



„Decoration is the essential overplus, the quantum of the peasant ; and proportion is the essential overplus, the quantum of the cultivated man.“¹

— Le Corbusier: Automobiles, 1923

„Das Künstlerische drückt sich aus in den Proportionen der Dinge, oft sogar in den Proportionen zwischen den Dingen. Es ist im wesentlichen etwas Immaterielles, etwas Geistiges. Und insofern unabhängig von der materiellen Situation einer Zeit.“²

— Ludwig Mies van der Rohe: Rundfunkrede 1931

„Das Geheimnis liegt meines Erachtens in der unumstößlichen Einheit von Material, Form, Proportion und Konstruktion, mit einer Ordnung gepaart, die so klar ist, dass ich sie mehr mit einer klassischen Ordnung in Verbindung bringen möchte, als mit dem Prinzip der Kasbah.“³

— Herman Hertzberger über das Waisenhaus Aldo van Eyck

„Wenn Sie einen Gebäudeentwurf haben, ist [das] die Struktur und die Proportion von diesen Strukturen. Und wenn ich da einen Monat diese Proportionen kalkuliere für das ganze Bauwerk, und das im Bereich von 10 und 5 Zentimetern untersuche, glauben Sie, die TU sagt, ich darf das nicht machen? Ich bin da völlig frei. Und das ist keine Frage vom Geld.“⁴

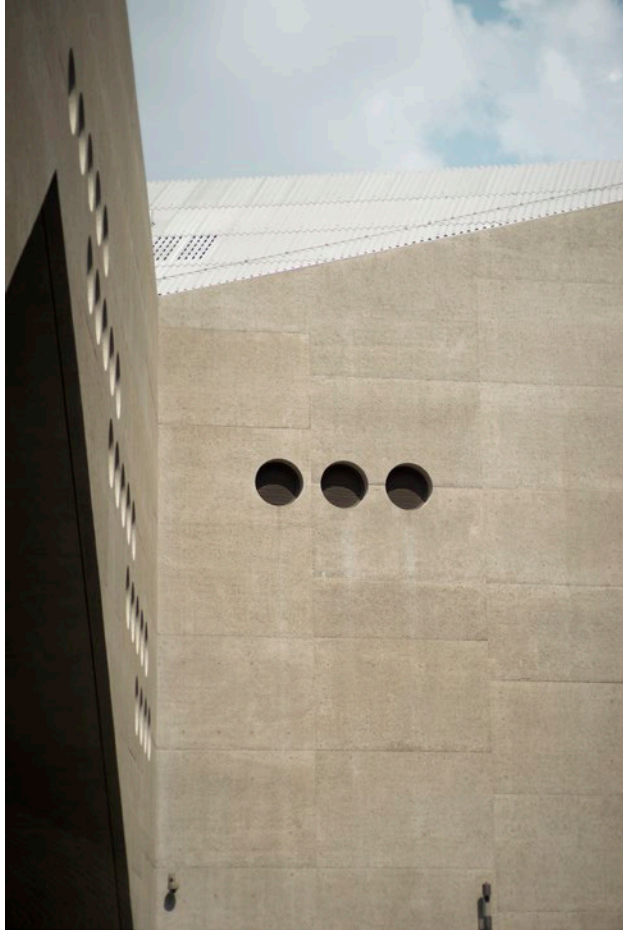
— Peter Märkli

1 Le Corbusier, 1931 (1986): S. 143

2 Mies v. d. R., zit. nach: Neumeyer, 1986 (2016): S. 376

3 Hertzberger, 1995: S. 116

4 Peter Märkli on Education, Research & Practice: 28:30



Krücke 4 **Geometrie**

Vom griechischen γεωμετρία für „Erdmaße“ abgeleitet beschreibt die (euklidische) Geometrie heute einen Teilbereich der Mathematik.¹ Aufbauend auf wenigen Vereinbarungen schafft die Mathematik eine abstrakte Gedankenstruktur, die auf sich selbst referenzierend zu neuen, logischen Schlüssen kommt. Sie ist insofern abstrakt, als dass sie ohne jegliche Bezüge zur materiellen Realität auskommt. Dennoch lassen sich mit Hilfe ihrer die Phänomene der Natur beschreiben. Aus diesem Grund genießt die Mathematik unter den Geisteswissenschaften wie die Philosophie ein hohes Ansehen.

Es heißt, Architektur zu studieren benötige gute Kenntnisse oder zumindest eine Affinität zur Mathematik. Wer das nicht besitze, solle von einem Studium absehen. Aus eigener Erfahrung kann ich jedoch bestätigen, dass mehr als die seit der Antike bekannten, wenig komplexen Disziplinen der Arithmetik und euklidischen Geometrie nicht Voraussetzung für dieses Fach sind.

Dieses Klischee über die Architekturpraxis bestätigt eines: Die Vermutung einer gewissen Nähe zur geheimnisvollen Welt der Mathematik und ihren abstrakten Sphären. Die Berührungspunkte zwischen Architektur



und Mathematik oder Geometrie sind in der Geschichte mal mehr, mal weniger konkret. Gewiss ist es möglich, komplett ohne mathematische Bezüge in dieser Disziplin auskommen. Oft scheinen Architekt*innen aber ganz bewusst danach zu suchen. Einige Beispiele sind bereits im Kontext der Ratio beschrieben worden (Oktameter). Ähnlich wie die Musik und Kunst des 20. Jahrhunderts werden auch in der Architektur Techniken praktiziert, die komplexere mathematische Grundsätze zur Formfindung nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Beteiligung des griechischen Komponisten und Architekten Iannis Xenakis an einigen Bauten aus der Hand Le Corbusiers². Beim Kloster Sainte-Marie de la Tourette adaptierte er die Struktur seiner Komposition *Μεταστάσεις* (metastaseis) in der Hauptfassade. Die Kompositionen Xenakis' arbeiten mit computergestützten stochastischen Systemen und beispielsweise der Fibonacci-Reihe.³

Die Verbindung zwischen musikalisch-mathematischer Logik und architektonischen Räumen ist schon früher zur Anwendung gekommen. Das Zeitalter des Humanismus vermutet eine Kohärenz zwischen der musikalischen Harmonie und der Raumwahrnehmung. So überträgt Andrea Palladio im 16. Jahrhundert die harmonischen Teilungen der Saiten eines Musikinstruments in Raumproportionen. Denn was für jedes

2 Xenakis war griechischer Flüchtling in Frankreich und erhielt eine Anstellung als Bauingenieur bei Le Corbusier. Seine Faszination für Mathematik teilte er mit Le Corbusier. Xenakis entwickelte parallel zu seiner Arbeit im Büro zahlreiche Kompositionen.

3 Goertz, Wolfram: Das Ohr des Baumeisters, https://www.zeit.de/2001/07/Das_Ohr_des_Baumeisters

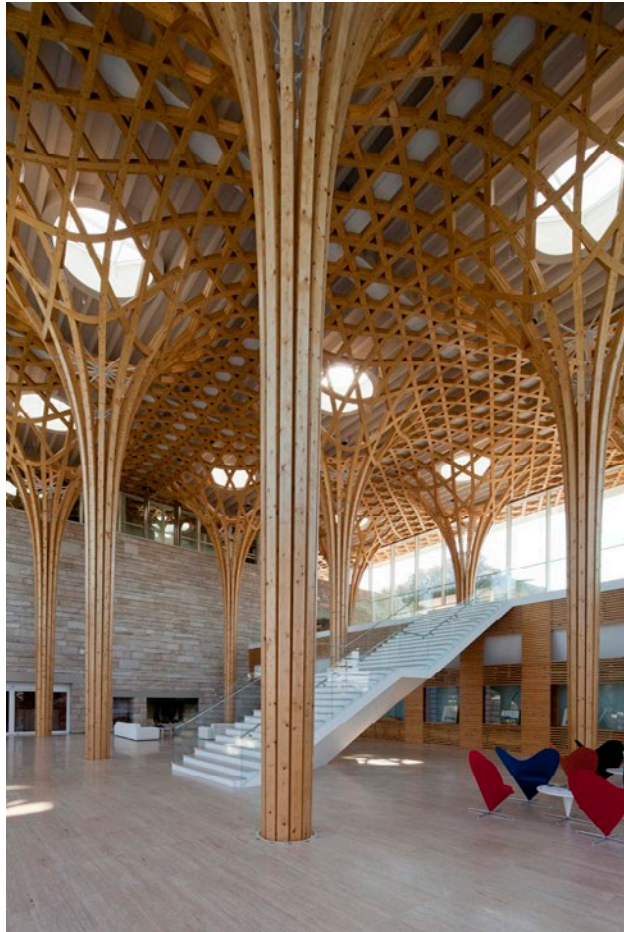


Ohr wohlklingend ist, muss seinem Glauben nach auch im Dreidimensionalen wirksam sein. Die musikalischen Proportionen werden zu Tiefe, Breite und Höhe. Überhaupt gehen die Denker der Renaissance davon aus, dass Proportionen von Dingen nicht nur in der orthogonal betrachteten Fläche, sondern aufgrund ihrer Reinheit auch in der Perspektive wirken. Das humanistische Denken verbindet mit mathematischen Grundsätzen eine höhere Ordnung im Kosmos, etwas Göttliches.⁴ Dies erklärt auch die für den Bau maßgeblichen Variationen der Raumhöhe in der bekannten Villa Capra *La Rotonda*.⁵ Jeder Raum hat die seinen Dimensionen harmonisch entsprechende Höhe.

Die Mathematik übernimmt in diesen Fällen die Rolle einer Krücke, denn sie hilft den Entwerfenden, formgebende Entscheidungen zu treffen. Doch mehr noch, sie tritt als Legitimierung auf. Denn obwohl die Mathematik für sich genommen ein logisches, abgeschlossenes System bildet, ist der Einsatz ihrer Regeln in der Formgebung nicht ohne Begründung logisch – es erfordert den Glauben an ihre wahrhaftige Kraft. Vielerorts wird sie zu einer Art Ersatzreligion, die durch ihre Klarheit zu einer objektiven Entität erhoben wird. Doch welche mathematischen Anspielungen kommen in der Architektur zum Einsatz?

4 Vgl. Wittkower, 1990: S. 85ff

5 Vgl. ebdl.: S. 107ff



Geometrie

Es gibt einige geometrische Formen, die immer wieder wegen ihrer vermeintlichen Perfektion zitiert werden, so zum Beispiel bei Le Corbusier: „Primärformen sind schöne Formen, weil sie klar wertgeschätzt werden können.“⁶ Reicht das als Begründung?

Für ihn sind Primärformen, die alle Zeit gültig sind, die Kugel, die Pyramide, der Zylinder, der Würfel und der Quader. Er identifiziert diese über alle Epochen und Kulturen hinweg, je reiner sie zur Anwendung kommen, desto besser.⁷

Scheinbar unangefochtene Souveränität besitzen auch die sogenannten platonischen Körper. Diese sind der Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder und Iko-saeder. Sie zeichnen sich durch eine vielfältige Symmetrie und andere einzigartige Eigenschaften aus.

Auch in der Fläche sind Kreis, Quadrat und gleichseitiges Dreieck von besonderer, fast mystischer Bedeutung. Man denke nur an die für die Moderne emblematischen Wandmalereien im Treppenhaus des Weimarer Bauhauses.⁸ Auch in der frühen gegenstandslosen Malerei wurden die drei Grundformen rezipiert. Die *BEL* Neuferts erwähnt den Ursprung dieser Grundformen bei Platon und Vitruv.⁹

Wichtigstes Beispiel jüngerer Architektur für die rigide

6 Three Reminders to Architects: Le Corbusier, 1931 (1986): S. 2, 25, 29

7 The Lesson of Rome: Ebd.: S. 158f

8 Die Zuordnung der Primärfarben zu Primärformen erfolgte durch eine Umfrage Wassily Kandinskys am Bauhaus: <https://www.bauhaus100.de/das-bauhaus/lehre/unterricht/unterricht-wassily-kandinsky/>

9 Neufert, 2012: S. 41

Anwendung der Geometrisierung im Entwurf ist Oswald Mathias Ungers.

Proportionen

Das andere große Vermächtnis der Mathematik für die Architektur ist das Zahlenverhältnis: Wann immer ein Rechteck als Fenster, Tür oder Fassade auftritt, wird eine *Proportion* verlangt. Um dieser Problematik Herr zu werden, griffen und greifen viele Architekt*innen zu mathematisch *ganzzahligen* oder *komplexen* Verhältnissen. Diese Tradition greift weit zurück in die Geschichte. Die klassischen Ordnungen, die in ihrem formalen Kanon *bestimmt* sind, werden vor allem hinsichtlich ihrer Proportionen immer weiter überarbeitet. Bereits in der griechischen Antike entwickeln Architekten die Proportionen der dorischen Tempel entlang des Grundmaßes, dem unteren Säulendurchmesser. Alle Maße im Tempel ordnen sich diesem Maß in bestimmten Verhältnissen unter. Während der Aufbau und die Baudekoration meist auf tradierten Vorbildern aufbauen, kam den Architekten vor allem die Aufgabe der geschickten Proportionierung aller Teile des Ganzen zu.¹⁰

In der Renaissance folgen dieser Tradition die Baumeister Alberti, di Giorgio, Serlio, Palladio, Vignola und Scamozzi. Sie berufen sich dabei unter anderem



10 Knell, 1980: S. 32. In der griechischen Tempelarchitektur archaischer bis klassischer Zeit geht es, wie bei Knell zu lesen ist, vornehmlich um die steile Neuordnung und -proportionierung der bekannten Elemente der Bauplastik.



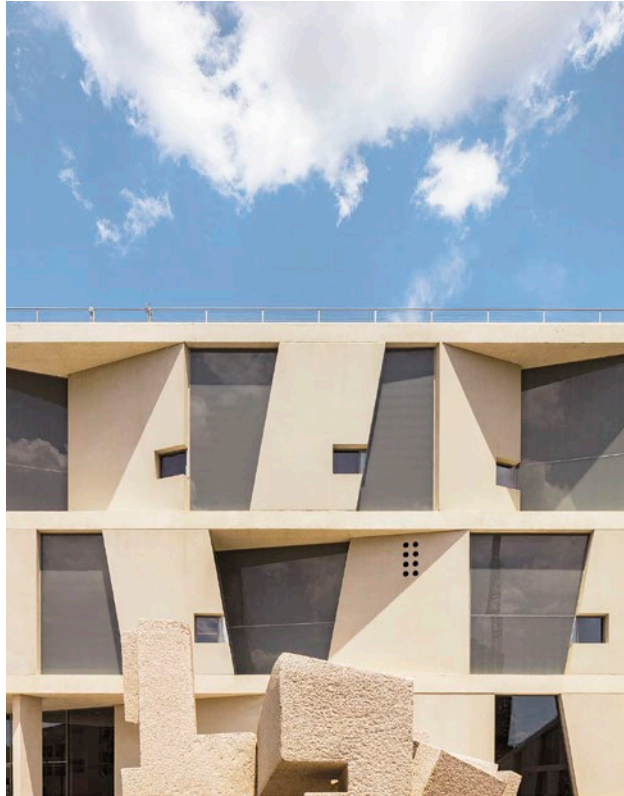
auf das antike Traktat des Römers M. Vitruvius Pollio, der erste Angaben zu Säulenproportionen macht.¹¹ Die Autoren konfrontieren die Leser ihrer Schriften mit axiomatisch aufgestellten Zahlenverhältnissen, die spätestens im Verständnis der Renaissance eine grundlegende „Ordnung“ des Kosmos wiedergeben. Die Proportionen sind prinzipiell *ganzzahliger* Art. Im Kapitel *Grundlagen* werden in der *BEL* viele dieser Verhältnisse abgehandelt und dem Gesamtwerk vorangestellt.¹²

Eine besondere Bedeutung kommt dem *goldenen Schnitt* zu. Er ist das Teilungsverhältnis einer Strecke, bei dem das Verhältnis des Ganzen zu seinem größeren Teil (Major) dem Verhältnis des größeren zum kleineren Teil (Minor) gleich ist. Aus dieser Formel ergibt sich eine *irrationale* Zahl (0,618...), die nicht durch einen ganzzahligen Bruch abzubilden ist.¹³ Das interessante ist, dass die Kenntnis dieses Verhältnisses bereits in der Antike vorhanden war. Bereits Platon stellt fest, dass seine *platonischen Körper* eng mit dieser Proportion zusammen hängen. Die Vielzahl der zunächst unerklärlichen Übereinstimmungen scheinen ein Grund dafür zu sein, dass dem goldenen Schnitt seit jeher *göttliche* Eigenschaften nachgesagt werden. In der Renaissance überträgt Luca Pacioli diese göttlichen Eigenschaften in seinen Bänden *De Divina Proportione* erstmals auf die

11 Liber Quartus: Vitruv, ca. 22 v. Chr. (ital. Übers. 1990): S. 155ff

12 Neufert, 2012: S. 42f

13 <https://www.spektrum.de/lexikon/mathematik/der-goldene-schnitt/2514>



Architektur, in dem er sie in Verbindung zu Vitruvs Vorstellung von anthropomorphen Grundlagen der Architektur setzt. In diesem Werk findet sich auch die berühmte Illustration Leonardo da Vincis *der vitruvianische Mensch*.¹⁴

Erst Adolph Zeising übersetzt im 19. Jahrhundert die Lehre des goldenen Schnitts in formal-ästhetische Überlegungen und vermutet einen Zusammenhang zwischen menschlicher Wahrnehmung der goldenen Proportion und Schönheit. Seine Studien sollen zeigen, dass Menschen eine Präferenz zugunsten goldener Verhältnisse zeigen.¹⁵ Auch in der 40. Auflage der Bauentwurfslehre Neuferts wird noch auf Zeising und seine Lehren hingewiesen.¹⁶ Seither kursieren etliche vermeintliche Nachweise des goldenen Verhältnisses an Bau- und Kunstwerken. Eine regelrechte Verschwörungstheorie um die Totenstadt von Gizeh sieht in der großen Pyramide sogar bereits Jahrtausende vor der mathematischen Beschäftigung mit dem Thema den goldenen Schnitt umgesetzt.¹⁷ All diese (menschengemachten) Hypothesen unterstützen eine geglaubte Naturgesetzlichkeit der Minor-Major-Proportion.

Es ist wiederum Le Corbusier, der sich im 20. Jahrhundert für diese Thesen aufnahmefähig zeigt. Auch er weist das Verhältnis bei Michelangelo und eigenen Gebäuden nach.¹⁸ Der Wille zu Ordnung und „Maß-

14 Corbalán, 2010 (2018): S. 96ff

15 Drach, 2012: S. 188, 257. Die Studien sind mittlerweile widerlegt.

16 Neufert, 2012: S. 38

17 Spirit Secret: The Truth of Soul, <https://spiritsecret.com/golden-ratio-andthe-great-pyramid/>

18 Regulating Lines: Le Corbusier, 1931 (1986): S. 78, 80 – 83



reglern“ führt bei Le Corbusier zur Entwicklung seines eigenen, auf dem goldenen Schnitt basierenden Proportionssystem, dem Modulor. Es wurde bereits angesprochen, dass Neufert in seinem Maßsystem den Bezug zum goldenen Schnitt aufbaut, dann aber aufgibt.¹⁹ Le Corbusier hingegen feilt Jahre lang an einer halbwegs praktikablen Lösung, die seine Entwürfe auch in den Sphären der Mathematik verankern soll. Auf die genaue Konstruktion seines auf zwei Quadraten basierenden Systems soll nicht weiter eingegangen werden. Entscheidend ist, dass er an der Irrationalität der Zahl Phi scheitert und konstatiert, dass die Abweichung in seinem Modulor um wenige Tausendstel nicht ins Auge fallen würden.²⁰ Schließlich ist Architektur ja auch das „meisterhafte, korrekte und großartige Spiel der unter dem Licht versammelten Körper“, eine „pure Erfindung des Geistes“ und eine plastische Arbeit.²¹

Eine kurze Internetrecherche zeigt, dass die Popularität des goldenen Schnitts nicht abgenommen hat. Inneneinrichter klären über seine „gute Proportion“²² auf, wissen.de zeigt das Verhältnis an irgendeinem Tempel²³ und zahlreiche Fernseh- und Radiobeiträge wie „*Geheimnisvolle Ordnung der Natur*“ des Bayerischen Rundfunks²⁴ verweisen auf die Anordnung von Rosenblüten und Blumenkohl. Wenn man der *sectione aurea*

19 In einer aktuellen Ausgabe (2012) heißt es bezüglich goldener Maßverhältnisse an einer dorischen Tempeldecke: „Maßverhältnisse aufgrund des Goldenen Schnitts will Moessel nachweisen, obwohl dies unwahrscheinlich ist.“ - Neufert, 2012: S.43

20 Drach, 2012: S. 265

21 Le Corbusier, 1931 (1986): S. 29, 201ff, 201ff

22 <https://www.raumausstattung.de/wohnen/querverweis-seriennummer-1677.htm>

23 <https://www.wissen.de/lexikon/goldener-schnitt>

24 <https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/mensch-natur-umwelt/goldener-schnitt-102.html>



etwas attestieren muss, dann ihre Fähigkeit zu faszinieren. Allein das Attribut des *Goldenen* wird wohl seinen Teil beitragen.

Die Sache hat jedoch einen Haken:

Dass Menschen Objekte mit goldenen Proportionen von solchen ohne jene Eigenschaft unterscheiden können, ist empirisch nicht nachzuweisen. Hinzu kommen bei Bauwerken die verzerrten Dimensionen in der Perspektive. Die überraschenden mathematischen Eigenschaften sind natürlich nicht von der Hand zu weisen. Allein die Pragmatik verhindert aber sicherlich den flächendeckenden Einsatz eines wörtlich irrationalen Zahlenverhältnisses. Das Seitenverhältnis der DIN-Papierformate (Quadratwurzel aus 2) hat beispielsweise einen entscheidenden Vorteil: Die Halbierung eines solchen Rechtecks ergibt ein Rechteck mit gleichen Seitenverhältnissen.

Aus den genannten Gründen handelt es sich bei der Methode, die Mittel der Geometrie zur Formfindung heranzuziehen, um keine rational argumentierbare Methode. Es ist vielmehr eine Glaubensfrage. War es zeitweise eine praktische Überlegung, ganzzahlige Verhältnisse und Maße anzusetzen, ist auch dieser Vorwand durch digitale Fabrikationsprozesse relativiert worden.

Zuletzt muss darauf hingewiesen werden, dass viele der geometrischen Operationen, die Architekturschaffen-

de vornehmen, auf zweidimensionaler Ebene stattfinden. Ob die perfekten Geometrien und Zwänge, die in Grundriss, Ansicht und Schnitt graphisch wirksam sind, auch in der Wirklichkeit wahrnehmbar werden, ist fraglich. Das Motto lautet: „Was im Plan gut aussieht, sieht auch real gut aus.“ Auch Le Corbusier beschäftigt diese Illusion der Architekt*innen bereits 1923 mit Bezug auf die im Grundriss gedachten Planstädte wie Karlsruhe: „The star exists only on paper, a poor consolation. Illusion! The illusion of fine plans.“ Deswegen kommt er zum Schluss: „It must not be forgotten, in drawing out a plan, that it is the human eye that judges the result.“²⁵

Die Frage nach der formalen Wirklichkeit der Architektur wird diese Arbeit weiterhin begleiten.

