum definiert und umgesetzt wurde.²²

Bei der Planung spätgotischer Gewölbe wurde für die Anlage der Kurvensysteme von Bögen, Rippen oder Graten ein graphi-sches Verfahren verwendet, das als „Bogenausragung“ bekannt ist.²³ Neben dem Grundriss, in dem die Rippenbögen als gerade Linien wiedergegeben sind, werden die Aufrisse sämtlicher Bögen gezeichnet, und zwar in ihrer orthogonalen Ansicht, gewisserma-ßen in die Zeichnungsebene umgeklappt (Abb. 11). Entsprechend dem eingangs geschilderten Grundprinzip lassen sich auf diese Weise die Bögen mit ihrer vorgegebenen, einfachen geometrischen Definition – üblicherweise als Kreissegmente – darstellen. Aus ei-ner solchen Zeichnung können selbst in komplizierten Rippenfi-guren alle wesentlichen Informationen zur Fertigung der Werk-steine für Rippen und Schlusssteine wie auch zur Herstellung des Lehrgerüsts entnommen werden.

Das Verfahren ist gut belegt durch zeitgenössische Zeichnun-gen, in denen die Grundrisse der Rippenfiguren in Kombination mit dem Aufriss der einzelnen Bögen in präziser maßstäblicher

Verkleinerung wiedergegeben sind.²⁴ Diese konnten als Grundlage für die in voller Größe ausgeführten Werkzeichnungen verwendet werden – auf Funktion und Charakter der maßstäblichen Archi-tekturezeichnungen sowie der Werkzeichnung wird in der Folge immer wieder ausführlich zurückzukommen sein, weil uns dies auch in dem Bemühen, die Planungsprozesse zu verstehen, als zentrales Thema beschäftigt hat.

Wesentlich ist, dass es sich bei dieser Darstellungsweise nicht, wie in der modernen Praxis der technischen Zeichnung, um Pro-jektionen auf orthogonale Zeichnungsebenen handelt: So ist weder die Abbildung der Rippenfigur im Grundriss als Projektion des räumlichen Gebildes, also dessen nachgeordnete graphische Dar-stellung in der Grundrissebene aufzufassen, noch ist die Darstel-lung der Bögen durch Projektion auf eine orthogonale Schnittebe-ne gebildet. Vielmehr handelt es sich bei ersterer um die horizon-tale Operationsebene für die graphische Konstruktion des räum-lichen Kurvensystems, und bei letzterer, wie bereits erwähnt, im-mer um die ebene Ansicht jedes einzelnen Bogens, unabhängig von dessen Verlauf innerhalb des Grundrisses. Hierin liegt sogar



2.2 Die Erfindung des Schlosses aus dem Geiste der Mikroarchitektur? Überlegungen zum Entwurfshorizont Arnolds von Westfalen

■ Alexander Kobe ■

Die Albrechtsburg in Meißen ragt als Solitär aus der sächsischen Architektur des 15. Jahrhunderts hervor, dessen schillernder Charakter sich eindeutigen Herleitungen und Deutungen bis heute entzieht.¹ Auch die Figur ihres Entwerfers, Arnolds von Westfalen, lässt sich bisher nur schemenhaft greifen. Er ist 1471 mit dem Baubeginn der Meißner Schlossanlage erstmals fassbar; die folgenden zehn Jahre steht er als Landeswerkmeister im Dienst der Herzöge von Sachsen.² Die Zeit vor seinem Amtsantritt liegt dagegen vollständig im Dunkeln. Da alle übrigen Bauwerke, die gemäß den Schriftquellen bis zu seinem Tode 1482 unter seiner Beteiligung entstanden, nicht mehr existieren, wirken sich die Deutungen der Albrechtsburg unmittelbar auf unser Bild ihres Architekten aus.

Ist die architektonische Konzeption der Albrechtsburg nicht ohne die Kenntnis französischer Schlossbauten zu erklären,³ so laufen die Bemühungen, konkrete Vorbilder für die stilistischen und konstruktiven Lösungen in diesem geographischen Bereich zu benennen, ins Leere. Doch auch alternative Vorschläge, welche den Blick wechselweise auf die nachparlerische Sakralarchitektur des Hans von Burghausen im süddeutschen Raum (Magirius 1972, 2007), regionale Vorbilder im lokalen Residenzenbau (M. Donath 2001, bes. 246–248; 2005/2006, 165) oder den Umkreis der Wiener Bauhütte⁴ lenken, vermögen nur recht allgemeine Parallelen aufzuzeigen. Der Große Wendelstein, d. h. der monumentale, der Fassade vorgeblendete Turm mit seiner Wendeltreppe, der geradezu als Signum frühneuzeitlicher Schlossbauten gelten kann, veranschaulicht die angesprochene Problematik in deutlicher Weise. Ist seine typologische und funktionale Herkunft aus dem Kontext französischer Residenzbauten nicht zu bezweifeln, so gilt dies gleichermaßen für die Unmöglichkeit, seine formalen wie strukturellen Eigenschaften von dort abzuleiten.⁵ Im Hinblick auf seine Struktur hat zuletzt vor allem Matthias Müller (1998, 2003, 2004) auf die Tradition durchbrochener Wendeltreppentürme im Sakralbau hingewiesen. Auch für die charakteristischen tordierten Sockelformen der Albrechtsburg konnte die Forschung bisher nur auf die einfachen, vertikal gekehrten Sockel der böh-

misch-parlerischen Architektur des 14. Jahrhunderts verweisen, auf deren Grundlage Arnold die komplexen, mehrstufig verdrehten Typen der Albrechtsburg erfunden haben soll.⁶ Im Rahmen breit angelegter Untersuchungen zu den frühneuzeitlich-humanistischen Diskursen über die Antike in der Kunst des 15. Jahrhunderts nördlich der Alpen hat Stephan Hoppe zuletzt einen anspruchsvollen Vorschlag erarbeitet, die formale Voraussetzungslosigkeit der Meißner Formensprache einer positiven Deutung zuzuführen.⁷ Er betrachtet hierin die formale Distanz zur älteren bzw. zeitgenössischen gotischen Architektur als Resultat des bewussten Versuches, einen historischen bzw. „retrospektiven Stil“ zu schaffen. Im Zentrum seiner Argumentation stehen dabei sowohl die berühmten Zellengewölbe als auch die schraubenartig tordierten Sockel (bzw. die Idee der Torsion), welche er unter Rückgriff auf ältere Forschungen auf die Rezeption romanischer Vorbilder – Gratgewölbe und gewundene Säulen etc. – zurückführt.⁸

Der folgende Beitrag beabsichtigt, die Frage nach den architektonischen Voraussetzungen der Albrechtsburg bzw. dem Entwurfshorizont Arnolds von Westfalen anhand der verschiedenen Meißner Sockellösungen sowie des Großen Wendelsteins wieder aufzunehmen und aus einer neuen Perspektive weiterzuführen. So sollen in einem ersten Abschnitt erstmals Bezüge der Sockel zu Groß- und Kleinarchitekturen aus dem Umkreis der großen Bauhütten in Frankfurt, Straßburg und Basel aufgezeigt werden. Die formalen Analysen werden hierbei mit Überlegungen zu den zugrundeliegenden geometrisch-graphischen Entwurfstrategien verknüpft, um die Sockelentwürfe in einen neuen, bisher noch nicht reflektierten Kontext zu stellen. Im Fokus stehen dabei drei Aspekte: 1. ihr Verhältnis zu komplexen Sockellösungen, wie sie die Füße spätgotischer Taufbecken, Kanzeln oder Sakramentshäuser prägen; 2. ihr Verhältnis zu turmartigen Strukturen wie Strebe Pfeilern und Baldachinen; schließlich 3. die Frage von Wechsel- und Transferprozessen zwischen Zier- und Monumentalarchitektur, deren Relevanz für den Entwurf monumentaler Turmbauten der Hoch- und Spätgotik Robert Bork jüngst

Spannungen beider Systeme in Kauf zu nehmen. Durch den Rekurs auf den traditionellen gotischen Werksteingliederbau stellte sich Arnold bewusst in die formale und bautechnische Tradition der großen kirchlichen Bauhütten des Reiches, wobei er seine Vorgänger und Zeitgenossen in zweifacher Hinsicht zu übertreffen suchte. Erstmals führte er nicht nur Teile, sondern die gesamte Treppe, d. h. Gehäuse, Wange und Treppenlauf als gerüsthafte Konstruktionen aus. Gleichzeitig brach er mit den gängigen Planungsstrategien gotischer Hüttenbetriebe, indem er erstmals das Werksteinskelett einer Turmarchitektur bzw. einer Wendeltreppe auf der Basis eines Kreises konzipierte.⁶⁶ Allein hierdurch war es möglich, die bisherigen wirkungsästhetischen Grenzen, welche das entwerferische Prinzip der geometrischen Approximation setzte, zu überwinden und das formale Ziel einer kontinuierlich fließenden, aufwärtskreisenden Bewegung unmittelbar durch die schraubenförmig gekrümmten Kanten des architektonischen Gliedergerüsts auszudrücken.⁶⁷ Treppenwangen, Handläufe, Stockgesimse usw. mussten nun als Werkstücke konzipiert werden, die

über einer gekrümmten Grundrisslinie in dreidimensionalem Schwung die Tiefe des Raumes erschließen. Der Wendelstein ist das erste Beispiel, bei dem dieser Werksteintyp, der sogenannte Krümmeling, als dominierendes bzw. konstitutives Element einer monumentalen Werksteingliederstruktur eingesetzt worden ist.⁶⁸ Bezeichnenderweise kannte der entwerfende Architekt jedoch auch den zweiten damals bekannten Werksteintyp, welcher die dreidimensionale Krümmung eines Profilelementes zum Thema hat. In der Absicht, den zylindrischen Charakter des Treppenturmgehäuses und seine Autonomie gegenüber dem Corps de Logis zu betonen, sind Großer Wendelstein und Wohnflügel in jedem Geschoss durch tiefe nischenartige Durchgänge getrennt.⁶⁹ Auf der Flügelseite sitzen Portale, die sich an den Achsen des Flügelbaus orientieren, d. h. eben konzipiert sind. Auf der Turmseite sind die Öffnungen der Durchtritte dagegen ohne jegliche Rahmung aus dem Kontinuum der gekrümmten Wandfläche geschnitten (Abb. 97, 98). Sie sind allein durch einen Spitzbogen aus Werkstein ausgezeichnet, der sich sowohl in Grundriss als auch im Auf-

riss in die gekrümmte Wandebene einfügt. Seine Schenkel weisen daher wie Bogenrippen eine doppelte Krümmung auf.⁷⁰ Ein analog gekrümmter Bogen schließt den Treppenlauf am oberen Ende der Treppe ab (Abb. 99, Abb. 47).⁷¹ Während für die Meißner Krümmlinge keine direkten Vorbilder oder Parallelen benannt werden können, lassen sich die doppelt gekrümmten Spitzbögen mit Mittel- bzw. Oberrhein in Zusammenhang bringen. Sind die ältesten Bogenrippen im Gebiet des deutschen Reiches bekanntermaßen unter anderem an den Frankfurter Domportalen Madern Gertheners zu finden,⁷² so zeigt das wohl um 1460 entstandene Ziergewölbe im sogenannten Rotbergjoch des Großen Basler Münsterkreuzgangs, dass diese Technologie in den 1460er Jahren auch am Oberrhein wohl bekannt war (Abb. 100). Das Gewölbe, dessen acht Rippen in sanftem, S-förmigem Schwung gegenläufig in Richtung Scheitel gleiten, repräsentiert eines der ersten Beispiele überhaupt, dessen Figuration vollständig aus Schlingrippen besteht.⁷³ Bei der Konzeption des Taufbaldachins in der Erfurter Severikirche, dessen Verbindung zur Meißner Architektur schon

herausgestellt worden ist, wurde ebenfalls auf die neue Gewölbetechnologie zurückgegriffen (vgl. Abb. 85). Sein unterer Baldachin ist mit einem Gewölbe ausgestattet, dessen Bogenrippen nahtlos aus den Dienst- und Wimpergprofilen hervorspriessen. Sie sind Teil eines freiräumlich bewegten Profilgeflechtes, das die neuen ästhetischen Ideale deutlich vor Augen führt. Die virtuose Zierarchitektur der Erfurter Severikirche stellt somit nicht nur in ästhetischer, sondern auch technologischer Hinsicht ein Bindeglied zwischen Maingebiet, Oberrhein und Meissen dar.

Dem Architekten des Wendelsteins stand mit den Hochtechnologien des Steinmetzgliederbaus, d. h. dem Skelettbauprinzip im Allgemeinen, der Technik der zweischaligen Wand sowie Krümmeling und Bogenrippe ein planungs- und fertigungstechnisches Wissen zur Verfügung, dass vor der Einrichtung der Baustelle auf der Albrechtsburg alleine in den großen kirchlichen Bauhüttenbetrieben zu erwerben war. Die große formale und konzeptuelle Distanz zu vergleichbaren Treppen- und Turmarchitekturen bzw. die Unmöglichkeit, konkrete stilistische oder motivische Vor-

97 Meißen, Großer Wendelstein, Durchgang vom Treppenhaus zum Wohnbau mit doppelt gekrümmtem Bogen (AK)



98 Meißen, Großer Wendelstein, Bogen in Untersicht (AK)



99 Meißen, Großer Wendelstein, Treppenabschluss mit doppelt gekrümmtem Bogen in Untersicht (AK)





100 Basler Münster, Großer Kreuzgang, sogenanntes Rotbergjoch im Westflügel (AK)

bilder für die Lösungen des Wendelsteins im Bereich sakraler Großarchitektur zu finden, kontrastiert mit diesem Befund in auffälliger Weise. Es sei daher eine letzte Überlegung angestellt, die auf das Verhältnis der verschiedenen Maßstabebenen im Entwurf der Albrechtsburg abzielt.

Ruft man sich die beiden dominanten Sockeltypen der Albrechtsburg ins Gedächtnis, welche auf der Staffelung einfacher und tordierter Prismen basieren, so zeigt sich, dass das Turm- bzw. Treppenkonzept des Großen Wendelsteins grundlegende Strukturmerkmale beider Sockeltypen vereinigt. Sockel wie Turm bilden schlanke, stufenweise zurückspringende architektonische Körper bzw. Strukturen, die sich vertikal verjüngen (vgl. Abb. 55 und Abb. 90).⁷⁴ Während der Kapellenturm, der die elbseitige Fassade des Schlosses mit einem Vertikalakzent versieht, die blockhaft geschlossenen Prismen der Sockel fast unverändert reproduziert, lässt sich das polygonal gebrochene Strebssystem des Wendelsteins als Übersetzung der Sockelstrukturen in eine monumentale Skelett- bzw. Gliederbaukonstruktion deuten.

Der sich in kontinuierlicher Torsion verjüngende Schraubensockel, dessen scharfe Kanten und Grate aufwärtskreisende Linien

generieren, lässt sich demgegenüber als Modell der Entwurfsidee verstehen, welche die architektonische Struktur des Turmkerns, d. h. von Treppe und Gehäuse, prägt (vgl. Abb. 57 und Abb. 92). In beiden Fällen werden systematisch alle Möglichkeiten ausgereizt, eine atektonisch wirkende, schraubenförmig aufwärtsgerichtete Drehbewegung zu erzeugen. Der Blick auf die Treppenhäuser von Prag, Regensburg und Straßburg hat gezeigt, dass die Dynamisierung gotischer Werksteinstrukturen durch die Integration dreidimensional gekrümmter Linien bis Mitte des 15. Jahrhunderts zu einem neuen Thema der Treppenarchitektur geworden war. blieb die Realisierung solcher Bogenelemente in monumentalem Maßstab, d. h. als Bogenrippe oder Krümmeling bis zu Beginn der zweiten Jahrhunderthälfte auf isolierte Einzelglieder beschränkt, so entwarf Jodok Dotzinger kurz vor 1450 anhand eines Miniaturmotivs – den Sockeln – eine komplexe architektonische Struktur, die in ihrer Gesamtheit durch die Ästhetik der dreidimensional gekrümmten Linie geprägt ist. Arnold von Westfalen griff mehr als dreißig Jahre später in Erfurt und Meißen nicht nur das Motiv als solches auf, sondern entwickelte die zugrundeliegende Entwurfsidee in formaler wie technischer Hinsicht auf der



101 Meißen, Großer Wendelstein, Blick durch die Hohlspindel (AK)

Ebene des Werksteingliederbaus weiter. Die Kleinarchitektur des Erfurter Baldachins von 1467 mit ihren energisch ausschwingenden Wimpergen und Bogenrippen zeigt dies deutlich. Am Großen Wendelstein schließlich übertrug er das Konzept auf eine monumentale Turmarchitektur bzw. raumhaltige Skelettbaukonstruktion, deren Gewölbe- und Werksteinelemente völlig in den Dienst der aufwärtskreisenden Bewegung gestellt sind. Basieren Sockelquerschnitte und Gewölbefiguration gleichermaßen auf der Rotation und Schachtelung von Polygonen resp. Sternen (vgl. Abb. 58, 91), so liegt der Gedanke nahe, den hohlen Treppenkern mit seinen schraubenförmig aufsteigenden Wangen als Umsetzung der feinen Grate in eine Skelettstruktur aus Werksteinelementen zu verstehen. Die Öffnung des Treppenkerns unterstützt diese Deutung in zweierlei Hinsicht: Sie unterstreicht die Dynamisierung der Drehbewegung von außen nach innen, da die kurvierten Profile der Hohlspindel steiler ansteigen als jene an der Gehäusewand. Viel wichtiger ist jedoch, dass der Schacht im Treppenzentrum eine vertikale Blickachse eröffnet, welche die beabsichtigte Sogwirkung der Konstruktion mit optischen Mitteln zur letzten Steigerung bringt. Das mächtige Profilband der Spindel windet

sich um Wangenstützen, wodurch sich der gerüsthafte Kern entlang der Blickachse perspektivisch verjüngt (Abb. 101). Arnold von Westfalen hat damit erstmals in der Geschichte der Gotik einen Wendeltreppenbau geschaffen, dessen Kern nicht nur die Struktur des Gehäuses bestimmt, sondern zum wahrhaften Gravitationszentrum der gesamten Anlage wird.

Die Annahme eines entwerferischen Transfervorgangs zwischen kleinen Sockelelementen und einem monumentalen Skelettbau mag gewagt erscheinen. Der Entwurf unterschiedlichster architektonischer Elemente und Objekte anhand verwandter Entwurfsschemata sowie der kalkulierte Bruch mit tradierten Typologien, Funktionen und Proportionsverhältnissen, wie sie im Rahmen dieses Beitrags herausgearbeitet werden konnten, zeigt jedoch, dass derartige Beziehungen im 15. Jahrhundert bzw. im Werk Arnolds eine bedeutende Rolle gespielt haben müssen.⁷⁵ Dass gerade im Turmbau mit konzeptuellen Wechselwirkungen zwischen Mikro- und Makroarchitektur zu rechnen ist, hat Robert Bork u. a. anhand des Schönen Brunnens in Nürnberg (1385–1396) und des sogenannten Regensburger Einturmrissses (1400–1410) überzeugend dargelegt.⁷⁶ In der Einleitung seines jüngsten Buches

ZUR AUTONOMIE VON RIPPENBÖGEN UND GEWÖLBEBLÄCHEN

Wie wir gesehen haben, liegt die Gewölbebläche an vielen Stellen nicht direkt am Rippensystem auf, sondern befindet sich in variablem Abstand zu diesem. Mancherorts ist dies unmittelbar durch die Höhenstaffelung an den Kreuzungen bedingt, wo jeweils der am höchsten gelegene Rippenbogen mit seinem Extrados die Lage der Gewölbebläche vorgibt. An anderen Stellen sind solche Ablösungen eine Folge des kontinuierlichen Flächenverlaufs der Gewölbeschale. Der Abstand zwischen Rippe und Gewölbebläche wird durch vertikale Diaphragmen überbrückt, die die Breite des Rippenprofils haben und mit unvermittelten Kanten an die Gewölbebläche anschließen.

Diese Erscheinung kann im Kontext von konstruktiven Details in komplexen Rippengewölben gesehen werden, die durch einen unabhängigen Verlauf der Gewölbebläche von den Kurven der Rippenbögen geprägt sind, und oft als „Pflugscharkappen“ bezeichnet werden. Mit diesem Begriff werden gemeinhin Gewölbekappen angesprochen, deren Mauerwerksflächen keine gleichmäßige Krümmung aufweisen, sondern aufgrund einer Anpassung an die Gewölbebögen, Rippen, Schildbögen etc. zu membranartigen vertikalen Flächen verzogen sind.¹⁷ Das Phänomen hat seinen Ursprung in der Gotik des 12./13. Jahrhunderts in der Île-de-France, wo es insbesondere bei den schmalen Kappen der

sechsteiligen Gewölbe, in Chorpolygonen oder an den Querkappen vierteiliger Gewölbe, welche die Obergadenfenster konturieren, erscheint. Die Kappen steigen zunächst als ebene, vertikale Flächen auf und gehen dann auf der Kämpferebene des Schildbogens sanft in die Krümmung über – ihre Form ähnelt somit der einer Pflugschar (Abb. 160, 161).

Dabei sind jeweils zwei benachbarte Gewölbekappen durch die Randbedingung der stark gestelzten Schildbögen zu einer Wandzunge vereinigt, welche die Stärke des Rippenprofils besitzt und wie der Tas-de-Charge aus horizontalen Quaderlagen aufgeschichtet ist. Die Trennung der Konstruktion in zwei separate Kappen erfolgt erst mit dem Ansetzen der beiden gekrümmten Mauerwerksschalen. Der Begriff Pflugscharkappe bezieht sich somit in etwas unscharfer Weise weniger auf die einzelne Kappe und ihre Verformung, als vielmehr auf die Vereinigung eines Kappenpaares zu einer „segelartig dünn“ gespannten Membran, die im oberen Teil sanft in gekrümmte Kappenflächen übergeht.

Im Spätmittelalter differenziert sich das Phänomen in mehrere Varianten, die sich formal und technisch von den Lösungen der Hochgotik unterscheiden. Ausgangspunkt sind – wie schon im 13. Jahrhundert – die Dispositionen der Gewölbebögen und deren zunehmend divergierende Anordnung im Raum. Als älteste, für die spätmittelalterliche Entwicklung im mitteleuropäischen Raum richtungsweisende Beispiele gelten die Chorbauten von St. Leonhard in Frankfurt (Chorweihe 1434) und St. Katharina in Oppenheim (um 1415–1439; 1703 zerstört).¹⁸ Die „Verräumlichung“ des Rippensystems durch vertikal gestaffelte, fächerartig gespreizte Rippen- und Kappenanfänger am Gewölbefuß, wird in St. Leonhard zum ersten Mal fassbar.¹⁹

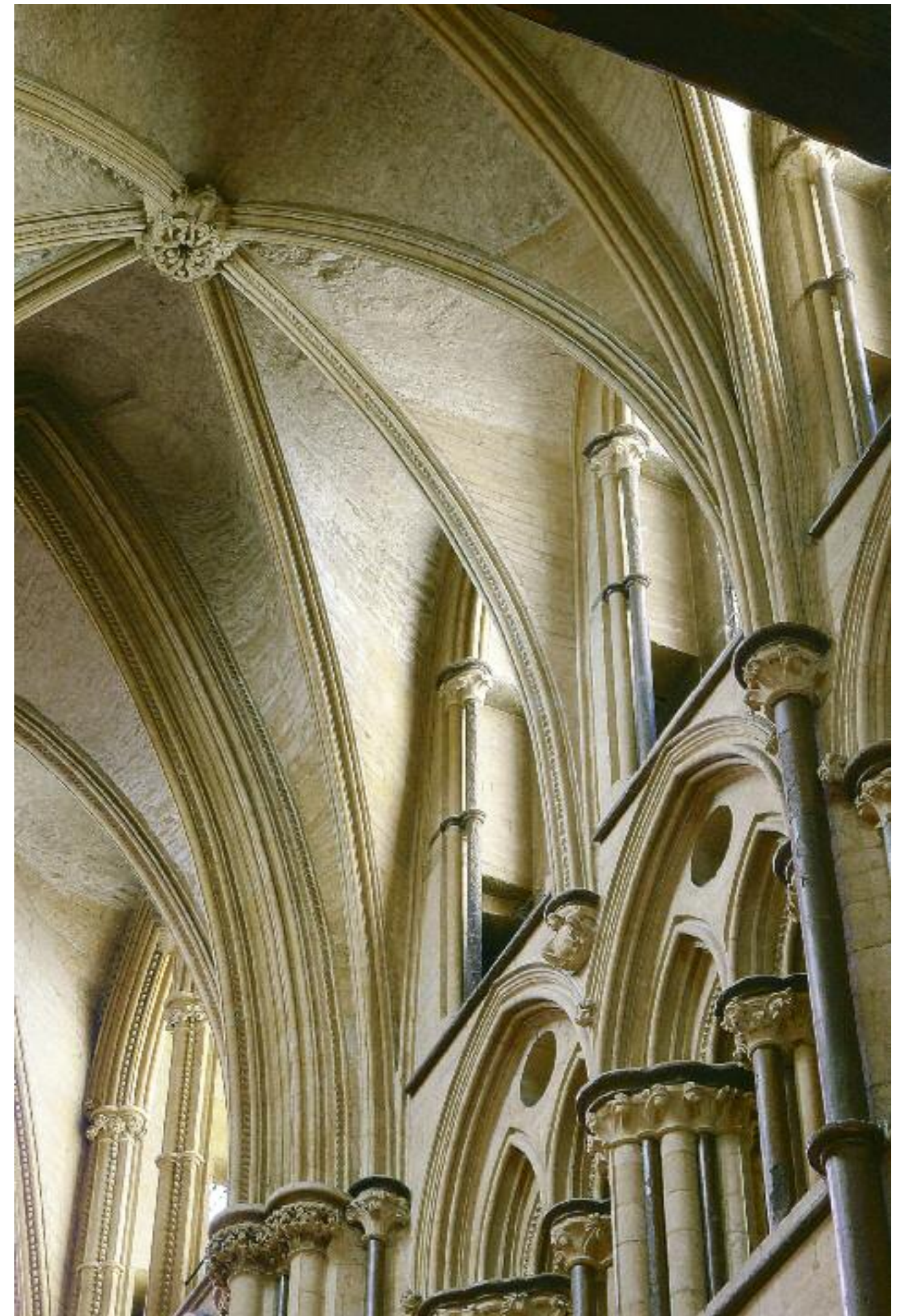
Die fünf Rippenbögen lösen sich auf unterschiedlichen Höhen vom Dienst, sodass sich eine hohe Anfängerzone ergibt. Über den Diagonalrippen steigen die segelartig gespannten Kappen zunächst vertikal an, wobei sie die Schildmauern verdecken, um dann mit einer sanften Biegung in den gekrümmten Kappenscheitel überzugehen (Abb. 162).²⁰

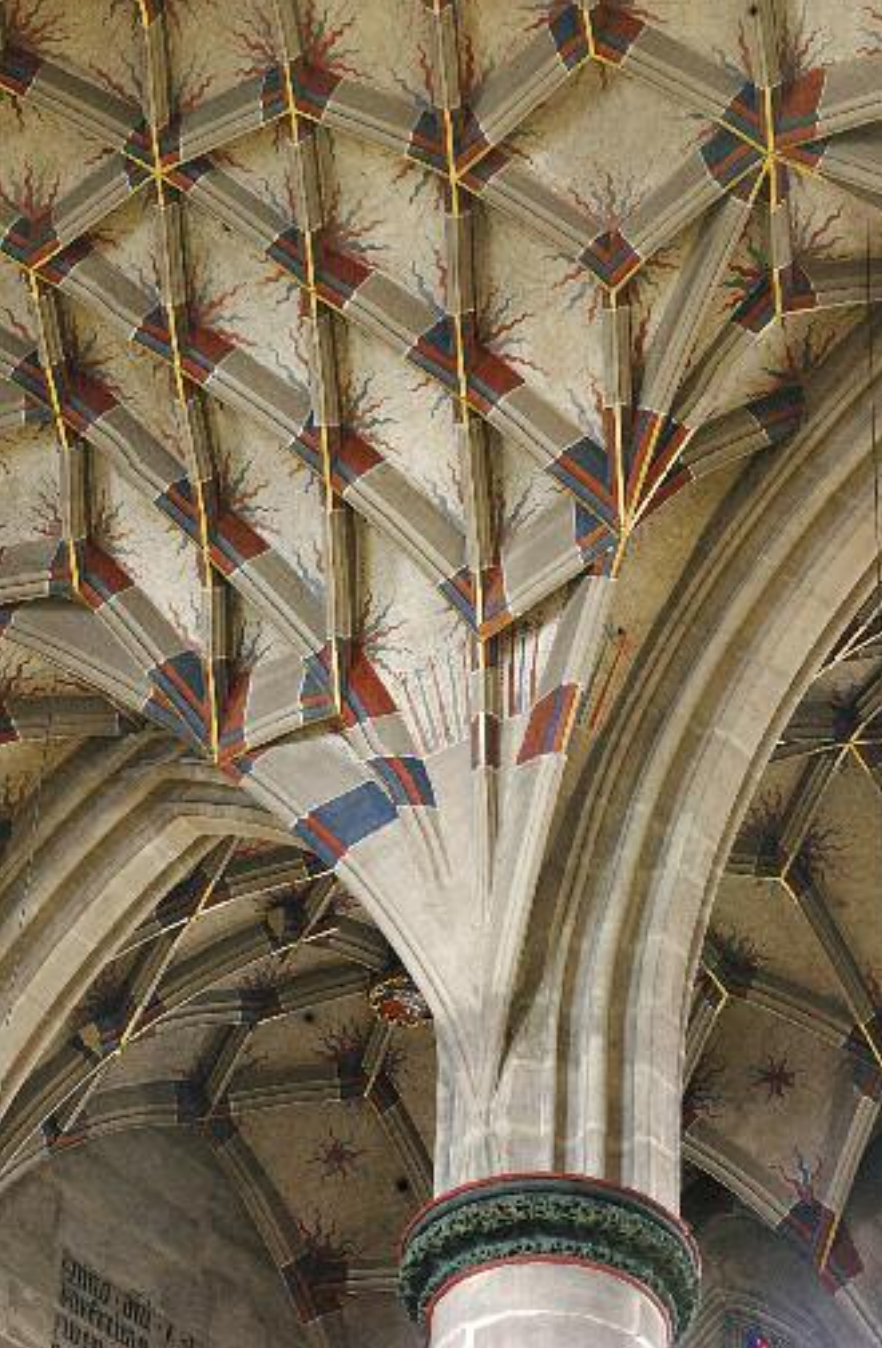
Bei der später dominierenden Lösung wird dieser weiche Übergang, welcher noch die hochgotischen Traditionen reflektiert, durch eine scharfe Zäsur ersetzt: Von den Flanken der tief gelegenen Rippenbögen aus werden vertikale ebene Flächen weitergeführt, die ohne Übergang auf die oben verlaufende Gewölbebläche treffen (Abb. 164). Konzeptionell und auch formal unterscheiden sich diese von den zuvor beschriebenen Pflugscharkappen insofern, als es sich um gesonderte, vertikale Teilflächen handelt, während die Gewölbebläche zugleich nicht mehr auf den Verlauf des Rippenbogens bezogen ist. Die Form entspricht nicht mehr der einer Pflugschar, sondern es sind kantige Gewölbebeine bzw. dün-

160 Pflugscharkappen im Chor des Kölner Doms (MVS/DW)



161 Pflugscharkappen im östlichen Querhaus der Kathedrale von Lincoln: Deutlich sichtbar ist hier der Wechsel in den Steinformaten im Gewölbemauerwerk (DW).





176 Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Kirche, Gewölbefuß im Chor: Die Intradaskurven des Rippennetzes und die Kappenfläche differieren, sodass der Abstand – und damit die Höhe der Rippenzüge – starken Veränderungen unterworfen ist (AK).

aus. Beispiele hierfür sind auch die Gewölbe im Hochchor des Freiburger Münsters, in dem die Rippenbögen schräg zur steilen tonnenartigen Gewölbe­fläche laufen (Abb. 174, 175), oder im Hal­lenchor der Heilig-Kreuz-Kirche in Schwäbisch Gmünd (ab 1491), wo in den steilsten Partien der Gewölbe­fläche sogar Rippen in Längsrichtung verlaufen, sodass bei diesen die raumseitigen Profiloberkanten weit unterhalb der Gewölbe­fläche liegen, obwohl der Rippenbogen eigentlich direkt an dieser anliegt (Abb. 176–178).

Im Fall der Nürnberger Laurentiuskirche ist zu erkennen, dass die Lücken, die zwischen den Rippenoberkanten und den ansteigenden Gewölbe­flächen klaffen mussten, ad hoc mit Backstein ausgesetzt wurden; dabei konnten auch die Korrekturen der Kanten, die im Werkstein nur am Rippenarm der Schlusssteine, nicht

aber im Verlauf des Rippenbogens dazwischen vorgenommen worden waren, weiter abgeschliffen werden. Die Verwendung von Backstein in den vermittelnden vertikalen Flächen zwischen den Rippenoberseiten und der Gewölbe­fläche verringert grundsätzlich den Planungsaufwand erheblich, weil sie ad hoc über dem bereits montierten Rippenwerk vorgenommen werden kann.

Insofern ist auch im Gewölbe des Wappensaals, abgesehen von der beschriebenen Werksteinkonstruktion an den aufsteigenden räumlich gekrümmten Rippenbögen, an anderen Stellen auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass die Diaphragmen über den Rippenprofilen aus Backstein hergestellt wurden. Wo wir keine Werksteinoberflächen konstatieren konnten, können wir leider aufgrund des starken Verputzes keine Aussage zu deren Material und Konstruktion treffen: Dies gilt insbesondere für die Liernen. Über den Kreuzbögen ist allerdings gerade wegen der beschriebenen, deutlich erkennbaren unregelmäßigen Kurvenverläufe im Kappensaum mit einer ad hoc hergestellten Übermauerung zu rechnen.

ÜBERLEGUNGEN ZUM FUGENSCHNITT DER RIPPENBÖGEN: STANDARDISIERUNG DER RIPPENSEGMENTE?

Bei der Betrachtung des Steinschnitts am Rippensystem im Wappensaal fällt auf, dass in den räumlich gekrümmten Rippenbögen der Zuschnitt der Werksteine jeweils identisch ist: Nicht nur der Wechsel von langen und kurzen Stücken, sondern auch die Positionen der Fugen und die Längen der Rippensegmente einer Lage sind in den einander entsprechenden Bögen jeweils gleich (Abb. 105, Abb. 129). Selbst die kurzen, vom Anfänger aufsteigenden Bogenrippen wiederholen spiegelbildlich den Steinschnitt der ihnen entsprechenden unteren Partien der langen Bogenrippen. Gleiches gilt auch für die Liernen in beiden Krümmungsrichtungen. Ein anderes Bild zeigen im Gegensatz dazu, wie bereits erwähnt, die Kreuzrippen: In diesen Rippenbögen, die in vertikale Ebenen eingeschrieben und somit nur zweidimensional gekrümmt sind, variieren die Längen der einzelnen Bauteile deutlich, und in einem Fall unterscheidet sich sogar die Anzahl der verbauten Werksteinrippen.

Bei der einheitlichen Anlage der Formate in den Bogenrippen muss es sich um eine planerische Entscheidung handeln, denn an den Stellen, wo die Strecken zwischen den Schlusssteinen so lang sind, dass sie aus mehreren Rippensegmenten zusammengesetzt

177 (r. Seite o.) Detail. An die Rippensteine schließen wie in Freiburg und Meißen verputzte Flächen an, welche eine Backsteinaufmauerung wie in Nürnberg vermuten lassen (AK).

178 (r. Seite u.) Detail. An der quer zur Steigung verlaufenden Rippe ist die einseitige Überhöhung der Wange besonders stark ausgeprägt (AK).





243 Phasen der Nachbildung eines Werkstücks für eine Trompe mit gekrümmter Bogenfront: Wie in Abb. 242 ist zunächst die Innenfläche mithilfe einer Schablone als ebene Fläche anzunähern (MAA).



244 Im nächsten Schritt werden die Flächen der Fugen angelegt. Anders als bei Vandelvira beschrieben, wird hier anstelle des *Baivel*s eine Schmiege verwendet (MAA).



245 Auf den Flächen der Fugen können mithilfe der von Vandelvira *saltarreglas* genannten Schablonen die Kanten der Bogenfront angerissen werden (MAA).



246 Abarbeiten der zylindrisch gekrümmten Bogenfront (MAA)



247 In diesem Fall wird, in Rückgriff auf eine andere Darstellung bei Vandelvira ([1670?], fol. 16r.), eine biegsame Schablone für die Herstellung der Bogenfront verwendet (MAA).



248 Fertiges Werkstück der Trompe mit gekrümmter Bogenfront (MAA)

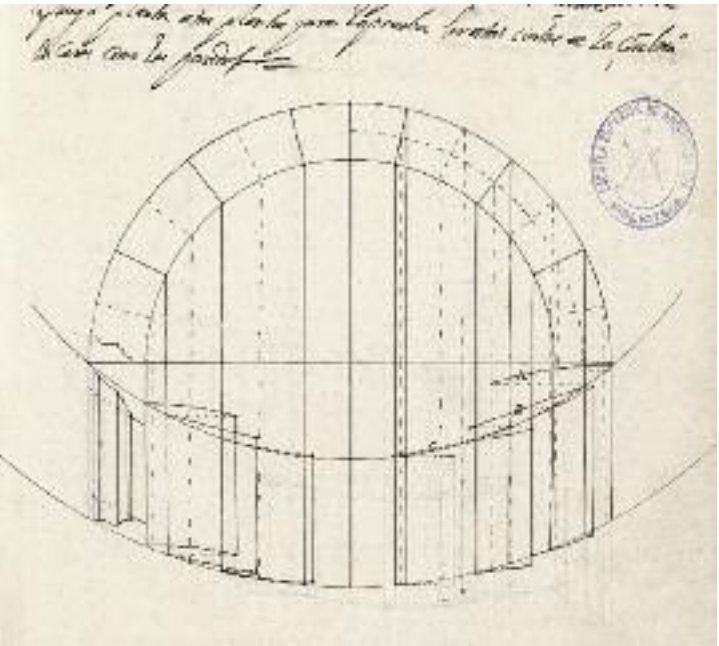
gefangen von der ebenen Fläche, mit der die Leibung zunächst angenähert wird. Auf diesen Flächen können mithilfe der Medien, die das fertige Werkstück abbilden – *Baivel*, Schablonen und Schmiege – die Risslinien für die Herstellung sukzessive angelegt werden. Dieses Prinzip lässt sich bereits aus der Graphik mit der planen Darstellung der Leibungen und den konstruierten Winkeln zwischen Bogenstirn und Lagerflächen eindeutig ablesen. Der Unterschied zu den heute gelehrt Verfahrenswisen der Steinplanung, wie es seit dem 19. Jahrhundert in Lehrbüchern ihren Niederschlag findet, ist grundsätzlicher Natur und auch offensichtlich erkennbar.

TOUR RONDE: KONSTRUKTION EINES RÄUMLICH GEKRÜMMTEN BOGENS MIT *BAIVEL* UND BIEGSAMEN SCHABLONEN

Die Verwendung von biegsamen Schablonen, die auf gekrümmte Flächen aufzulegen sind und in Kombination mit dem *Baivel* verwendet werden, wird dann in der Beschreibung räumlich gekrümmter Bögen dargelegt, die auch für die Problematik der Bogenrippen in spätgotischen Gewölben unmittelbar relevant ist. Auf Beispiele hierfür in späteren gedruckten Traktaten (Derand 1643, La Rue 1728) wurde bereits verwiesen (Kap. 4.1; Abb. 228, 229). Dabei handelt es sich um die Lösung der Aufgabe, einen Rundbogen in der Wand eines runden Turms anzulegen (s. Kap. 2.1), mit dem Resultat eines räumlich gekrümmten Bogens, dessen einzelne Steine zu planen sind (Abb. 249): Philibert de l’Orme bezeichnet diese Aufgabe als *voûte sur une tour ronde*, Vandelvira (in Anspielung auf die beiden Oberflächen der Wand, die konvex und konkav gekrümmt sind) als *arco en torre cavada y redonda* ([1670?], fol. 22r.). Die geometrische Konzeption beruht bei Vandelvira wie auch bei Philibert de l’Orme auf der Durchdringung zweier Zylinder.

Philibert de l’Orme zeigt in einer Abbildung (1567, fol. 72 r.; s.o. Abb. 48) die vier Schablonen, die erforderlich sind, um einen einzigen Bogenstein anzureißen: eine für den Intrados des Bogensteins (*panneau de doyle par desous*),²⁰ eine für den Extrados (*panneau de doyle par dessus*), sowie zwei für die beiden Fugenflächen (*panneaux de jonct*). Vandelvira unterscheidet in seiner Terminologie zwischen den Schablonen für Intrados und Extrados des Bogensteins, die er *plantas*²¹ nennt, während er die Schablonen für die Fugenflächen als *saltarreglas* bezeichnet – dieses Wort wird in den französischen Traktaten für die Schmiege (*sauterelle*), also den durch ein Gelenk verstellbaren Winkel verwendet.²² Bei De l’Orme wird diese Darstellung durch einen fünf Seiten langen Text begleitet, in dem die Übertragung der Maße auf graphische Hilfskonstruktionen erläutert wird. Vandelvira hingegen entwickelt fast alle benötigten Schablonen in einer einzigen Zeichnung und mit einer konzisen Erklärung (Vandelvira [1670?], fol. 22r.).²³

In der Abbildung (Abb. 249) ist der Bogen im Grundriss und in der Ansicht dargestellt, die auch hier als Projektion auf die vertikale Ebene konstruiert ist – entsprechend der geometrischen



249 Konstruktion eines räumlich gekrümmten Bogens (*tour ronde*), als Rundbogen in einer krummen Wand: *arco en torre cavada y redonda* (Vandelvira [1670?], fol. 22r.; Madrid, Biblioteca ETSAM)

Konzeption des Bogens aus der Durchdringung mit einem horizontalen Halbzylinder, erscheint die Ansicht als Halbkreisbogen. Über der Grundlinie, die die Projektionsebene angibt, ist der Aufriss nach oben in die Ebene des Grundrisses umgeklappt. Hier wird der Bogen mit gleichmäßig angelegten radialen Fugen in sieben Voussoirs unterteilt, um dann mit senkrechten Hilfslinien die Fugenlinien von Intrados und Extrados im Grundriss konstruieren zu können. Am linken Bogenansatz ist zudem noch die Profilierung der Bogenstirnen dargestellt.

In den Grundriss des Bogens sind die Umrisse der einzelnen Flächen der Bogensteine hineingezeichnet. Auf der linken Seite sind die Innenflächen der Bogensteine in der Abwicklung dargestellt: Für die ersten drei Voussoirs wird die Abwicklung jeweils von der im Grundriss konstruierten Fugenlinie ausgehend in der horizontalen Fläche konstruiert. Rechts vom Scheitel werden drei Fugenflächen dargestellt, die ebenfalls an der Fugenlinie im Grundriss in die horizontale Ebene umgeklappt sind. Ferner sind von den drei rechten Voussoirs die Abwicklungen der Flächen am Extrados konstruiert, und zwar jeweils von den Fugenlinien im Grundriss ausgehend nach links. Von diesen sind allerdings nur die Kanten an der Innenflanke dargestellt – an der Außenkante sind sie weggelassen, um die Konstruktion der Fugenflächen nicht zu verunklären. Bis auf diese drei fehlenden Kanten sind somit, aufgrund der Symmetrie des Bogens, die Schablonen für die Herstellung der Bogensteine komplett aufgerissen. Das Verfahren kann, wie hier der Fall, in der maßstäblich verkleinerten Darstellung auf die gleiche Weise erfolgen wie in der Werkzeichnung in voller Größe.