

Angesprochen sind dabei wohl in erster Linie die Hochschulen, die im Gegensatz zu den Museen, den Denkmalpflegern, den Restauratoren, inzwischen auch den Forschungsinstituten, über keinen eigenen Verbund verfügen. Sie vor allem könnten den Kunsthistorikertag als Forum für die vielen bedrängenden Probleme des Studiums und der Nachwuchsförderung nutzen. Der jetzige Vorstand des Kunsthistorikerverbandes hat das erkannt. Schwieriger ist die Aufgabe, die übergreifende Öffentlichkeit des Verbandes wieder herzustellen. Die großen Sammlungen mit ihren vielfältigen Erfahrungen müßten durch attraktive Themenstellungen auf die Kongresse zurückgeholt werden. Man sollte schließlich auch das Gespräch mit dem „Ulmer Verein“ oder mindestens — da auch diese Organisation nicht mehr in vollem Flor zu stehen scheint — seinen seit 1976 aus den Kongressen emigrierten Mitgliedern wieder suchen, vorurteilsfrei und aus unvoreingenommenem Sachinteresse heraus. Ein Colloquium über Probleme von Kunstgeschichte und Lehrerbildung, zu dem die Ernst-Reimers-Stiftung unter Teilnahme der Vorsitzenden des Kunsthistorikerverbandes und des UV geladen hatte, bewies ebenso wie die derzeit laufende Vorbereitung eines Funkkollegs „Kunstgeschichte“, daß eine Zusammenarbeit auch bei durchaus gewahrten divergierenden Standpunkten produktiv sein kann. Die Zeit der faulen Tomaten und der Sprengungen ist ja ohnedies beruhigenderweise lange vorbei.

Fazit: Der Kunsthistorikertag kann sich nicht bei ständig schrumpfender Teilnehmerzahl selbst perpetuieren. Die Ausgabe von Mitgliedskarten, die hier und dort zu freien Eintritten berechtigen, die Vorbereitung von Gutachterwahlen dürfen nicht zu seiner hauptsächlichen „raison d'être“ werden. Schließlich ist auch dem Vorstand und dem Beirat die erhebliche Last der Tagungsvorbereitung nur zuzumuten, wenn das Instrument sich durch einen freimütigen Neuanfang wieder mit Leben füllen läßt. Gelingt das nicht, dann wird das mit hoffnungsvollem Fragezeichen über diese Ausführungen gesetzte Motto früher oder später triste Wirklichkeit werden, und das dürfte man dann wohl nicht einmal mehr bedauern.

Willibald Sauerländer

BAUFORSCHUNG

DIE GEOMETRIE DES EBRACHER KIRCHENPLANS — ERGEBNISSE EINER COMPUTERANALYSE

Die Frage, inwieweit mittelalterliche Kirchenbauten nicht nur in Details, sondern in ihren Gesamtproportionen nach geometrischen Verfahren entworfen wurden, ist trotz etwa 150jähriger Diskussion noch nicht eindeutig beantwortbar (Zur Einführung in die behandelten Probleme vgl. Booz, P.: Der Baumeister der Gotik, München—Berlin 1956, sowie Bucher, F.: Medieval Architectural Design Methods, Gesta 11, 1973, 37—51). Die Quellen gewähren zu diesem Thema nur ungenügende Auskunft: Zeitgenössische Baunachrichten sind spärlich; die in der großen Mehrzahl erst aus dem 14./15. Jahrhundert datierenden Architekturzeichnun-

gen betreffen — falls sie überhaupt geometrische Konstruktionen als sog. Blindrillenvorzeichnungen aufweisen — überwiegend Details, und die im einzig erhaltenen Musterbuch des 13. Jahrhunderts (von Villard d'Honnecourt) und den Konstruktionsanleitungen des 15./16. Jahrhunderts überkommenen Darstellungen sind zweifellos unvollständig, und zwar sowohl hinsichtlich der verfügbaren geometrischen Techniken als auch deren Anwendung auf die Entwurfsplanung.

Die Forschung auf diesem Gebiet war infolgedessen seit jeher auf die Baudenkmäler selbst als wichtigste Informationsquellen angewiesen. Sie leidet jedoch erheblich an methodischen Mängeln: Verfahren zur systematischen Erfassung des Bestandes eines Bauwerks an geometrischen Proportionen existieren bis heute nicht. Da nur bei wenigen Bauten zeitgenössische Konstruktionsberichte oder Pläne herangezogen werden können (Beispiele bei Velte, M.: Die Anwendung der Quadratur und Triangulatur bei der Grund- und Aufrißgestaltung der gotischen Kirchen, Basel 1951), stützen sich die Untersuchungen meist lediglich auf intuitiv-zeichnerische Interpretation von (z. T. idealisierten und nur in Reproduktionen herangezogenen) neuzeitlichen Bauaufnahmen. Die verschiedenen Autoren verwenden dabei teils die Innen-, teils die Außen- oder Achsmaße der Bauten, teils ein Gemisch aus allen diesen, ohne dabei die Gesetze der wechselseitigen Abhängigkeit dieser Maßkategorien zu beachten — diese Maße können z. B. aus mathematischen Gründen nur dann gleiche Proportionen aufweisen, wenn sich die entsprechenden Mauerdicken proportional mit verändern. Auch das für die Proportionserkennung entscheidende Kriterium der zulässigen Abweichung der Baumaße vom theoretischen Wert wird in der Regel nicht adäquat berücksichtigt. Eine inhärente Problematik dieser Analysen ergibt sich durch die Notwendigkeit nicht nur kunsthistorischer, sondern auch mathematischer Kenntnisse, die jedoch bei vielen Autoren offensichtlich ungenügend sind. Nicht erkannt werden häufig bereits die formalen Beziehungen zwischen regelmäßigen Vielecken und geometrischen Reihen (Quadratur und Triangulatur), Vielecken und Rechtecken (die Proportionen der „klassischen“ Rechtecke sind alle aus Dreieck, Quadrat und Fünfeck abzuleiten) sowie Vielecken und Zahlenverhältnissen (die nicht nur irrationale, sondern auch rationale Zahlen umfassen). Einfache Zusammenhänge werden oft durch phantasievolle, angeblich mittelalterliche Konstruktionsverfahren verunklart: So entpuppt sich z. B. das vielzitierte „v. Drachsche Dreieck“ bei näherer Hinsicht als Bestimmungsdreieck des Oktogons, usw. Die Ergebnisse sind entsprechend kontrovers und haben zu zahlreichen Konstruktionshypothesen geführt, die meist jeweils einzelne Polygone — Dreieck, Quadrat, Fünfeck — oder bestimmte Zahlenverhältnisse (vgl. Hahn, H.: Die frühe Kirchenbaukunst der Zisterzienser, Berlin 1957, S. 66 und 314 ff.) als generelles Leitprinzip mittelalterlicher Entwurfsplanung postulieren. Spekulation und weltanschaulicher Mystizismus haben dabei teilweise die wissenschaftliche Argumentation ersetzt — zum Schaden der Entwicklung dieses Forschungsgebietes.

Die Untersuchungen, über die nachfolgend berichtet wird, sind Teil eines vom Verfasser geleiteten Projektes zur Erforschung der Baugeschichte der 1200—1285

erbauten Klosterkirche Ebrach (vgl. Wiemer, W.: Baugeschichte und Bauhütte der Ebracher Klosterkirche 1200—1285, Jahrb. f. fränk. Landesgesch. 17, 1957, 1—85). Dabei werden auch Nachvermessungen des Bauwerks, zum Teil mit photogrammetrischen Methoden, durchgeführt. Angesichts dieser Meßdaten und der beruflichen Erfahrung einiger Projektmitglieder auf dem Gebiet der elektronischen Datenauswertung lag es nahe, zu versuchen, Methoden der numerischen Datenanalyse, wie sie in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Medizin üblich sind, auf die Baugeometrie anzuwenden. Diese Untersuchungen erstreckten sich zunächst, entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Vermessung, auf den Grundriß der Kirche sowie einige Wölbungsformen. Es sei bemerkt, daß sie angesichts des skizzierten Problemstandes mit eher skeptischen Erwartungen begonnen wurden; umso ermutigender erscheinen die Resultate.

Grundzüge des Verfahrens

1. *Programm zur Bestimmung der Kurvensegmente von Bogenführungen:* Dieses von E. Schildheuer für Prozeßrechner (PDP 11) entwickelte Programm beruht auf der Verbindung von Photogrammetrie und Computeranalyse: Ein photogrammetrisch erfaßter Bogenverlauf wird — gegebenenfalls nach der bei schrägen Aufnahmewinkeln erforderlichen Entzerrung — in seinem Kurvenprofil durch eine Reihe von Bezugspunkten definiert, die anhand des Photogramms ausgewählt werden. Diese können durch das Programm direkt in ihren Raumkoordinatenwerten bestimmt und weiter verarbeitet werden. Das Programm kann dann aus diesen Meßpunkten dasjenige Kreissegment (oder Segment einer anderen Kurvenfunktion) ermitteln, das den betreffenden Bogenverlauf am besten beschreibt. Die statistische Signifikanz dieser Hypothese, d. h. Wahrscheinlichkeit der Identität von Meßpunkten und angenommener Kreisfunktion, wird vom Programm nach den üblichen Verfahren ebenfalls errechnet und angegeben. Auf diese Weise können auch Bogenverläufe in Gewölben, die der direkten Messung entzogen sind, in ihren geometrischen Kenndaten bestimmt und Rückschlüsse auf die geometrische Konstruktion der zugrunde liegenden Lehrgerüste gewonnen werden. Auf die Ergebnisse dieses Verfahrens bei der Untersuchung der Gewölbekonstruktionen der Michaelskapelle wird in einer folgenden Veröffentlichung eingegangen werden.

2. *Programm zur Bestimmung der im Grundriß enthaltenen geometrischen und Zahlenproportionen:* Dieses Verfahren, das vom Verfasser konzipiert und von H. Brandt auf dem Großrechner der Kernforschungsanlage Jülich programmiert wurde, geht in seiner vorläufigen Form nicht von Meßpunkten (eine erweiterte Version für Raumkoordinaten ist geplant), sondern von Meßstrecken aus. Ziel dieses Verfahrens ist zunächst die Feststellung des Gesamtbestandes an relevanten Zahlenverhältnissen und geometrischen Proportionen in Abhängigkeit von gesetzten Vertrauensgrenzen und zwar bei Außen-, Innen- und Achsmaßen, dann die Feststellung der Zusammenhänge gefundener Proportionen, insbesondere im Hinblick auf durchgehende Konstruktionsverfahren, schließlich die Erarbeitung statistischer

Kriterien zur Kennzeichnung des Wahrscheinlichkeitsgehaltes dieser Aussagen. Dieser letztere Teil des Programmes ist noch nicht abgeschlossen, da die statistische Behandlung geometrischer Figuren die aufwendige Neuentwicklung entsprechender mathematischer Verfahren notwendig macht.

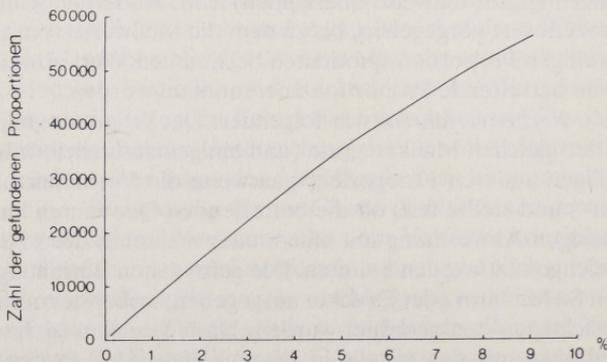
Als *Ausgangsdaten* wurden dem Rechner einerseits alle wichtigen Strecken des Grundrisses in ihren Außen-, Achs- und Innenmaßen einschließlich der Mauer- bzw. Gurtstärken eingegeben. Die Bezugsebene für die Achsmaße war bei den Pfeilern, Gurten und Mauern mit einheitlicher Dicke deren Mitte, bei Außenmauern mit abweichender Stärke eine dem vorigen Maß entsprechende Mauerebene. Beim Vorliegen mehrerer gleichwertiger Meßwerte (z. B. Pfeilerabstände im Mittelschiff) wurden die Mittelwerte verwendet. Neben solchen Baumaßen konnten auch beliebige andere Zahlenwerte eingegeben und auf Proportionszusammenhänge mit den Meßstrecken untersucht werden. Dadurch war es möglich, auch Fußmaße oder konstruktionsbezogene Strecken, die nicht als Baumaße vorkommen (z. B. die Radien der Umfassungskreise für Chor- und Langhaus), in das Verfahren einzubeziehen. Die Zahl aller dieser Strecken betrug bei der vorliegenden Analyse 214. Andererseits wurden dem Programm — ebenfalls in numerischer Form — die Kenndaten der wichtigsten für die Mathematik des beginnenden 13. Jahrhunderts voraussetzenden Zahlenverhältnisse und geometrischen Formen eingegeben. Diese bestanden aus den Verhältnissen der ganzen Zahlen 1 bis 12 sowie den Streckenverhältnissen, die die klassischen geometrischen Figuren — Kreis, Rechtecke und regelmäßige Vielecke (Dreieck, Quadrat, Fünf-, Sechs-, Acht-, Zehn- und Zwölfeck) — bestimmen. Solche typischen Quotienten sind z. B. beim gleichseitigen Dreieck das Verhältnis der Seitenlängen ($1:1 = 1,000$), der Höhe zur Seite ($\sqrt{3}:2 = 0,866$) und des Radius des Umkreises zur Seite ($1:\sqrt{3} = 0,577$). Insgesamt betrug die Zahl dieser „Proportionsquotienten“ (die sich bei den verschiedenen Zahlen und Figuren teilweise überlappen) 136. Außerdem wurde dem Programm der Prozentwert vorgegeben, bis zu dem die Meßwerte vom theoretischen, durch den jeweiligen Proportionsquotienten bestimmten Wert abweichen durften, um noch für die betreffende Proportion anerkannt zu werden.

Der *Gang des Rechenverfahrens* war folgender: Das Programm bildete von allen Meßstrecken der gleichen Maßkategorie (und einigen zusätzlich wählbaren Strecken der jeweiligen anderen Kategorien) paarweise die Verhältniszahlen („Streckenquotienten“) und stellte fest, ob die betreffenden Quotienten im Rahmen der gesetzten zulässigen Abweichung mit einem oder mehreren der 136 Proportionsquotienten gleichgesetzt werden konnten. Die gefundenen Beziehungen wurden in Listen auf dem Sichtschirm oder Drucker ausgegeben, wobei sie routinemäßig nach folgenden Gesichtspunkten geordnet wurden: Nach Strecken (d. h. als Liste aller Streckenverhältnisse mit den jeweils in Frage kommenden Proportionen), nach Proportionen (d. h. als Liste aller Proportionsquotienten mit den jeweils in Frage kommenden Streckenverhältnissen) sowie nach Proportionsgleichheit der Außen-, Achs- und Innenmaße (d. h. als Liste derjenigen Strecken, die in zwei oder allen Maßkategorien gleiche Strecken- und damit auch Proportionsquotienten aufwie-

sen). Darüber hinaus konnten beliebige weitere Zusammenstellungen frei gewählt werden, z. B. Listen über das Vorkommen bestimmter Proportionsfolgen wie Quadratur, Triangulatur oder Kombinationen verschiedener Polygone (Die Quadratur ist geometrisch dadurch gekennzeichnet, daß der Inkreis eines Quadrats jeweils zum Umkreis des nächsten eingeschriebenen Quadrats wird. Die Seitenlängen einer solchen Quadratfolge verhalten sich wie $1:\sqrt{2}$, $1:2$, $1:2\sqrt{2}$, $1:4$ usw., entsprechend also einer geometrischen Folge mit dem Quotienten Seite/Diagonale des Quadrats. Dabei ist es ohne Belang, ob die Quadrate — wie in Fig. 4 — mit parallelen Seiten oder — wie häufig auch in mittelalterlichen Konstruktionen, vgl. Roritzer — übereck gezeichnet werden. Entsprechende geometrische Folgen lassen sich auch aus anderen regelmäßigen Vielecken ableiten; Z. B. verhalten sich die Seitenlängen ineinander geschriebener Sechsecke wie $\sqrt{3}:2$, $3:4$, $3\sqrt{3}:8$, $9:16$ usw., entsprechend also einer geometrischen Folge mit dem Quotienten Höhe/Seite des gleichseitigen Dreiecks; vgl. Fig. 5). Bei allen Auflistungen wurden neben den Bezeichnungen der Strecken und Proportionen auch die absolute und relative Abweichung der betreffenden Meßwerte vom theoretischen, aus dem betreffender Proportionsquotienten abgeleiteten Wert angegeben; für statistische Berechnungen konnten zusätzlich die Quadrate der einzelnen Abweichungen und deren Summe sowie Mittelwerte und Standardabweichungen ausgegeben werden.

Ergebnisse

Gesamtbestand an Proportionen: Läßt man vom Programm alle in Frage kommenden Proportionen aller möglichen Streckenverhältnisse ohne Rücksicht auf deren Stellenwert im Gesamtplan der Kirche dokumentieren, so ergibt sich eine ungeheure Zahl von Zuordnungen. Diese Zahl zeigt erwartungsgemäß eine deutliche Abhängigkeit von der gesetzten zulässigen Abweichung: Aus Fig. 1, die den Zu-



Zulässige Abweichung des Meßwertes vom theoretischen Wert

Fig. 1 Gesamtzahl der Proportionen in Abhängigkeit von der zulässigen Abweichung zwischen gemessenem und theoretischem Wert

Wert

sammenhang zwischen der Gesamtzahl der in allen Maßkategorien gefundenen Proportionen und der Abweichung darstellt, ist zu ersehen, daß bei 9 % zulässiger Abweichung über 50 000, bei 1 % immer noch etwa 7000 „bedeutungsvolle“ Verhältnisse ganzer Zahlen oder geometrischer Strecken gefunden wurden! Selbst bei der letzteren engen Bemessungsgrenze war jeder Proportionsquotient jeweils in allen drei Maßkategorien vertreten, und zwar in der Regel mehrfach: Im Durchschnitt entfielen auf jeden Proportionsquotienten über 50 Strecken-, auf jede Strecke über 40 Proportionsbeziehungen. Dabei war häufig dasselbe Streckenverhältnis mehreren Proportionsquotienten zugeordnet, und zwar dann, wenn diese sich weniger als die gesetzte Abweichungsgrenze unterschieden. So ließ sich z. B. bei den Achsmaßen das Verhältnis der Gesamtlänge des Chors zuzüglich Querschiff zur Gesamtbreite des Chors ($V+C/L:C/B = 1,114$) bei $\pm 1\%$ zulässiger Abweichung auffassen als Verhältnis a) des Umkreis-Radius zum Inkreis-Radius II. Ordnung des Zehnecks ($r_{10}: \varrho_{10} = 1,105$) b) des Umkreis-Radius zum Inkreis-Radius III. Ordnung des Zwölfecks ($r_{12}: \varrho_{12} = 1,110$) c) der Zahlen 10 und 9 ($10:9 = 1,111$) d) des Seitenabstands zwischen inbeschriebenem Dreieck und Fünfeck zur Seitenlänge des Fünfecks ($Hd_s:as = 1,114$) e) des Umkreis-Radius zur längeren Seite des inbeschriebenen Rechtecks mit dem Seitenverhältnis 2:1 ($rR:2aR = \sqrt{5}:2 = 1,118$) sowie f) der Zahlen 9 und 8 ($9:8 = 1,125$). Die Interpretation einzelner Maßverhältnisse erwies sich daher als grundsätzlich mehrdeutig. Zur Beantwortung der Frage, ob der Grundriß als systematische geometrische Komposition interpretiert werden kann, mußten infolgedessen weitere Aspekte wie die konstruktiven Zusammenhänge dieser Proportionen sowie ihre Bedeutung für den Gesamtplan in die Analyse einbezogen werden.

Kriterien für Proportionszusammenhänge: Sie zielten allgemein darauf ab, den Stellenwert der jeweiligen Strecken, Proportionen und Proportionsbeziehungen für eine mögliche geometrische Gesamtkomposition des Grundrißplanes festzustellen. Dieser Stellenwert hängt zunächst von bestimmten Annahmen über Kenntnisstand und Entwurfspraxis in der Baugometrie um 1200 ab, die hier nicht im einzelnen diskutiert werden können. (Grundannahme war, daß alle diese Verfahren dahingehend angelegt sein mußten, die Proportionen der betreffenden Figuren möglichst direkt auf geometrischem Wege im Bauplan abzubilden, ohne die entsprechenden z. T. irrationalen Zahlenwerte errechnen zu müssen, die bei dem niedrigen Kenntnisstand des Mittelalters in der Arithmetik selbst auf „gelehrter“ Ebene nicht allgemein vorausgesetzt werden können.) Des weitern wurden berücksichtigt, vor allem diejenigen Strecken und Streckenverhältnisse, die Gesamtform und hauptsächliche Gliederungen des Grundrisses bestimmten (also z. B. Breite und Tiefe des Gesamtchores oder des Presbyteriums gegenüber Breite und Tiefe einer einzelnen Nebenkapelle). Bei Alternativen der Zuordnung geometrischer Proportionen zu Streckenverhältnissen wurden diejenigen besonders gewichtet, die der weniger komplizierten geometrischen Figur angehörten (z. B. Fünfeck gegenüber Zehneck) und diese Figur durch die betreffenden Strecken im Grundriß möglichst konkret abbildeten: So läßt sich zwar, wie oben dargelegt, das Streckenverhältnis „Gesamtchor-

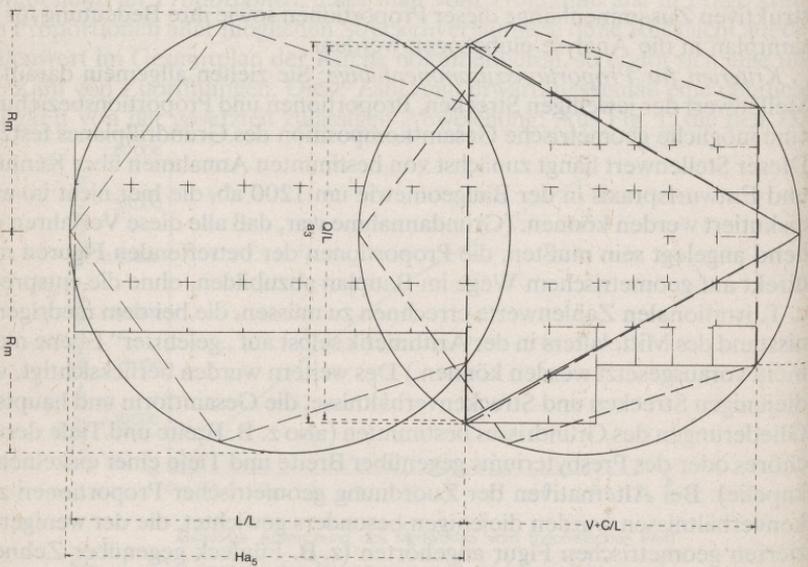
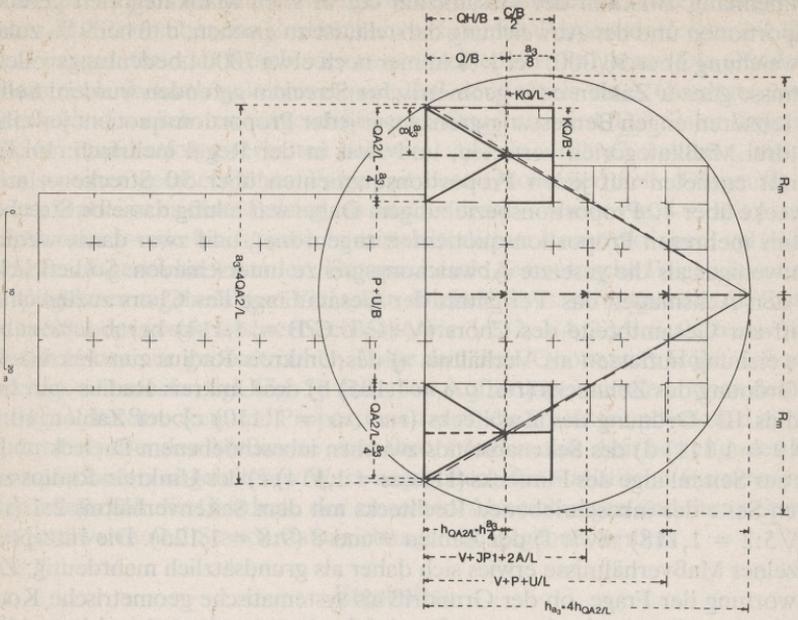


Fig. 4 Ebrach. Breitengliederung des Chors (Achsenmaß)

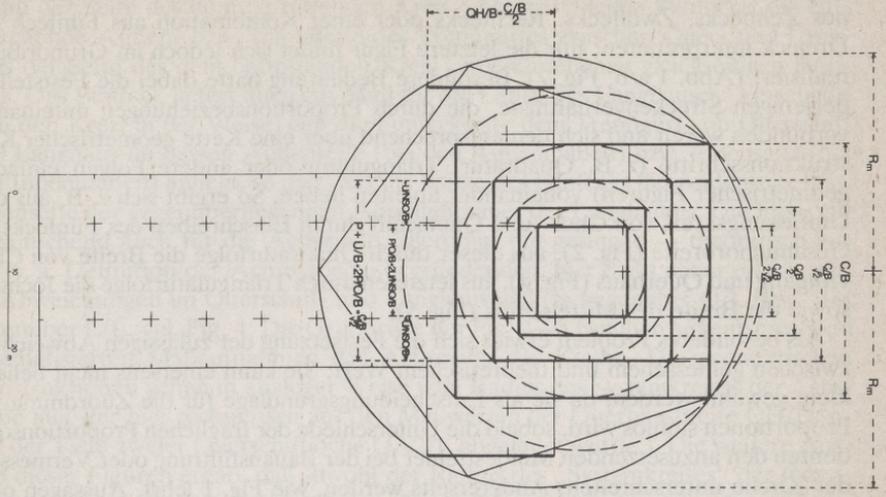
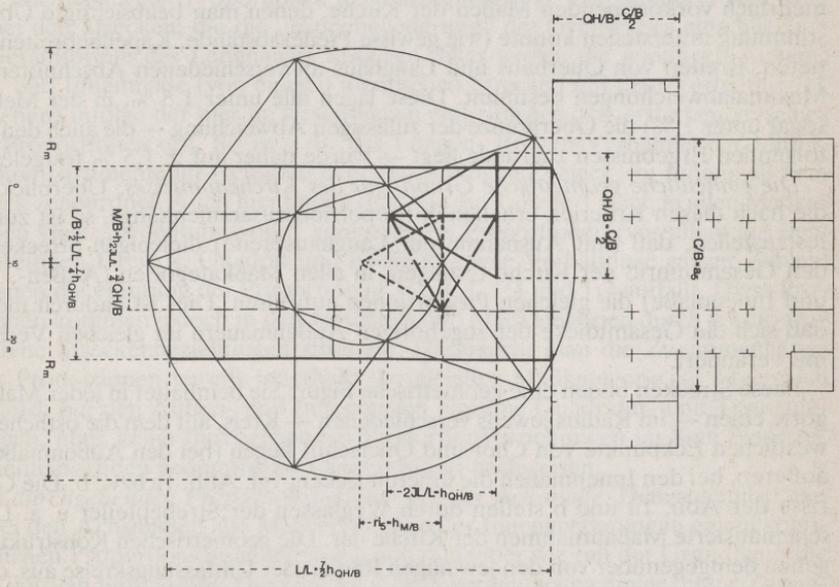


Fig. 5 Ebrach. Längsausgliederung (Achsenmaß)



länge zuzüglich Querschiff zu Gesamtchorbreite ($V+C/L:C/B$)“ als Bestandteil eines Zehnecks, Zwölfecks, Rechtecks oder einer Kombination aus Fünfeck und Dreieck interpretieren; nur die letztere Figur findet sich jedoch im Grundrißplan realisiert (Abb. 1 a/b, Fig. 2). Besondere Bedeutung hatte dabei die Feststellung derjenigen Streckenverhältnisse, die durch Proportionsbeziehungen miteinander verbunden waren und sich dementsprechend über eine Kette geometrischer Konstruktionschritte (z. B. Quadratur, Triangulatur oder andere Folgen einfacher geometrischer Figuren) voneinander ableiten ließen. So ergibt sich z. B. aus dem Umfassungskreis von Chor- und Querschiff durch Einschreiben des Fünfecks die Gesamtchorbreite (Fig. 2), aus dieser durch Quadraturfolge die Breite von Chor, Umgang und Querhaus (Fig. 4), aus letzteren durch Triangulaturfolge die Jochtiefe sowie die Breite des Mittelschiffs (Fig. 5).

Als besonderes Problem erwies sich die Festsetzung der zulässigen Abweichung zwischen gemessenem und theoretischem Wert: Sie kann einerseits nicht beliebig klein gewählt werden, da sie als Entscheidungsgrundlage für die Zuordnung von Proportionen sinnlos wird, sobald die Unterschiede der fraglichen Proportionsquotienten den anzusetzenden Mindestfehler bei der Bauausführung oder Vermessung der Kirche unterschreiten. Andererseits werden, wie Fig. 1 lehrt, Aussagen ohne jede Festsetzung einer Grenze ebenfalls sinnlos. Da es leider noch keine systematischen Untersuchungen über die Ausführungsgenauigkeit gibt, die man im Mittelalter für Bauten einer bestimmten Epoche und Qualitätsstufe ansetzen kann, mußte diese Lücke durch eigene Schätzungen überbrückt werden: Dazu wurden bei allen mehrfach vorkommenden Maßen der Kirche, denen man beabsichtigte Übereinstimmung unterstellen konnte (wie gewisse Pfeilerabstände, Kapellenbreiten und -tiefen, Breiten von Querhaus und Langhaus an verschiedenen Abschnitten), die Maximalabweichungen bestimmt. Diese lagen alle unter 1,5 %, in der Mehrzahl sogar unter 1 %; die Obergrenze der zulässigen Abweichung — die auch den nachfolgenden Ergebnissen zugrunde liegt — wurde daher auf $\pm 1,5$ % festgelegt.

Die einheitliche geometrische Grundfigur des Kirchenumrisses: Überblickt man die nach diesen Kriterien erhaltenen Proportionszusammenhänge, so ist zunächst festzustellen, daß (mit Ausnahme der Langhausbreite) diejenigen Strecken, die den Gesamtumriß der Kirche festlegen, in allen Maßkategorien (Außen-, Achs- und Innenmaße) die gleichen Proportionen aufweisen. Dies ist dadurch möglich, daß sich die Gesamtdicke der zugehörigen Außenmauern im gleichen Verhältnis mit verändert.

Diese Strecken bilden eine geometrische Figur: Sie beinhaltet in jeder Maßkategorie einen — im Radius jeweils verschiedenen — Kreis, auf dem die östlichen und westlichen Eckpunkte von Chor und Querschiff liegen (bei den Außenmaßen die äußeren, bei den Innenmaßen die inneren Ecken, vgl. Abb. 1a bzw. b. Die Grundrisse der Abb. 1a und b stellen durch Weglassen der Strebepfeiler u. a. Details schematisierte Maßaufnahmen der Kirche dar. Die geometrischen Konstruktionen gehen demgegenüber von den jeweiligen Radien der Umfassungskreise aus, die ihrerseits rechnerisch aus bestimmten Meßwerten abgeleitet wurden). Die so mar-

kierte Außen- bzw. Innenseite der östlichen Abschlußwand des Chores entspricht genau der Seite des dem betreffenden Kreis einbeschriebenen Fünfecks, die entsprechende Außen- bzw. Innenseite des Trenngurtes zwischen Quer- und Langhaus der Seite des dem betreffenden Kreis einbeschriebenen gleichseitigen Dreiecks. Das Fünfeck liefert auch das Maß für die Länge des Langhauses: Verschiebt man den Kreis in der Weise, daß die Fünfeckseite dem Trenngurt von Querschiff und Langhaus an dessen Außenseite (bei den Außenmaßen) bzw. Innenseite (bei den Innenmaßen) anliegt, so markiert die Spitze des Fünfecks die Außenseite bzw. Innenseite der gegenüberliegenden Abschlußmauer des Langhauses. Die Figur gilt entsprechend auch für die Achsmaße, allerdings mit geringen — theoretisch aus der o. a. Definition der Achsmaße zu begründenden, hier nicht näher erläuterten — Abweichungen im Querschiff- und Langhausmaß (a_3 gegenüber Q/L bzw. Has gegenüber L/L, vgl. Fig. 4. Die Grundrisse der Fig. 2—5 beruhen auf entsprechend schematisierten Maßaufnahmen der Achsmaße der Kirche. Die geometrischen Konstruktionen gehen in analoger Weise vom Radius des Systemkreises der Achsmaße aus, der hier rechnerisch aus den Meßwerten der Querhausbreite QH/B sowie der Tiefe zweier Querschiffjoche QA2/L abgeleitet wurde.). Die weitere Analyse dieser Figuren ergab, daß sowohl der Radius des „Systemkreises“ der Innenmaße wie auch der Proportionalfaktor für die Mauerstärken sich aus bestimmten Strecken des Fünfecks des Systemkreises der Achsmaße herleiten lassen; dadurch stehen alle genannten Strecken in den drei Maßkategorien in einem durch die Geometrie des Fünfecks definierten Proportionszusammenhang.

Die uneinheitlichen Proportionen der Innengliederung: Die Situation verändert sich bei den Strecken, die die „Binnengliederung“ des Grundrisses einschließlich der Gesamtbreite des Langhauses festlegen. Hier weisen die jeweiligen Außen-, Achs- und Innenmaße (von einigen identischen Strecken mit dem Verhältnis 1:1 abgesehen) infolge der hier im wesentlichen einheitlichen Mauerstärken verschiedene Proportionen auf. So ist z. B. das Längen- Breiten-Verhältnis der Mittelschiffkompartimente im Achsmaß dem gleichseitigen Dreieck, im Innenmaß dem Fünfeck zugeordnet. Auch hier finden sich, wie die Tabelle 1 zeigt, in allen Maßkategorien viele „bedeutungsvolle“ geometrische Proportionen (vor allem aus dem gleichseitigen Dreieck, Quadrat und Fünfeck) sowie Verhältnisse ganzer Zahlen, bei denen die Häufung der Proportionen 1:2, 1:3, 1:4 und 1:7 auffällt. Diese Proportionen kommen jedoch in den verschiedenen Maßkategorien durch jeweils verschiedene Streckenbeziehungen zustande. Untersucht man die Zusammenhänge dieser Proportionen jeweils innerhalb der gleichen Maßkategorie, so lassen sich zwar auch bei den Außen- und Innenmaßen einzelne Quadratur- und Triangulaturfolgen, aber keine durchgehenden Proportionsbeziehungen im Sinn einer zusammenhängenden geometrischen Komposition nachweisen.

Die durchgehenden Proportionsbeziehungen der Achsmaße: Demgegenüber stehen bei den Achsmaßen alle Maßverhältnisse der Innengliederung in einem kontinuierlichen Proportionszusammenhang untereinander wie mit der Grundfigur, die den Chorplan umschreibt. Die Figuren 2 bis 5 verdeutlichen einige dieser Zusam-

menhänge. Das Dreieck der Grundfigur liefert die Maße für die Querhausflügel und die Tiefengliederung des Chors (Fig. 3): Der achte Teil der Seitenlänge dieses Dreiecks entspricht der Tiefe der äußeren Querhausjoche sowie der Länge und Breite der (quadratischen) Querhauskapellen; die Höhe eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge der beiden äußeren Querschiffjoche, d. h. des vierten Teils der Seitenlänge der Grunddreiecks, ergibt die Breite des Hochquerschiffs; die Verdoppelung dieser letzteren Strecke markiert den Schlußstein des sechsteiligen Altarjoches, ihre Verdreifachung die östliche Abschlußmauer des Chorumgangs. Aus der Seitenlänge des Fünfecks der Grundfigur, also der Gesamtbreite des Chores, leiten sich andererseits über eine Quadraturfolge die Maße für die Breitengliederung des Chores sowie die Gesamtbreite des Querhauses ab (Fig. 4): Die erste Quadraturstufe ergibt die gemeinsame Breite von Presbyterium und Chorumgang, die zweite Stufe die Gesamtbreite des Querhauses (die demnach die halbe Gesamtchorbreite aufweist), die dritte Stufe (die wiederum die Hälfte der Gesamtbreite von Presbyterium und Umgang besitzt) die Breite des Presbyteriums im Osten. Das Presbyterium erweitert sich — eine Besonderheit des Ebracher Bauplanes — bis zur Vierung trapezartig auf die größere Breite des Langhaus-Mittelschiffes.

Auch die Gliederung des Langhauses steht im Proportionszusammenhang mit der Seite des Fünfecks der Grundfigur, also der Gesamtchorbreite (bzw. der Querhausbreite, da diese der halben Chorhausbreite entspricht): In der Fig. 5 wurde zunächst der Systemkreis der Achsmaße gegenüber seiner Position in Fig. 2 nach unten verschoben, um zu zeigen, daß er — in Analogie zu Chor und Querschiff — auch das Langhaus in den Eckpunkten genau umfaßt. Dessen Innengliederung leitet sich wiederum von der Fünfeckseite durch eine Triangulaturfolge ab: Bildet man aus der Hälfte dieser Seite (also der Breite des Querhauses oder halben Gesamtchorbreite) ein gleichseitiges Dreieck, so entspricht seine Höhe der Tiefe von zwei Langhausjochen (durchgezogenes Dreieck). Konstruiert man wiederum aus der Höhe dieses Dreiecks, also aus zwei Langhaus-Jochschritten ein neues gleichseitiges Dreieck, so entspricht dessen Höhe der Breite des Mittelschiffes (langgestricheltes Dreieck). Das gleichseitige Dreieck aus dieser Mittelschiffbreite ergibt schließlich eine Höhe, die wiederum der $1\frac{1}{2}$ -fachen Tiefe eines Langhausjoches und damit dem Radius des Innenkreises des Systemfünfecks entspricht (kleingestricheltes Dreieck).

Entsprechende Proportionsbeziehungen (die hier nicht dokumentiert werden) lassen sich auch für die Achsmaße der übrigen Strecken des Grundrisses nachweisen. Dabei werden nicht nur — wie in Fig. 5 gezeigt — die Querhausbreite, sondern auch die anderen Strecken der in Fig. 2 dargestellten Quadraturfolge zu Ausgangsstrecken für entsprechende Triangulaturfolgen; so ergibt sich eine netzartige „Proportionsmatrix“ gemäß Fig. 6, bei der alle Strecken sowohl im Proportionszusammenhang einer quadratischen (horizontale Pfeile) wie einer Dreiecksbeziehung (vertikale Pfeile) stehen.

Mehrdeutigkeit von Proportionsbeziehungen: Auch auf der Ebene dieser komplexeren Kriterien blieb jedoch die Zuordnung mancher Streckenverhältnisse

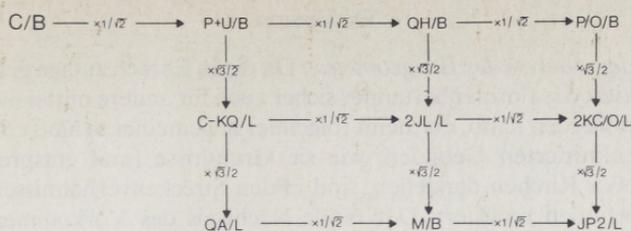


Fig. 6 Proportionsmatrix aus Triangulatur- und Quadraturfolgen (Achismaße)

mehrdeutig: So läßt sich z. B. (im Achsmaß) die Länge des Langhauses ebenso auffassen als Höhe des dem „Systemkreis“ einbeschriebenen Fünfecks (Fig. 2) wie als längere Seite des diesem Kreis einbeschriebenen Rechtecks mit dem Seitenverhältnis 2:1 (das klassische „dyadische“ Rechteck, Fig. 5) wie als vierfacher Betrag der Seite des Innen-Fünfecks des gleichen Kreises (in den Abbildungen nicht ausgewiesen). Alle drei Interpretationen erscheinen sowohl unter dem Aspekt des geometrischen Systemzusammenhangs wie dem der konstruktiven Ausführbarkeit denkbar; die betreffenden Proportionsquotienten sind zwar mathematisch nicht identisch, aber so naheliegend, daß eine Präferenz aufgrund der Abweichungen von den Baumaßen nicht möglich ist. Es gibt daher hier keine eindeutige Lösung: Proportionen dieser Art lassen sich grundsätzlich unter mehreren konstruktiven Aspekten in die gleiche geometrische Gesamtsystematik einordnen — eine Analogie zu den sog. enharmonischen Verwechslungen in der Musik, bei denen bestimmte Harmonien verschiedenen Tonarten zugerechnet werden können.

Der Systemkreis der Achsmaße als gemeinsame Bezugsstrecke der Grundrißkomposition: Da sich (unter Einbeziehung des Systemkreises der Innenmaße und des Proportionsfaktors der Mauerdicken) letztlich alle Maße des Grundrisses aus dem Radius des Systemkreises der Achsmaße ableiten lassen, kann man sie mathematisch als Funktion dieses Radius ausdrücken (sämtliche geometrischen Konstruktionen der Figuren 2 bis 5 stellen bereits zeichnerische Umsetzungen solcher rechnerisch aus dem Systemradius abgeleiteten theoretischen Streckenwerte dar). Die Übereinstimmung mit den Baumaßen, die bereits in den Zeichnungen deutlich wird, läßt sich rechnerisch dokumentieren: Vergleicht man die Meßwerte der 35 wichtigsten Strecken der Außen-, Achs- und Innenmaße einschließlich der Gurt- und Mauerstärken mit den aus dem Systemradius der Achsmaße berechneten theoretischen Werten für die gleichen Maße, so ergibt sich im Mittel eine relative Abweichung von nur 0,64 % bei einer Standardabweichung von $\pm 1,23$ %. Ohne die Maße für Gurte und Mauern (die relativ am stärksten streuen) beträgt die mittlere Abweichung sogar nur $0,34 \pm 0,36$ %. Die zur vollständigen geometrischen Beschreibung des Grundrisses erforderlichen Figurenelemente lassen sich dabei insgesamt aus Kreis, gleichseitigem Dreieck, Quadrat und Fünfeck herleiten.

Methodik der Analyse der Baugeometrie: Da die in Ebrach zutage getretene Fülle und Komplexität des Formenbestandes sicher auch für andere mittelalterliche Bauten unterstellt werden kann, erscheint folgender allgemeiner Schluß erlaubt: In differenziert strukturierten Gebilden, wie sie Grundrisse (und entsprechend auch Aufrisse) großer Kirchen darstellen, sind in den Streckenverhältnissen stets zahlreiche Proportionen realisiert. Der bloße Nachweis des Vorkommens einzelner Proportionen kann daher nicht schon als Beweis anerkannt werden, daß das Bauwerk im Hinblick auf diese konstruiert sei — nur ihr Stellenwert im Gesamtgefüge der Zahlen- und Formenbeziehungen kann darüber entscheiden. Die Erfassung dieser Beziehungen aus dem Bauwerk erfordert eine umfassende Datenanalyse, für die sich das hier angewandte Computerverfahren als geeignetes — und wohl auch generell erforderliches — Instrument erwiesen hat. Gleichzeitig hat sich jedoch gezeigt, daß sinnvolle Ergebnisse auch mit diesem Verfahren nur dann zu erlangen sind, wenn nicht nur die mathematischen Kenndaten, sondern auch Kriterien höherer Ordnung wie Plausibilität und Praktikabilität der Konstruktionen einbezogen werden. Dem negativen Aspekt des großen Aufwandes eines solchen Verfahrens steht der positive gegenüber, daß es dadurch gelingt, nicht nur den gesamten Formenbestand des Bauwerks zu dokumentieren, sondern auch seine möglichen konstruktiven Zusammenhänge aufzuzeigen und rational diskutierbar zu machen.

Geometrie des Ebracher Grundrisses — Zufall oder Komposition? Angesichts der riesigen Zahl der Proportionen (die freilich — wie in der späteren detaillierten Analyse zu zeigen sein wird — zum Teil gerade durch das Vorliegen einer geometrischen Grundkonstruktion zu erklären ist) kann keine für sich allein als Beweis für ein entsprechendes Konstruktionsziel gelten. Anders verhält es sich bei den systematischen Zusammenhängen, insbesondere der allen Maßkategorien gemeinsamen Grundfigur des Kirchenplanes (die eine gezielte Adaptation der Mauerstärken voraussetzt) sowie den Proportionsfolgen der Quadratur und Triangulatur, aus denen sich die gesamte Innengliederung ableiten läßt. Dazu kommt die außerordentlich geringe Abweichung zwischen theoretischen und gemessenen Werten. Wie die ersten statistischen Schätzungen erkennen lassen, ist die Wahrscheinlichkeit, daß dieses System ein Zufallsprodukt der Kombinationsmatrix von Strecken- und Proportionsquotienten darstellt, außerordentlich klein. Schon vor dem abschließenden Ergebnis dieser weiterführenden Analysen ist daher die Hypothese kaum abzuweisen, daß es sich bei der Ebracher Plangeometrie tatsächlich um eine gezielte Konstruktion handelt. Dabei ist festzuhalten, daß jede Beweisführung aufgrund von Maßanalysen — analog zur mathematischen Formalisierung empirischer Meßdaten in den Naturwissenschaften nur eine (allerdings quantifizierbare!) Wahrscheinlichkeitsaussage sein kann.

Möglicher Ablauf des Konstruktionsverfahrens: Daß nur für die Achsmaße ein durchgehender Proportionszusammenhang nachweisbar ist, läßt darauf schließen, daß die Achsenverhältnisse der leitende Aspekt bei der Proportionierung des

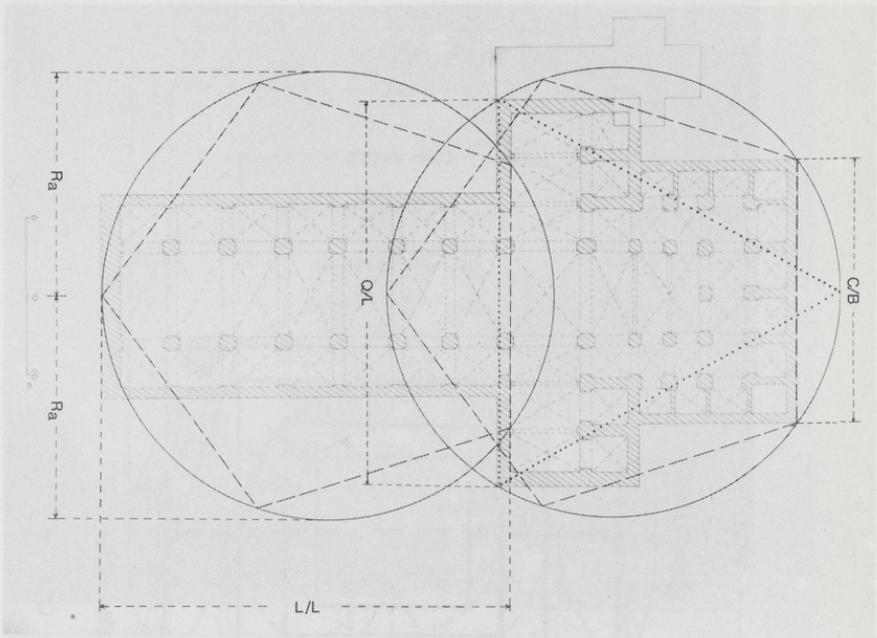


Abb. 1a Ebrach. Geometrische Grundfigur des Kirchenplanes:
 Außenmaße (Erklärung der Streckenbezeichnungen für diese und
 die folgenden Abbildungen s. Tabelle 2)

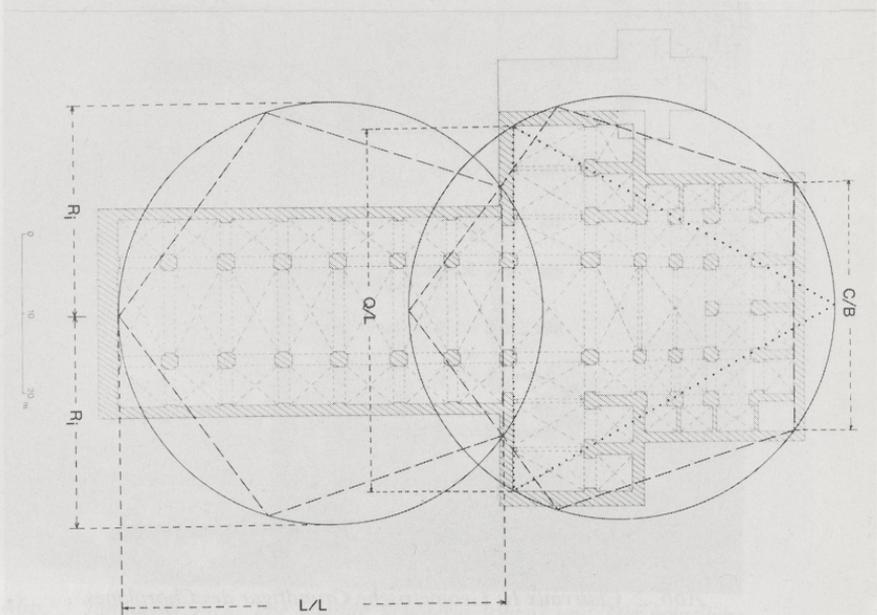


Abb. 1b Ebrach. Geometrische Grundfigur des Kirchenplanes:
 Innenmaße

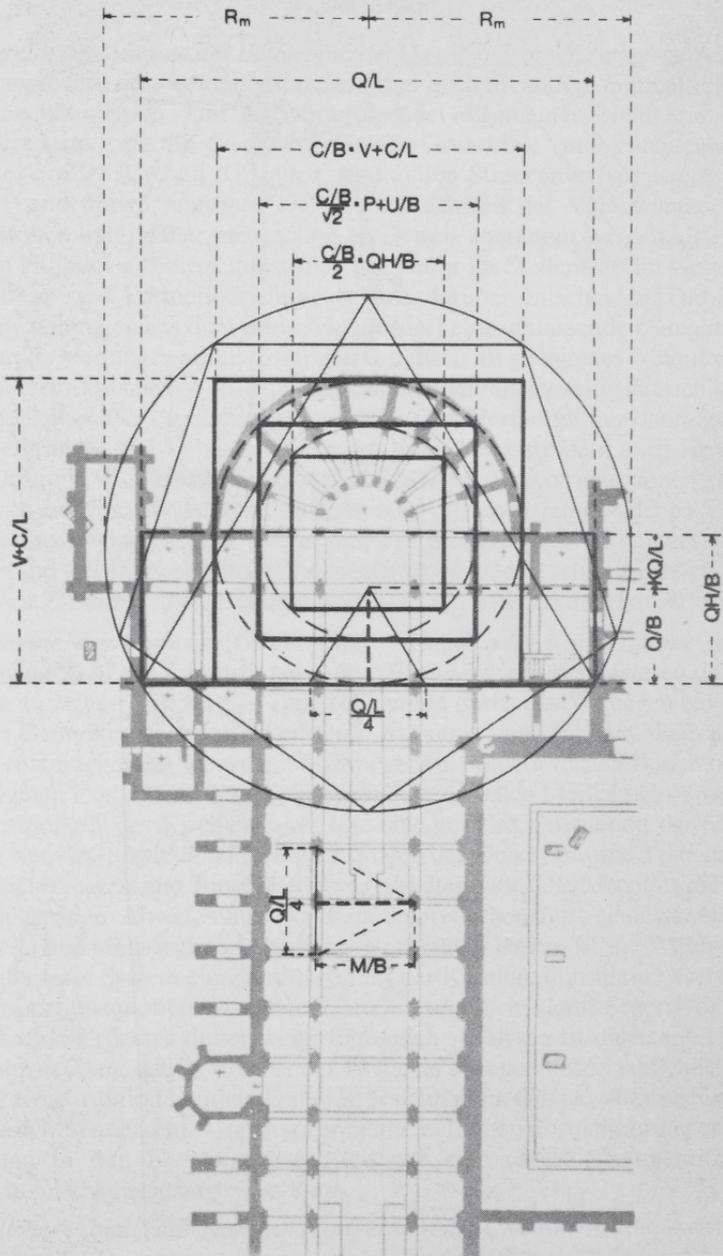


Abb. 2 Clairvaux II: Geometrische Grundfigur des Chorplanes



Abb. 3 Januarius Zick, *Die lesende Schäferin* (oben) und *Die ängstliche Schäferin* (unten, sign. u. dat. 1770). Schweinfurt, Slg. Schäfer



Abb. 4 Januarius Zick, *Anbetung der Hirten* (sign. u. dat. 1776). München, Bayer. Nationalmuseum (Slg. Reuschel)

Grundrißplanes gewesen sind, und dieser erst sekundär durch Mauern „substantiviert“ wurde. Dies erscheint bereits aus entwurfstechnischen Gründen plausibel und wird auch durch zeitgenössische Quellen (z. B. die Grundrißskizzen zisterziensischer Kirchen des Villard d'Honnecourt, vgl. Hahnloser, H. R.: V. d'H., Graz 2 1972, Tafeln 28/29) gestützt. Auch bei einem solchen Verfahren stehen jedoch — wie später dargelegt werden wird — die Proportionen der Achs-, Innen- und Außenmaße in gesetzmäßiger Beziehung: Ob bei bestimmten harmonischen Streckenverhältnissen der Achsmaße bei den abhängigen Innen- und Außenmaßen ebenfalls harmonische Proportionen entstehen, hängt vom Verhältnis dieser Achsmaße zu den verwendeten Mauer- und Gurticken ab. Das in Ebrach festgestellte häufige Vorkommen „bedeutungsvoller“ Proportionen auch bei den Innen- und Außenmaßen der Innengliederung muß daher nicht ein Zufallsprodukt darstellen, sondern kann — bei Kenntnis der dargestellten Zusammenhänge — durch entsprechende Anpassung der (Standard-)Mauerdicke an die Achsmaße gezielt herbeigeführt worden sein. Dies setzt freilich voraus, daß dem mittelalterlichen Architekten diese relativ differenzierten Implikationen seines Konstruktionsverfahrens bekannt waren (zur Problematik s. u.). Zur Ausführung der Ebracher Grundrißkomposition sind jedenfalls — da es sich um durchgehend konstruierbare Maßverhältnisse handelt — weder ein Fußmaß noch ein maßstäblicher Plan vorauszusetzen. Daß sie auch auf dem Bauplatz praktikabel war, ließ sich an einer theoretischen Simulation nachprüfen: Zur Absteckung der Fundamente der Umfassungsmauern waren nur wenige aus dem Radius des Systemkreises der Achsmaße ableitbare Grundstrecken erforderlich, wobei zwei dieser Strecken (die Achsmaße der Querhausbreite QH/B sowie der Tiefe der äußeren Querhausjoche QA2/L) modulartig die Maße für die gesamte übrige Innengliederung lieferten. Die dazu benötigten Konstruktionen bestanden lediglich in der Teilung und Vervielfachung von Strecken, der Abtragung von Kreisen und Kreisbögen sowie den Winkelkonstruktionen von 60° und 90° (wozu Winkelmessungen nicht erforderlich sind). Die mittelalterlichen Figurenschemata für Entwurf und Fundamentabsteckung müssen nicht unbedingt mit den hier gezeigten identisch gewesen sein, da sich die gleichen Figurenzusammenhänge z. T. auch mit anderen Konstruktionsschritten darstellen lassen. Welcher der möglichen Konstruktionswege tatsächlich in Frage kommt, läßt sich nur anhand von entsprechenden Quellenstudien entscheiden.

Formenkanon: Bemerkenswerterweise kann der Ebracher Grundriß nicht aus einer einzelnen geometrischen Grundfigur — Dreieck, Quadrat, Rechteck, Fünfeck oder Achteck — oder allein aus Verhältnissen ganzer Zahlen hergeleitet werden, sondern nur aus der Kombination mehrerer dieser Komponenten. Das verbindende Kompositionsprinzip ist dabei der gemeinsame Umkreis, der nicht nur die Hauptteile der Kirche umschließt, sondern auch als Umkreis der Polygonfiguren deren Proportionsverhältnisse bestimmt. Im übrigen bestätigt sich die bereits aus den mittelalterlichen Quellen bekannte Rolle des Quadrats und gleichseitigen Dreiecks für die Proportionierung von Streckenverhältnissen; in Ebrach werden dabei nicht nur aus der ersteren, sondern auch der letzteren Figur Proportionsket-

ten in Gestalt geometrischer Folgen abgeleitet. Gewissermaßen als Nebenprodukt der geometrischen Konstruktion erscheinen hierbei die vielfältigen harmonischen Verhältnisse ganzer Zahlen; solche Zahlenverhältnisse stellen daher keineswegs — wie verschiedentlich angenommen wurde — eine Alternative (oder gar Antithese) zum geometrischen Entwurfsprinzip dar. Der Schluß scheint zwingend, daß es schon um 1200 *kein starres, auf eine geometrische Grundfigur oder bestimmte numerische Verhältnisse fixiertes Konstruktionsschema gab, sondern einen Kanon vielfältiger, nach bestimmten Regeln kombinierbarer Formen*. In der Variation und Fortentwicklung dieses Kanons lag dann auch der — in der Literatur immer wieder problematisierte — notwendige Freiheitsraum des entwerfenden Künstlers.

Geometrie und Stilentwicklung: Für das Verständnis der Rolle der Baugesammetrie in der mittelalterlichen Architektur wäre es vor allem wichtig zu erforschen, wie sich der Gesamtkanon geometrischer Formen in Wechselwirkung mit der Stilentwicklung von der Romanik bis zur Spätgotik veränderte. Es ist zu erwarten, daß Bauten, die in enger stilistischer Beziehung stehen, auch ähnliche geometrische Kompositionen aufweisen. Eines der bereits greifbaren Beispiele ist der im 3. Viertel des 12. Jahrhunderts ausgeführte Chorumbau der zisterziensischen Mutterkirche Clairvaux (Abb. 2). Dier Chorplan besitzt — obschon durch seinen Rundchor einem anderen Schema zugehörend — offenbar die gleichen Proportionsmerkmale wie Ebrach (da der Bau zerstört ist, ist hier nur noch die Interpretation des übernommenen Planes, hier nach Dimier, M. A.: *Recueil de Plans d'Églises Cisterciennes*, Grignan - Paris 1949, Pl. 84, möglich):

Konstruiert man aus der Querschifflänge ein gleichseitiges Dreieck und schreibt in seinen Umkreis ein Fünfeck ein, dann bildet dessen Seitenlänge wie in Ebrach das Maß der Gesamtchorbreite — im Falle von Clairvaux allerdings nicht als Ostabschluß eines Rechteckchors, sondern als Durchmesser des Rundchors; die Länge des Chors zuzüglich Vierung ($V+C/L$) wird dabei gleich der Gesamtchorbreite (C/B), so daß bereits die „Grundfigur“ eine quadratische Komponente enthält. Wie in Ebrach entspricht auch die erste Quadratstufe zu dieser Chorbreite der gemeinsamen Breite von Presbyterium und Umgang, die zweite der Querhausbreite; in analoger Weise bestimmt der vierte Teil der Querschifflänge, zum gleichseitigen Dreieck ergänzt, durch seine Höhe die Breite des Hochquerschiffs. Lediglich die Mittelschiffsbreite ist — anders als in Ebrach — nicht aus dem Quadraturssystem abgeleitet, sondern gleicht der Querschiffbreite, so daß sich eine quadratische Vierung ergibt. — Ähnliche Proportionsverwandtschaft zeigt auch der 1193 geweihte Bau von Citeaux II, der durch seinen Rechteckchor Ebrach besonders nahe steht und in seiner Plangeometrie eine Zwischenstellung zwischen diesem und Clairvaux II einnimmt.

Geometrie und Bildungsstand: Die mathematischen Kenntnisse der mittelalterlichen Baumeister werden wegen deren Herkunft aus dem Handwerkerstand von den meisten Autoren als sehr gering, die geometrischen Entwürfe daher als Produkt einer mündlich tradierten Kunstfertigkeit, nicht als Wissenschaft im Sinn der mittelalterlichen Geometrie eingeschätzt. Dies läßt freilich das Problem der Ent-

stehung dieser z. T. sehr differenzierten Konstruktionsverfahren ungelöst. Da sie letztlich aus der Antike stammen, eine direkte Überlieferung auf handwerklicher Ebene aber kaum denkbar ist, müssen wesentliche Grundlagen im Laufe des Mittelalters von den Kloster- und Domschulen, in denen die antike Geometrie gesammelt und gelehrt wurde, vermittelt worden sein (dazu Shelby, L. R.: *The Geometrical Knowledge of Medieval Master Masons Speculum* 47, 1972, 395—421). Für den Kirchenbau eines Ordens wie der Zisterzienser, bei dem zu Beginn des 13. Jahrhunderts sicher noch eine engere Verflechtung der „gelehrten“ mit der handwerklichen Ebene bestand, ist die Mitwirkung von Klerikern als Architekten bei der Gestaltung der Kirchenpläne noch durchaus wahrscheinlich. Als Siegelzeugen sind in den Ebracher Urkunden während der Bauzeit der Kirche auch tatsächlich Kleriker als *Magistri Operis* nachzuweisen; wegen der ungesicherten Bedeutung dieser Amtsbezeichnung kann es jedoch nicht als unzweifelhaft gelten, daß wir hier die Architekten des Ebracher Kirchenplanes vor uns haben.

Geometrie und theologische Bedeutung: Betrachtet man den Formenbestand des Ebracher Grundrisses, so beeindruckt nicht nur die geometrische Konstruktion, sondern auch die Häufung der Symbole in Gestalt bedeutungsvoller Polygone und Zahlenbeziehungen. Die Rolle dieser symbolistischen Bezüge für die mittelalterliche Baugeometrie wird in der Literatur verschieden eingeschätzt, an ihrer Existenz ist jedoch grundsätzlich nicht zu zweifeln (vgl. v. Simson, O.: *Wirkungen des christlichen Platonismus auf die Entstehung der Gotik*. In: *Studien u. Mitt. z. Geistesgeschichte des Mittelalters*, III, Leiden—Köln 1953, S. 159—179), sowie Meyer, H.: *Die Zahlenallegorese im Mittelalter, Methode und Gebrauch*, München 1975. — Eine umfassende Untersuchung des Symbolismus der mittelalterlichen Geometrie steht immer noch aus). Es ist kaum vorstellbar, daß sie im vorliegenden Fall vom entwerfenden Architekten oder vom Bauherrn weder bemerkt noch beabsichtigt wurden. Der Ebracher Grundriß ist daher wahrscheinlich nicht nur ein Lehrstück der Geometrie, sondern auch der christlich-kosmologischen Gelehrsamkeit des Mittelalters und damit zugleich ein Zeugnis der Spiritualität und Kunstauffassung des Ordens am Beginn des 13. Jahrhunderts — ein zisterziensisches „*ars sine scientia nihil est*“.

Die Untersuchungen wurden mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Wi 165/15) durchgeführt. Der vorliegende Aufsatz stellt die überarbeitete Fassung eines im Zentralinstitut für Kunstgeschichte, München, sowie im Kunsthistorischen Institut der Universität, Bamberg, gehaltenen Vortrages dar. Die Diskussion der umfangreichen Literatur sowie die detaillierte Dokumentation der in dieser vorläufigen Mitteilung berichteten Methoden und Ergebnisse müssen der geplanten ausführlichen Publikation vorbehalten bleiben.

Wolfgang Wiemer

Tabelle 1: Proportionen der Innengliederung des Ebracher Kirchengrundrisses (Auswahl)

Abweichung des gemessenen vom theor. Wert $\leq \pm 1\%$;
Erklärung der Streckenbezeichnungen s. Tab. 2.

Nr.	Proportion	Innenmaß	Achsmaß	Außenmaß
1A	12 : 1	V+L/L : S/B	E/L : JL/L	E/L : KQ/B
6A	7 : 1	E/L : QA2/L ⁴⁾ C/B : U/NS-O/B	E/L : M/B H+U/L : P/O/B L/L : JL/L C/B : KC/NS/L	L/L : KQ/B
26	3 : 1	H/L : C/L L/L : QA/L	H/L : L/B V+C/L : QA2/L	QH/B : KC/NS/L
51A	2 : 1	V+P+U/L : QH/B P+U/B : M/B Q/B : U/NS-O/B	L/L : L/B C/B : QH/B P+U/B : P/O/B P/O/B : U/NS-O/B QA2/L : KQ/B	Q/L : P+U/B V/P/U/L : P/L C/L : M/B
67 ¹⁾	$(\sqrt{5}-1) : 2$	P/L : P+U/B	P/L : 2xQA2/L	P/L : L/B
96 ²⁾	$\sqrt{3} : 2$	H/L : E/L QA/L : C-KQ/L S/B : JL/L	H/L : E/L V+P+U/L : V+C/L C-KQ/L : P+U/B 2JL/L : QH/B M/B : 2JL/L Q/B : QA2/L ⁵⁾	V+P+U/L : V+C/L C-KQ/L : P+U/B KQ/B : JL/L
77 ³⁾	$\sqrt{2} : 1$	Q/L : 2QA/L V+C/L : C/L QH/B : QA2/L	C/B : P+U/B P+U/B : QH/B QH/B : P/O/B L/B : QA/L	V+C/L : L/B C/L : QA/L QA/L : M/B

¹⁾ Verhältnis des „Goldenen Schnitts“

²⁾ Verhältnis von Höhe zur Seite des gleichseitigen Dreiecks („Triangulatur“)

³⁾ Verhältnis von Diagonale zur Seite des Quadrats („Quadratur“)

⁴⁾ Strecke QA2/L hier im Achsmaß

⁵⁾ Abweichung hier 1,4 %

Tabelle 2: Erklärung der Streckenbezeichnungen

a_3	Seite des dem Systemkreis einbeschriebenen Dreiecks
a_5	Seite des dem Systemkreis einbeschriebenen Fünfecks
h_S	Höhe des gleichseitigen (bzw. gleichschenkligen) Dreiecks über einer Strecke S
R_a	Radius des Systemkreises (Außenmaße)
R_i	Radius des Systemkreises (Innenmaße)
R_m	Radius des Systemkreises (Achsmäße)

C/B	Breite des Chorhauses
C/L	Länge des Chorhauses ab Vierung
C-KQ/L	Länge des Chorhauses ab Querhaus-Ostwand
E/L	Gesamtlänge der Kirche
H/L	Länge des Hochschiffes (einschl. Presbyterium)
H+U/L	Länge des Hochschiffes zuzüglich östl. Chorumgang
JL/L	Jochlänge im Langhaus
JP2/L	Länge des Altarjoches im Presbyterium
KC/O/L	Tiefe der östl. Chorkapellen
KC/NS/L	Tiefe der nördl. und südl. Chorkapellen
KQ/B	Breite der Querhauskapellen
KQ/L	Tiefe der Querhauskapellen
L/B	Breite des Langhauses
L/L	Länge des Langhauses
M/B	Breite des Mittelschiffes und der Vierung
P/L	Länge des Presbyteriums
P/O/B	Breite des Presbyteriums (Ostwand)
P+U/B	Breite des Presbyteriums zuzüglich nördl. u. südl. Chorumgang
Q/B	Breite des Querschiffes
Q/L	Gesamtlänge des Querhauses
QA/L	Länge der Querhausarme ab Vierung
QA2/L	Länge der Querhausarme ab Chorumgang
QH/B	Breite des Querhauses (einschl. Kapellen)
S/B	Breite der Seitenschiffe (Mittelwert)
U/NS-O/B	Breite des nördl. und südl. Chorumgangs (Ostseite)
V+C/L	Länge des Chorhauses zuzüglich Vierung
V+JP1+2A/L	Länge des Presbyteriums bis Mitte Altarjoch zuzüglich Vierung
V+L/L	Länge des Langhauses zuzüglich Vierung
V+P/L	Länge des Presbyteriums zuzüglich Vierung
V+P+U/L	Länge des Presbyteriums zuzüglich Vierung und östl. Chorumgang