

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 119/120 (1942)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Brauch und Kunst im Ingenieurbau des achtzehnten Jahrhunderts  
**Autor:** Straub, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-52414>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT: Brauch und Kunst im Ingenieurbau des achtzehnten Jahrhunderts. — Eigenheim von Architekt Karl Scherrer, Schaffhausen. — Neubau der Spar- und Leihkasse und Durchbruch durch den Obertor-

turm in Schaffhausen. — Zum Artikel: Die erste Gasturbinen-Lokomotive. — Saalumbau im Katholischen Vereinshaus Schaffhausen. — Mitteilungen: Eidg. Technische Hochschule.

## Band 120

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 7

## Brauch und Kunst im Ingenieurbau des achtzehnten Jahrhunderts

Von Dipl. Ing. HANS STRAUB, G. E. P., Rom

Albrecht Dürer hat sich zeitlebens bemüht, die Malerei von der Stufe des Handwerks, des «Brauchs», wie er sich ausdrückt, zum Rang einer «Kunst» zu erheben, worunter er einen *wissenschaftlich* untermauerten Komplex von Anleitungen, Regeln und Grundsätzen verstand. Zu diesem Zweck hat er sich eingehend mit Mathematik, Perspektive, Proportionslehre befasst und sich in seinen Werken bestrebt, die theoretischen Erkenntnisse in der Praxis zu verwirklichen. Und was im Fall von Dürer besonders deutlich in Erscheinung tritt, das Räsonieren und bewusste Sich-Rechenschaft-Geben über das eigene Schaffen, kennzeichnet im Zeitalter der Renaissance mehr oder weniger die gesamte europäische Kunst.

Auf anderen Gebieten menschlicher Tätigkeit hat sich dieser Übergang vom gewohnheitsmässigen, handwerklichen Schaffen zum bewussten, wissenschaftlich begründeten Planen und Konstruieren zu anderen Zeitpunkten abgespielt, immer aber fällt dieser Vorgang mit einem Markstein in der Entwicklung zusammen. Diesen Wendepunkt, von dem an neue Wege beschritten werden, näher zu betrachten, bietet stets einen besonderen Reiz. Für den Ingenieurbau ist diese Wendung vom «Brauch» zur «Kunst» bekanntlich in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erfolgt. Es lag in der Geistesrichtung des Aufklärungszeitalters, auch das statische Verhalten von Bauwerken, die bis anhin nur nach dem architektonischen Gefühl entworfen worden waren, der Kontrolle des prüfenden Verstandes zu unterstellen und die Tragwerke nach den Regeln der im Jahrhundert von Galilei bis Newton als Wissenschaft begründeten Mechanik zu bemessen. Während für die äussere Erscheinung der Bauten dieser Vorgang zeitlich mit dem Übergang vom vollsaftigen Barock zu den eher nüchternen und auch in formaler Hinsicht errechneten Formen des Klassizismus zusammenfällt, bedeutet er für den Ingenieurbau den Beginn einer einzigartigen Entwicklung, die heute noch nicht zum Abschluss gekommen ist.

Es liegt im Wesen der Sache, dass das Bedürfnis, Forschung und Wissenschaft zur Prüfung des statischen Verhaltens von Bauwerken heranzuziehen, zuerst für Objekte von aussergewöhnlichen Abmessungen empfunden wurde. Wie bei anderer Gelegenheit angedeutet worden ist<sup>1)</sup>, ist eines der frühesten bezüglichen Beispiele die im Auftrag von Papst Benedikt XIV. in den Jahren 1742 und 1743 durchgeführte statische Untersuchung der Peterskuppel in Rom, zum Zweck, die Ursachen der Schäden und Risse, die im Lauf der Zeit an ihr aufgetreten waren, zu erkennen und Massnahmen zu deren Behebung ausfindig zu machen.

Es ist für die damalige Situation der Ingenieurwissenschaften ausserordentlich aufschlussreich, den Inhalt eines in diesem Zusammenhang ausgearbeiteten *Gutachtens* näher zu betrachten, das im Jahre 1743 unter dem Titel «Parere di tre Matematici sopra i danni che si sono trovati nella Cupola di S. Pietro sul fine dell'Anno 1742» im Druck erschienen ist<sup>2)</sup>.

Schon aus der Einleitung geht hervor, dass sich die Autoren bewusst waren, gänzlich neue Wege zu beschreiten. Nach Vor-ausschickung einer Entschuldigung an die Adresse der Baufachleute — «Saremmo forse anche in obbligo di scolparci presso que'molti, che non solo preferendo la pratica alle teorie, ma stiamo quelli sola necessaria ed opportuna, e queste forse ancora dannose» — wird auseinandersetzt, dass das Gebäude, um das es sich handelt, einzig in der Welt ist. Wenn für kleinere Bauwerke genügend Erfahrungen vorliegen, so kann in diesem aussergewöhnlichen Fall die Sachlage nicht erfasst werden, ohne auf theoretisch-mathematische Ueberlegungen zurückzugreifen, «senza consultare i principi più generali, che la Meccanica si coltivata da' Matematici al giorno d'oggi mette in opera».

<sup>1)</sup> Vgl. den Aufsatz des Verfassers «Sind die Grundlagen der Baustatik von Ingenieuren geschaffen worden?» in Bd. 118, S. 110 der *SBZ* (6. September 1941).

<sup>2)</sup> Von den drei Autoren, *Le Seur, Jacquier und Boscovich*, ist am bekanntesten der Jesuitenpater Ruggiero Giuseppe Boscovich (1711 bis 1787), Professor der Mathematik am Collegio Romano in Rom und später an der Universität Pavia. Nach der 1773 erfolgten Aufhebung des Jesuitenordens lebte er für ein Jahrzehnt in Paris. Boscovich ist bekannt als einer der ersten Anhänger und Verfechter von Newton in Italien, sowie durch seinen Versuch, auch die Kohäsion und Elastizität der festen Körper durch die gegenseitige Anziehung oder Abstossung der kleinsten Teilchen (Moleküle) zu erklären.

Dann wird nach den üblichen Regeln der Begutachtung vorgegangen: Erst wird das Bauwerk in Aufbau und Abmessungen dargestellt; hierauf folgt eine ausführliche Beschreibung der Schäden, unter Erwähnung der frühesten Beobachtungen und des allmählichen Sich-Ausdehnens der Risse. Nach Aufzählung verschiedener Erklärungsmöglichkeiten, die als unbegründet abgelehnt werden, wie Setzungen der Fundamente oder Schwächung der Kuppelpfeiler durch die von den Autoren Bernini zugeschriebenen Nischen und Wendeltreppenschächte, wird als die wahre Ursache der aufgetretenen Schäden das Nachgeben des Kämpfertrings der Kuppel genannt. Und nun — und damit beginnt der zweite, interessantere Teil der Abhandlung — wird versucht, die Grösse des Horizontalschubs zu berechnen und den Nachweis zu erbringen, dass die beiden<sup>3)</sup> seinerzeit bei Errichtung der Kuppel eingebauten eisernen Zugringe ihm nicht gewachsen seien. Der Weg, den die Autoren zur Lösung dieser Aufgabe einschlagen, ist nun recht interessant. Statt, wie man es vermuten und es nach unserem heutigen Empfinden nahe liegen würde, ein Kräftepolygon zu verwenden, wird eine Methode angewandt, die sich im Prinzip mit jener der virtuellen Verschiebungen deckt. Es ist dieses Prinzip bekanntlich eines der ältesten, das in der Statik aufgestellt worden ist. Schon Jordanus de Nemore und Leonardo da Vinci hatten bei der Betrachtung des Winkelhebels, der schiefen Ebene, des Flaschenzuges, Ueberlegungen angestellt, die sich in den Satz zusammenfassen lassen: «Was im Stande ist, ein Gewicht  $G$  um die Höhe  $h$  zu heben, kann auch ein Gewicht  $\frac{G}{n}$  um die Höhe  $nh$  heben». Stevin und Galilei benützten das Prinzip zur Erklärung der Wirkungsweise von einfachen Maschinen; Descartes sodann macht den wichtigen Schritt, dass er nicht beliebige, sondern unendlich kleine Bewegungen betrachtet, indem er ausdrücklich fordert, dass der *Beginn* der Bewegung ins Auge gefasst werden müsse<sup>4)</sup>.

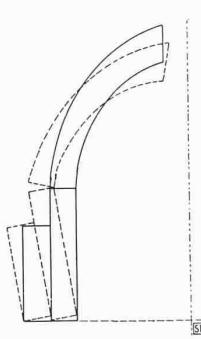


Abb. 1. Graphisches Bewegungs-Schema (nach «Parere di tre Matematici»)

Unsere Autoren gehen nun so vor, dass sie ein graphisches Schema aufstellen, wie, nach dem von ihnen festgestellten Befund zu schliessen, die Bewegung der Kuppel erfolgt sein müsse, wobei die beobachteten Risse gewissermassen als Bewegungsfugen oder Gelenke aufgefasst werden, um die sich die einzelnen (soweit sie nicht gerissen sind, als starr angenommenen) Mauerwerksteile gedreht haben (vgl. Abb. 1). Mittels einer Art Arbeitsgleichung verbinden sie die Arbeit der sich senkenden, oder teilweise, wie die den Beginn einer Kippbewegung ausführenden Widerlager, sich hebenden, schweren Massen mit der zwar noch unklar erfassten Formänderungsarbeit der sich horizontal dehnenden eisernen Zugringe, wobei

das Verhältnis der gegenseitigen Verschiebungswege sich geometrisch aus dem graphischen Bewegungsschema ergibt.

Abgesehen von der in Wirklichkeit natürlich nicht zutreffenden Annahme, dass die zwischen den sichtbaren Rissen gelegenen, noch intakten Mauerwerksteile als geometrisch starre Körper aufgefasst werden können, ist indessen die Durchführung der Rechnung auch sonst nicht einwandfrei. Zwar werden die einzelnen in Frage kommenden Gewichte exakt bestimmt unter Zugrundelegung der spezifischen Gewichte der verschiedenen Baumaterialien, doch verwechseln die Autoren die Begriffe der virtuellen und der elastischen Verschiebungen, weil ihnen das Wesen der Elastizität noch gänzlich unklar ist. Es wird zwar daran erinnert, dass das Eisen sich dehnt, «non è cosa nuova, che il ferro si estenda», und erwähnt, dass der französische Physiker Philippe de la Hire und andere die Ausdehnung des Metalls durch Einwirkung der Sonnenwärme festgestellt haben. Die im Bauwerk aufgetretenen Risse werden denn auch mit der

<sup>3)</sup> Nach neueren Forschungen wären es drei gewesen (vgl. Beltrami, La Cupola Vaticana).

<sup>4)</sup> Vgl. P. Duhem, Les origines de la statique, Paris 1905.

durch den Schub bewirkten Dehnung des Eisens in Zusammenhang gebracht, «quell'allungamento, che in poco tempo cagiona il caldo o del Sole, o del fuoco, lo deve qui aver prodotto in più d'un secolo e mezzo l'azione continua di una spinta così gagliarda», doch wird der (proportional zur Dehnung wachsende) Widerstand der Zugringe wie eine *konstante* Kraft mit dem Widerstand gegen Kippen der Strebepfeiler summiert und damit in unzulässiger Weise eine elastische Grösse mit einer statischen unmittelbar in Beziehung gesetzt.

Dieser Fehler ist bezeichnend für die begrifflichen Schwierigkeiten, die beim allmählichen Entstehen einer baustatischen Denkweise überwunden werden mussten, und zeigt einmal mehr, welch grundlegende Bedeutung für die Entwicklung der Technik der Leistung *Hooke* zukommt, der schon in den Siebzigerjahren des 17. Jahrhunderts das nach ihm benannte, uns heute beinahe als selbstverständlich scheinende Gesetz aufgestellt hatte, wonach die Kraft, mit der eine Feder oder ein «federnder Körper» im allgemeinen (wozu *Hooke* von Anfang an auch schon Metalle, Steine, Glas usw. rechnete) seine natürliche Lage wieder zu erreichen strebt, proportional ist zur Distanz, um die er aus der Ursprungslage bewegt worden war.

Der Gang der von unseren Autoren durchgeführten Rechnung ist somit, wie schon angedeutet wurde, ungefähr folgender: Das Gewicht der Laterne und der Kuppel übt auf den Kämpferring einen totalen (auf den ganzen Umfang verteilten) Schub

$H = \Sigma G \frac{v}{h}$  aus, wenn mit  $G$  die Gewichte und mit  $\frac{v}{h}$  für die einzelnen Massen (Laterne und Kuppel) das Verhältnis der Senkung des Schwerpunktes zur entsprechenden Horizontalverschiebung des Kämpfers bezeichnet werden. Der dem Schub  $H$  entgegenwirkende Widerstand  $W$  setzt sich zusammen einerseits aus dem auf analoge Weise ermittelten Widerstand gegen Kippen der Massen des Tambours und der Strebepfeiler, anderseits aus dem Widerstand der vorhandenen Eisenringe, der aus dem Querschnitt und der dem Werk von *Musschenbroek* (1729) entnommenen Bruchfestigkeit des Eisens berechnet wird (unter Berücksichtigung der Höhenlage der Ringe und der Beziehung zwischen dem Radialdruck und der Längszugkraft im Ring). Das Manco an Horizontalwiderstand auf Kämpferhöhe wird zu «3237.356 römische Pfund» (etwa 1100 t) festgestellt, zu deren Aufnahme der Einbau von weiteren Zugringen empfohlen wird, unter Berücksichtigung eines Sicherheitskoeffizienten von 2 («Non conviene teneri in un semplice equilibrio, ma raddoppiare le resistenze»).

Die von den drei Mathematikern angewandte Methode, und die Ergebnisse, zu denen sie gelangt waren, stiessen sofort auf vielseitige Kritik und Ablehnung. Die Neuartigkeit des Vorgehens, die Verwendung von Mathematik und Lehrsätzen der Mechanik zur Ueberprüfung der Standfestigkeit der Kuppel, also gerade der Punkt, der uns heute an der Arbeit als der wichtigste erscheint, erregte den Widerspruch der Praktiker. «Se poté la Cupola di S. Pietro idearsi, disegnarsi, lavorarsi senza i Matematici, e nominatamente senza la Meccanica coltivatissima d'oggi giorno, potrà ancora ristorarsi, senza che richieggasi principalmente l'opera de' Matematici, e della Matematica ... Buonarroti non sapeva di Matematica, e pur sempre seppé architettare la Cupola»<sup>5)</sup>. Die Mathematik sei eine sehr achtenswerte Wissenschaft, aber in diesem Fall sei sie missbraucht worden: «Perché appunto ho grandissima stima di questa Scienza, altamente me ne dispiace il suo abuso»<sup>5)</sup>!

Ein weiterer Einwand war der, dass die Kuppel schon längst hätte einstürzen müssen, wenn die Rechnung, nach der sich ein Fehlbetrag an Horizontalwiderstand von mehr als 3 Millionen Pfund ergibt, stimmen würde. «Ma Dio guardi che la bisogna fosse andata così come i calcoli dimostrano, che non ci voleva neppure un minuto intiero di tempo per far andare la Mole tutta per terra»<sup>5)</sup>. Eine gewisse Berechtigung kann diesem Einwand nicht abgesprochen werden, denn die drei Experten haben in der Tat vielleicht nicht genügend darauf hingewiesen, dass der von ihnen gefundene Wert des Schubes ein *Maximum* darstellt, zu dessen Errechnung sie ungünstige, in Wirklichkeit nicht zutreffende Annahmen zu Grunde legen mussten, wie Vernachlässigung der Zug- und Schubfestigkeit des Mauerwerks und reibunglose Rotation der einzelnen Teile in den doch mehr oder weniger willkürlich angenommenen Drehpunkten.

Die ernsthaftesten Einwände gegen das «System der drei Mathematiker» stammen indessen von dem Venezianer *Giovanni Poleni*<sup>6)</sup>, der 1743 gleichfalls mit einer Untersuchung der Kuppel

<sup>5)</sup> Zitiert nach Poleni.

<sup>6)</sup> *Giovanni Poleni* (1685 bis 1761), Mathematiker und Ingenieur, wurde schon im Alter von 26 Jahren an die Universität Padua berufen, wo er erst den Lehrstuhl für Astronomie, später jene für Physik, Mathematik

betraut worden war. Bei aller Achtung für die wissenschaftliche Leistung der römischen Expertenkommission zieht Poleni hauptsächlich die These, dass die Tamboursegmente und die Strebepfeiler tatsächlich eine Art Drehung um ihren Fußpunkt ausgeführt hätten (vgl. Abb. 1), als zu theoretisch in Zweifel. Er zieht es vor, wohl nicht ganz zu Unrecht, die im Lauf der Zeit entstandenen Schäden auf natürlichere Art zu erklären, wobei er äussere Ursachen erwähnt, wie Erdbeben, Blitzschläge u. dgl., und innere, worunter unsachgemäss Ausführung des Mauerwerks, hauptsächlich jedoch die ungleiche Verteilung des Gewichts der Kuppel auf die zylindrische Tambourmauer einerseits und die an diese angelehnten Strebepfeiler anderseits, was zu ungleichen Setzungen und damit zu Rissbildungen geführt habe. Trotz der Meinungsverschiedenheit über die Ursachen der Schäden herrscht indessen zwischen Poleni und den römischen Mathematikern Uebereinstimmung über die zu ergreifenden Massnahmen, und zwar, dass zur Sicherung des Bauwerks weitere eiserne Zugringe anzubringen seien.

Poleni hat über die Restaurierungsarbeiten und die vorangegangenen Untersuchungen und Meinungsstreitigkeiten eine umfangreiche Monographie verfasst: «Memorie istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano» (Padova 1748). In unserem Zusammenhang sind darin von Interesse vor allem seine Beobachtungen über die Theorie der Kuppeln im allgemeinen. Der Autor fordert bereits Formgebung nach einer *Stützlinie*, die er zwar noch nicht berechnet, jedoch experimentell konstruiert als Umkehrung einer Seilkurve, die eine mit ungleichen den einzelnen Abschnitten eines Kuppelsegments proportionalen Gewichten belastete Kette annimmt (vgl. Abb. 2). Im Fall der Peterskuppel konstatiert er in der Tat eine leichte Abweichung der wirklichen Kuppelform von der theoretisch zu fordern, «che ... non sia la figura della gran Volta esente da qualche imperfezione». Doch das Ausschlaggebende sei, dass die Drucklinie nirgends aus dem Mauerwerksquerschnitt heraustrete, weshalb er denn auch bei der Aufzählung der Ursachen der beobachteten Risse die Abweichung der tatsächlichen Kuppelform vom theoretisch richtigen Stützlinienprofil nicht mehr erwähnt.

\*

Worin liegt nun die für die Geschichte des Bauingenieurwesens entscheidende Bedeutung der betrachteten statischen Untersuchungen der Peterskuppel, insbesondere des Gutachtens der drei römischen Mathematiker? Dass Gewölbe einen Schub ausüben, war keine neue Feststellung; schon die Gotik hat in dieser Beziehung ein äusserst feines Gefühl besessen. Die in dem Gutachten enthaltene Erklärung der Ursachen der aufgetretenen Schäden war zu einseitig und gekünstelt, die Durchführung der Rechnung, wie wir gesehen haben, nicht einwandfrei. Doch die Tatsache, dass hier, im Gegensatz zu Uebung und Brauch aller vorangegangenen Zeiten, an Stelle von Erfahrungsregeln und statischem Gefühl, zur Ueberprüfung der Standfestigkeit eines Bauwerks Wissenschaft und Forschung beigezogen wurden, ist von ausserordentlicher Wichtigkeit. Und dabei ist vor allem die Fragestellung der drei Mathematiker eine typisch moderne, quantitative, baustatische, indem sie durch Rechnung direkt die Abmessungen eines Baugliedes (des Zugrings) feststellen wollen, während Poleni nirgends eine Dimensionierungsrechnung durchführt, sondern sich auf allgemeine, qualitative Untersuchungen und Schlussfolgerungen beschränkt.

Jedenfalls mag es dem der Aufklärung eigenen Glauben an die Wissenschaft und dem Vertrauen in die Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen und Rechnungen zu verdanken sein, dass man sich in den Jahren 1743 und 1744 begnügte, zur Sicherung des Bauwerks fünf weitere eiserne Zugringe anzubringen, jedoch von anderen, architektonisch viel einschneidenderen Massnahmen absah, wie beispielsweise der Ausfüllung der Treppenschäfte und Nischen in den Kuppelpfeilern oder gar der Abtragung der Laterne zur Verminderung des Gewichts, oder der Errichtung von vier gewaltigen Strebepfeilern zur Stützung der Kuppel, was auch vorgeschlagen worden war.

Es ist von Interesse und kennzeichnend für die grosse Wende, die sich in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts im Ingenieurbau anbahnte, und für die die neue Betrachtungsweise der genannten römischen Wissenschaftler zu den ersten Anzeichen gehört, diese mit den gleichzeitigen durchschnittlichen Anschauungen und Geprägtheiten im Bauingenieurwesen zu vergleichen, wie sie sich beispielsweise im zeitgenössischen Fachschrifttum spiegeln.

Gerade aus dem 18. Jahrhundert stammen die ersten auf das Bauingenieurwesen spezialisierten Sammelwerke, die, unser heutigen Taschen- und Handbüchern vergleichbar, sich bei den

und zuletzt für Experimentalphilosophie innehaltet. Am meisten beschäftigte er sich mit Wasserbau und Hydraulik, sowohl als praktischer Ingenieur wie als Theoretiker, wissenschaftlicher Schriftsteller und Herausgeber von Frontinus «De aqueductibus». (Enc. It.)

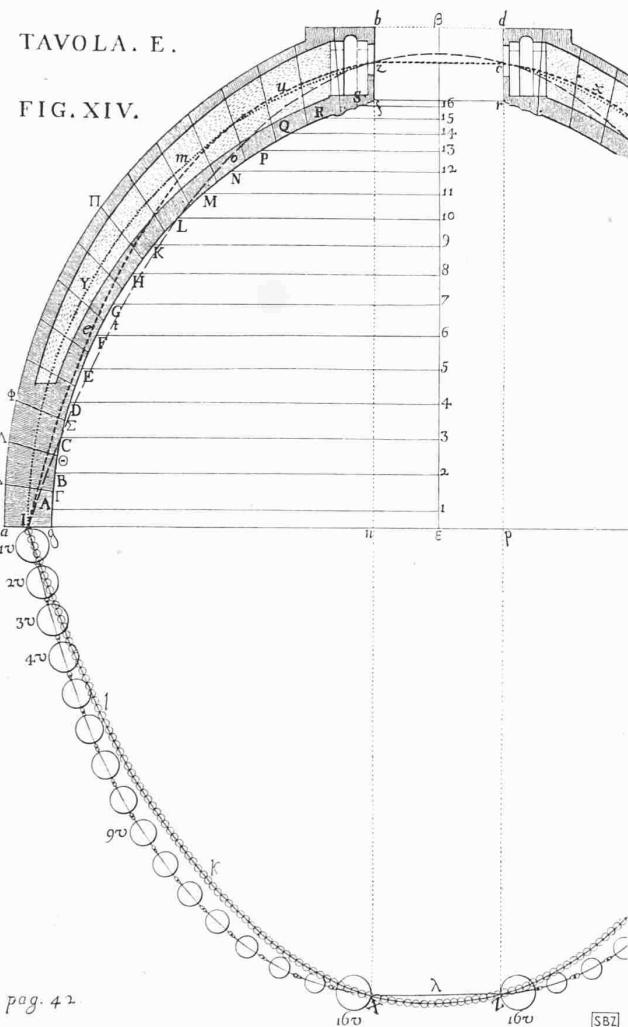


Abb. 2. Konstruktion der Stützlinie als umgekehrte Seilkurve (nach Poleni). — Man beachte die ungleichen Gewichte der äussern, stärker gebauchten Kette und die beiden grösseren, der Laterne entsprechenden Gewichten in der Nähe des Scheitels. — Massstab 1:385.

(Wir mussten nach einer, im Teil rechts unscharfen Photo clichieren, daher der seitliche Anschnitt des symmetrischen Bildes! Red.)

Fachleute grosser Beliebtheit erfreuten, wie aus der Anzahl der Auflagen, die nötig wurden, hervorgeht. In Paris war 1729 die «Science des Ingénieurs» von Bélidor<sup>7)</sup> erschienen, die in der Folge noch wiederholt, zuletzt 1830 neu aufgelegt wurde; in Italien gab G. A. Alberti<sup>8)</sup> 1748 seine «Istruzioni pratiche per l'ingegnere civile» heraus, die es im ganzen auf neun Auflagen brachten (die letzte 1840). Auch Leupolds deutsch geschriebenes «Theatrum machinarum» (1724 bis 1739) enthält u. a. eine Darstellung des Brücken- und Wasserbaues. Betrachtet man den Inhalt dieser Werke (bzw. deren erste Auflagen), so erkennt man, wie sehr, im Vergleich zu den oben skizzierten Untersuchungen über die Peterskuppel, der Durchschnitt der damaligen Bauingenieure noch in Brauch und Ueberlieferung befangen war, obwohl eben damals von Theoretikern wie den Bernoulli und Euler die wissenschaftlichen Grundlagen der Elastizitätstheorie gelegt wurden.

Das Werk Bélidors zeigt zwar in mancher Beziehung schon eine gewisse Ähnlichkeit mit unseren heutigen «Taschenbüchern», indem es u. a. tabellarische Zusammenstellungen der spezifischen Gewichte der wichtigsten Baustoffe, oder der Abmessungen von Stützmauern enthält, sowie Ergebnisse von Biegungsversuchen mit hölzernen Balken. Auch Beispiele und Regeln für den Bau der verschiedensten Militärbauten werden gegeben, und endlich

<sup>7)</sup> Bernard Forest de Bélidor (1697 bis 1761), technischer Offizier und Lehrer der Mathematik und Physik an der Artillerieschule La Fère. Unter Ludwig XV. nahm er in den Jahren 1742 bis 1745 an verschiedenen Feldzügen teil. Ausser der «Science des ingénieurs» veröffentlichte er noch verschiedene Werke über Festungs- und Wasserbau (n. Matschoss).

<sup>8)</sup> Giuseppe Antonio Alberti (1712 bis 1768), Sohn eines aus der Gegend von Lugano stammenden Tessiners, befasste sich mit Wasserbauten und Vermessungsarbeiten in Ober- und Mittelitalien. Ausser durch seine zahlreichen Veröffentlichungen ist er bekannt als Konstrukteur und Verbesserer von topographischen Instrumenten, sowie durch die Erfindung eines beim Messtischverfahren zu gebrauchenden optischen Distanzmessers. (Enc. It.

Schemata für Submissionskontrakte. Der wissenschaftlich geschulte französische Militäringenieur macht auch den Versuch, eine auf mathematischen Ueberlegungen fußende Behandlung des Erddrucks, der Gewölbetheorie und der Biegungslehre aufzustellen. Dass diese Probleme als *Aufgaben und Fragestellungen* von einem praktisch tätigen *Ingénieur* in den Kreis der Betrachtung gezogen werden, bedeutet gewiss schon einen gewaltigen Schritt nach vorwärts auf dem Wege zum modernen Bauingenieurwesen, und dass dies zuerst in Frankreich geschah, entspricht der in den exakten Wissenschaften führenden Stellung dieses Landes im Zeitalter der Aufklärung. Doch die Ergebnisse dieser Versuche sind noch äusserst bescheiden.

Mit Bezug auf den Erddruck geht der Autor von der Behauptung aus, es sei «une chose démontrée par l'expérience que les terres ordinaires ... prennent d'elles-mêmes une pente ou talud ... de 45 degrés». Es wird somit ein durch ein rechtwinklig-gleichschenkliges Dreieck dargestelltes, auf einer unter  $45^\circ$  geneigten Fläche gleitendes Erdprisma betrachtet, dessen Horizontaldruck auf die lotrechte Stützmauer, unter Vernachlässigung der Reibung, sich, nach den Regeln der schiefen Ebene, gleich dem Eigengewicht ergibt. Da dieser Wert indessen dem Praktiker Bélidor zu gross erscheint, rät er, da in Wirklichkeit immer Reibung vorhanden sei, den tatsächlichen Schub gleich der Hälfte des so errechneten Wertes anzunehmen. — Wie man sieht, ein noch recht primitiver Versuch, die Grösse des Erddrucks auf Stützmauern rechnerisch zu erfassen. Noch sollte es ein halbes Jahrhundert dauern, bis Coulomb die erste wirklich wissenschaftliche Erddrucktheorie aufstellt.

Aehnlich unzulänglich, womöglich noch unbefriedigender, ist Bélidors Ansatz zu einer Gewölbetheorie, bei der er sich auf die Untersuchungen von de la Hire stützt. Nach Vorausschickung von Ueberlegungen über das Gleichgewicht der einzelnen Wölbsteine unter dem Einfluss ihres Eigengewichts und der Reaktionen der benachbarten Steine wird wieder die Reibung in den Mörtelfugen herangezogen, um die in Wirklichkeit vorhandene Standfestigkeit des betrachteten halbkreisförmigen Bogens zu erklären. Ferner werden einige praktische Regeln und graphische Konstruktionen zur Bemessung der Widerlager gegeben, doch besitzt Bélidor noch keine wirklich klare Anschauung des Kräfteverlaufs, wie sie z. B. Polenis Kuppeltheorie zu Grunde liegt.

Bei der Biegungslehre endlich wird Parent erwähnt, bei der Behandlung des Problems indessen nach dem Vorgang von Leibniz und Varignon zwar die Verteilung der Zugspannungen dreieckförmig angenommen, doch die Neutralaxe an den untern Rand des Querschnitts gesetzt, wodurch sich für das Verhältnis der Biegungs- zur Zugfestigkeit ein falscher Wert ergibt ( $W = \frac{b^2}{3}$ ; vgl. Abb. 2 auf S. 201, Bd. 116 der SBZ).

Während somit in dem Werke Bélidors wenigstens ein, allerdings noch unzulänglicher *Versuch* einer exakt-wissenschaftlichen Behandlung baustatischer Probleme unternommen wird, bewegt sich in dem Buche *Albertis* die Darstellung ganz auf den gewohnten Bahnen der humanistischen Rezeptbücher. Der erste Teil des Werkes ist der Feldmesskunst gewidmet, und es werden die dazu nötigen Instrumente, vor allem eine Art Messtisch (Tavoletta Pretoriana) beschrieben und ihr Gebrauch erläutert; im zweiten werden ausführliche praktische Anweisungen für Tiefbauarbeiten, Erdbewegungen, Flussbau, Damm- und Wehrbauten, Brücken und Aquädukte, Schleusen und Hafenanlagen gegeben. Die Behandlung des Stoffes ist rein beschreibend, weder Statik noch Festigkeitslehre werden berührt, und man würde in dem Buche vergeblich nach einer Stelle suchen, aus der hervorgeinge, was für einen beachtlichen Stand die mechanischen Wissenschaften auf Grund der Forschungen und Arbeiten von Physikern und Mathematikern wie Hooke, Parent, Varignon, der Brüder Bernoulli und anderer damals schon erreicht hatten. Dafür wird ausgiebig historische Gelehrsamkeit entfaltet, und in den einzelnen Kapiteln über Brücken, Schifffahrtskanäle, Hafenanlagen werden jeweils die wichtigsten aus der Antike überlieferten Bauwerke aufgezählt und kurz beschrieben, unter Nennung ihrer Erbauer und der betreffenden literarischen Quellen. So werden, um nur ein Beispiel zu erwähnen, im Abschnitt über Brückenbau, zum Beweis, dass über alle, auch über die grössten Flüsse Brücken gebaut werden können («Possonsi far Ponti sopra qual sivoglia fiume, benchè vasto e rapido, che che se ne dica in contrario»), die Brücken der Semiramis über den Euphrat, Caesars über den Rhein und Trajans über die Donau herangezogen.

Das Buch ist bezeichnend für die weitgehend antiquarische Richtung, die im 18. Jahrhundert im italienischen Geistesleben vorherrschend war, und die auch in der zumeist mehr oder weniger klassizistischen Haltung der damaligen Ingenieurbauten, wie Brücken, Tor- und Festungsbauten u. dgl. ihre Parallele findet.



Abb. 6. Blick gegen den erhöhten, westlichen Essraum



Abb. 5. Mittlerer und östlicher Teil des Wohnraums

Auf diesem Hintergrund betrachtet ist es umso erstaunlicher, dass gerade in Rom einer der ersten, wenn nicht der erste Versuch unternommen wurde, die neue *theoretisch-wissenschaftliche Anschauungsweise auf eine praktische Bauaufgabe anzuwenden*. Denn als eine solche ist die im ersten Teil dieses Aufsatzes betrachtete statische Untersuchung der Peterskuppel doch wohl anzusprechen, und, bei aller Fehlerhaftigkeit im einzelnen, können ihre Urheber mit Recht als Pioniere des modernen Bauingenieurwesens bezeichnet werden. Die neue Methode, die Abmessungen der Tragwerke mit Hilfe von Statik und Festigkeitslehre rechnerisch zu bestimmen und damit bei der Gestaltung konkreter Bauwerke auf die Ergebnisse von Theorie und Forschung zurückzugreifen, ist dann im Verlauf der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts nach und nach vervollkommen und weiteren Kreisen von Ingenieuren geläufig geworden. Die Umstellung vom handwerklich-gewohnheitsmässigen Bauen zur modernen, wissenschaftlich begründeten Bauingenieurkunst bedeutet indessen etwas derart grundsätzlich Neues, das für die Gestaltung unserer sichtbaren Umwelt und für unsere gesamte materielle Kultur von so umfassender Bedeutung geworden ist, dass die ersten, wenn auch noch unvollkommenen Versüche, die neue Betrachtungsweise zu verwirklichen, als Pioniertaten Achtung verdienen.

### Eigenheim von Arch. Karl Scherrer, Schaffhausen

Anlässlich der Vorbereitungen zur Schaffhauser Generalversammlung des S.I.A. war es mir vergönnt, an einem jener strahlend schönen Sommertage zu Ende Juni dieses Hauses an der Rheinhalde kennen zu lernen. Der steile Abstieg von der Strasse in den Garten hinunter, die sonnenglüterfüllte Rheinlandschaft, auf der Terrasse ein währschaftes Mittagessen aus lauter Eigen gewächs, gewürzt mit Bubengeplauder und verlängert durch Fachgespräche unter dem Pflaumenbaum — das alles bildet mit dem Haus zusammen in meiner Erinnerung ein Ganzes von so fester Einheitlichkeit, dass für einmal wieder nur eine persönliche Berichterstattung an Stelle der rein sachlichen dem Bau gerecht werden kann. Ich hatte an jenem Morgen eine Anzahl guter und sehr guter neuer Häuser gesehen, an deren ästhetischer Vortrefflichkeit nicht zu rütteln ist. Doch erst dieses schlichte, ungekünstelte, aber alle Wohnbedürfnisse in reichen Kombinationen voll erfüllende Haus gewann meine bedingungslose Zustimmung, was mir einmal mehr zum Bewusstsein brachte, dass man nicht aus seiner Haut kann und trotz allen Bemühens, auch den, einem persönlich ferner stehenden Schöpfungen gerecht zu werden, in seiner Urteilsbildung subaktiv bleibt.

Im nachfolgend teilweise abgedruckten Brief des Architekten wird

am Schluss gefragt, ob es nötig sei, noch zu fragen. Ich glaube es nicht; wenn die Frage aber gestellt wird, beantworten wir sie ohne Zögern mit Ja.

W. J.

.... Sie haben gesehen, was zu der vielleicht etwas eigenwillig anmutenden Rundform dieses «Hauses am Steilhang» geführt hat: Die schöne freie Rundsicht nach Ost, Süd und West, auf den Rhein und die Stadt mit ihren Türmen und der charakteristischen Silhouette des Munot, und der nach Norden steil ansteigende Hang. Dazu kamen konstruktive Erwägungen: Schlechter Baugrund, der dazu führte, das Gebäude hinten auf eine im Profil wirkelförmige Stützmauer und vorn auf einen Sporn zu setzen, der rd. 3 m unter den gewachsenen Boden reicht. Daneben reizte es mich, den halbkreisförmigen Grundriss auszuprobieren, der in folgerichtiger Durchführung — was meines Wissens noch nie konsequent versucht worden ist — sowohl zu grösster Konzentration des Gesamtgrundrisses wie anderseits zu fliessender und gelockerter Form der einzelnen Räume führen kann. Dergleichen Experimente aber kann man nur am eigenen Haus machen.

Nun ist das Haus aber trotzdem kein ausgeklügeltes Stück Architektur; die Idee dazu ist ganz spontan entstanden! Der Vergleich des ausgeführten Baues mit der ersten Skizze zeigt, dass nur wenige unwesentliche Einzelheiten geändert wurden. Und wenn ich nun gleich das Ergebnis vorwegnehmen will, darf ich sagen, dass es sich sehr bequem und schön darin wohnen lässt und dass es uns heute nach acht Jahren noch lieber ist wie am ersten Tag. Was wir besonders daran schätzen, ist, dass es sich so bescheiden und so schmiegend in den Rebhang einfügt und dass man ihm von aussen gar nicht ansieht, wie viel Platz es in seinem Innern birgt. Es hat sich gezeigt, dass jeder einzelne Raum in seinem Eindruck und Wohnwert grösser ist als sein absolutes Mass, weil die Zimmer vorn am Licht, da, wo der Raum wertvoll ist, breit und behäbig sind und schmal nur



Abb. 7. Treppe an der Nordwestecke

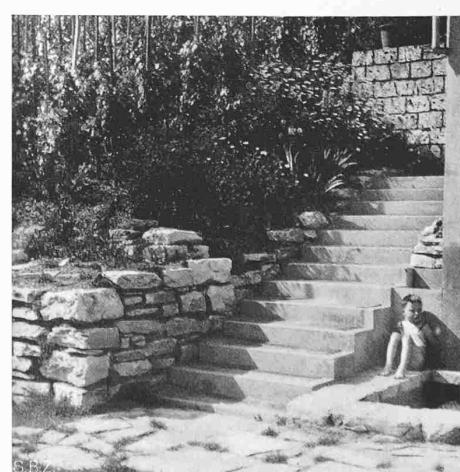


Abb. 8. Treppe zur Terrasse